



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a momento en
edificaciones residenciales**

**BUSTAMANTE JIMENEZ SANTIAGO JAVIER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a
momento en edificaciones residenciales**

**BUSTAMANTE JIMENEZ SANTIAGO JAVIER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**Análisis de la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a
momento en edificaciones residenciales**

**BUSTAMANTE JIMENEZ SANTIAGO JAVIER
INGENIERO CIVIL**

AÑAZCO CAMPOVERDE PAUL ANDRE

**MACHALA
2025**

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE MARCOS ESPECIALES A MOMENTO EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES



Nombre del documento: ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE MARCOS ESPECIALES A MOMENTO EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES.pdf	Depositante: Añazco Campoverde Paúl André	Número de palabras: 24.455
ID del documento: fcc02a9ec2e2f4f32fba79a3db12e46a21ee6728	Fecha de depósito: 24/7/2025	Número de caracteres: 175.043
Tamaño del documento original: 8,79 MB	Tipo de carga: interface	
Autor: Santiago Bustamante	fecha de fin de análisis: 24/7/2025	



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23552/1/Trabajo_Titulacion_3565.pdf 32 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (584 palabras)
2	inmobiliariadja.wordpress.com https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/nec2011-cap-02-peligro-... 32 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (237 palabras)
3	Documento de otro usuario #386d34 Viene de de otro grupo 28 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (202 palabras)
4	ROMERO - RUIZ.pdf ROMERO - RUIZ #1450d1 Viene de de mi grupo 29 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (208 palabras)
5	1library.co IRREGULARIDADES - CRITERIOS DE DISEÑO - DEFINICIÓN DEL EDIFICI... https://1library.co/article/irregularidades-criterios-diseño-definición-edificio-estudiado-criteri... 28 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (208 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org FRAGILIDAD SÍSMICA DE ESTRUCTURAS DE PRIMER PISO DÉBIL CON AM... https://doi.org/10.18867/ris.113.639	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	bibdigital.epn.edu.ec http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20314/1/CD 9782.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	doi.org Plastic Hinge Length Mechanism of Steel-Fiber-Reinforced Concrete Slab ... https://doi.org/10.3390/jcs6060164	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
4	dspace.ups.edu.ec https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28034/1/TTS602.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2081/1/ULEAM-IC-0042.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://doi.org/10.1590/1679-78256583
2	https://doi.org/10.1785/0120190166
3	https://n9.cl/s5qza
4	https://doi.org/10.29166/ingenio.v6i2.4288
5	https://doi.org/10.22463/2011642x.2441

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BUSTAMANTE JIMENEZ SANTIAGO JAVIER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a momento en edificaciones residenciales, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



BUSTAMANTE JIMENEZ SANTIAGO JAVIER

0750199796



DEDICATORIA

A mis padres, Hugo Bustamante y Blanca Jiménez, por su amor y apoyo incondicional. Son mi mayor inspiración y la razón por la que nunca me rindo. Todo lo que soy y lo que llegaré a ser se los debo a ustedes, por estar siempre a mi lado, guiándome con su ejemplo, sacrificio y cariño infinitos.

A mis amigos, en especial Aitor Cordero, Cristopher Inca y Óscar Pozo, quienes han estado conmigo desde que nuestras vidas se cruzaron. Gracias por su compañía, confianza y constante motivación; siempre llevaré su amistad presente en mi corazón.

Y a Dios, por darme la fuerza en los momentos difíciles, por acompañarme en cada paso y por recordarme que con fe y perseverancia todo es posible. A él encomiendo este logro, fruto de su guía y bendición constante.

Bustamante Jimenez Santiago Javier

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que formaron parte de mi formación académica a lo largo de la carrera. Cada uno de ellos, con su vocación, conocimiento y compromiso, ha contribuido de manera significativa al desarrollo de mis habilidades profesionales y personales.

De manera especial, agradezco al Ing. Paul André Añazco Campoverde, tutor de este trabajo de titulación, por su constante guía, apoyo y valiosas observaciones técnicas durante el proceso de investigación. Su dedicación y exigencia fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este proyecto.

Extiendo también mi gratitud a la Universidad Técnica de Machala, por brindarme las herramientas académicas, científicas y humanas necesarias para alcanzar esta meta, así como por fomentar un entorno de aprendizaje y crecimiento integral.

Bustamante Jimenez Santiago Javier

RESUMEN

Se evaluó la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a momento en edificaciones de la ciudad de Machala. Para ello, se inició con la selección de una metodología integral que permitiera analizar el desempeño estructural frente a eventos sísmicos. La evaluación se estructuró en dos componentes: uno cualitativo, mediante formularios de inspección visual rápida (FEMA P-154 y la planilla adaptada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC), y otro cuantitativo, mediante un análisis pushover desarrollado a partir de modelos estructurales generados en los programas SAP2000 y ETABS. Los resultados obtenidos indican que, según las planillas, la edificación cumple con el puntaje mínimo exigido para su tipología; no obstante, se identificó la presencia de un piso adicional no registrado en los planos originales, lo cual requiere una evaluación estructural más detallada. El análisis pushover evidenció que la estructura mantiene un desempeño aceptable únicamente frente a sismos frecuentes (período de retorno de 72 años), preservando la habitabilidad. No obstante, a partir del sismo de 225 años, la demanda estructural supera su capacidad de reserva, comprometiendo progresivamente la funcionalidad. Se concluye que la edificación requiere reforzamiento para garantizar seguridad sísmica conforme a la normativa vigente.

Palabras clave: Vulnerabilidad sísmica, marcos especiales a momento, edificaciones, FEMA P-154, pushover.

ABSTRACT

The seismic vulnerability of special moment frames in buildings in the city of Machala was evaluated. The first step was the selection of a comprehensive methodology to analyze the structural behavior in the face of seismic events. The evaluation was structured in two components: a qualitative one, using quick visual inspection forms (FEMA P-154 and the form adapted by the Ecuadorian Construction Standard - NEC), and a quantitative one, using a pushover analysis developed from structural models generated in SAP2000 and ETABS programs. The results obtained indicate that, according to the schedules, the building complies with the minimum score required for its typology; however, the presence of an additional floor not recorded in the original plans was identified, which requires a more detailed structural evaluation. The pushover analysis showed that the structure maintains an acceptable performance only in the face of frequent earthquakes (72-year return period), preserving habitability. However, after the 225-year earthquake, the structural demand exceeds its reserve capacity, progressively compromising functionality. It is concluded that the building requires reinforcement to ensure seismic safety in accordance with current regulations.

Key words: Seismic vulnerability, special moment frames, buildings, FEMA P-154, pushover.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
Importancia del tema.....	13
Actualidad de la problemática	13
Estructura del trabajo	14
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Descripción de la situación problemática (causas y efectos)	19
1.3 Formulación del problema (preguntas científicas).....	20
1.4 Delimitación del objeto de estudio	21
1.5 Justificación	22
1.6 Objetivos: general y específicos	23
<i>1.6.1 Objetivo General.....</i>	<i>23</i>
<i>1.6.2 Objetivos Específicos</i>	<i>23</i>
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Antecedentes Contextuales	24
<i>2.1.1 Macro</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2 Meso</i>	<i>25</i>
<i>2.1.3 Micro</i>	<i>26</i>
2.2 Antecedentes Conceptuales	27
<i>2.2.1 Análisis estructural</i>	<i>27</i>
<i>2.2.2 Vulnerabilidad Sísmica</i>	<i>27</i>
<i>2.2.3 Marcos especiales a momento (SMF)</i>	<i>28</i>
<i>2.2.4 Peligro sísmico</i>	<i>28</i>
<i>2.2.5 Ductilidad.....</i>	<i>28</i>
<i>2.2.6 Deriva de piso</i>	<i>28</i>
<i>2.2.7 Comportamiento elástico</i>	<i>29</i>
<i>2.2.8 Análisis estático no lineal (Pushover)</i>	<i>29</i>
<i>2.2.9 Rótulas plásticas</i>	<i>29</i>
<i>2.2.10 Curva de capacidad</i>	<i>30</i>
<i>2.2.11 Análisis Dinámico Incremental (IDA)</i>	<i>30</i>
<i>2.2.12 Método de Fuerza Lateral Equivalente (ELF)</i>	<i>30</i>
<i>2.2.13 Evaluación Visual Rápida</i>	<i>31</i>
<i>2.2.14 Cortante basal estático</i>	<i>31</i>

2.2.15 Cortante basal dinámico	31
2.2.16 Control de torsión	31
2.2.17 Deflexiones de elementos	32
2.2.18 Distorsiones de piso	32
2.2.19 Índices de estabilidad.....	32
2.2.20 Control de asentamientos	32
2.2.21 Alabeo en losas	33
2.2.22 Resonancia	33
2.2.23 Piso blando	33
2.2.24 Columna corta.....	33
2.3 Antecedentes Referenciales	34
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA	35
3.1 Modalidad básica de la investigación	35
3.2 Tipo de investigación.....	35
3.2.1 Documental	35
3.2.2 De campo	36
3.2.3 Descriptiva	36
3.2.4 Objeto de estudio.....	36
3.2.5 Descripción de la población y muestra	36
3.3 Métodos teóricos con los materiales utilizados	37
3.3.1 Inspección visual rápida del edificio	37
3.3.2 Análisis estático no lineal (Pushover).....	52
3.3.2.1 Detalle de dimensiones de elementos estructurales	52
3.3.2.2 Configuración en planta	52
3.3.2.3 Cargas aplicadas a la estructura	53
3.3.2.3.1 Carga viva	53
3.3.2.4 Diseño de rótulas plásticas	53
3.3.2.4.1 Rotulas en vigas	56
3.3.2.4.1.1 Condición I	58
3.3.2.4.1.2 Condición II	58
3.3.2.4.2 Rotulas en columnas	60
3.3.2.4.2.1 Condición I	64
3.3.2.4.2.2 Condición II	64
3.3.2.5 Niveles de amenaza sísmica.....	66

3.3.2.6 Modelación.....	66
4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	74
4.1 Análisis de resultados	74
4.1.1 <i>Inspección Visual Rápida</i>	74
4.1.2 <i>Análisis dinámico espectral, sísmico estático y no lineal estático</i>	79
4.1.2.1 Propiedades y dimensiones de los documentos estructurales que conforma la estructura.....	79
4.1.2.2 Configuración en planta y elevación.....	81
4.1.2.3 Cargas aplicadas a la estructura	83
4.1.2.4 Coeficientes para espectro inelástico	83
4.1.2.5 Curva esfuerzo-deformación del concreto y del acero de refuerzo	86
4.1.2.5 Periodo de vibración de la estructura	88
4.1.2.6 Espectro de diseño de aceleraciones	89
4.1.2.7 Periodo de vibración T para una estructura.....	90
4.1.2.7.1 <i>Método 1</i>	90
4.1.2.7.2 <i>Método 2</i>	91
4.1.2.8 Coeficiente sísmico	91
4.1.2.9 Verificaciones de ajuste de cortante	91
4.1.2.10 Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T	93
4.1.2.11 Verificaciones sísmicas.....	93
4.1.2.11.1 <i>Verificación de cortante basal estático y dinámico</i>	93
4.1.2.11.2 <i>Verificación de derivas</i>	94
4.1.2.11.3 <i>Verificación de piso blando</i>	97
4.1.2.11.4 <i>Fuerzas laterales por sismo.....</i>	98
4.1.2.11.5 <i>Verificación de índice de estabilidad.....</i>	98
4.1.2.11.6 <i>Verificación de distorsiones de piso</i>	99
4.1.2.11.7 <i>Verificación de deflexiones</i>	100
4.1.2.11.8 <i>Control de torsión.....</i>	101
4.1.2.12 Diseño de rótulas plásticas	101
4.1.2.12.1 <i>Rótulas plásticas en vigas</i>	101
4.1.2.12.2 <i>Rótulas plásticas en columnas</i>	106
4.1.2.12.2.1 <i>Condición I</i>	110
4.1.2.12.2.2 <i>Condición II</i>	110
4.1.2.13 Modelación.....	112

4.1.2.14 Formación de rotulas en el sentido X-X y Y-Y	123
4.1.2.15 Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido X-X y Y-Y	124
4.1.2.16 Curva de capacidad	125
4.1.2.17 Curva de capacidad y Demandas sísmicas	127
4.1.2.17.1 Desempeño sísmico en X.....	127
4.1.2.17.2 Desempeño sísmico en Y.....	131
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES	134
5.1 Conclusiones	134
5.2 Recomendaciones	136
ANEXOS.....	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población proyectada de 2020 a 2025	16
Tabla 2. Clasificación del suelo por su taxonomía.....	17
Tabla 3. Asignación del valor del factor Z con base en la zona sísmica definida para el área de estudio.	18
Tabla 4. Descripción de tipos de construcciones según FEMA P-154.....	48
Tabla 5. Tabla base de dimensiones de vigas y columnas.....	52
Tabla 6. Carga viva: Sobrecargas mínimas	53
Tabla 7. Parámetros para procedimientos no lineales en vigas de concreto.....	54
Tabla 8. Parámetros para procedimientos no lineales en columnas de concreto.....	55
Tabla 9. Niveles de amenaza sísmica	66
Tabla 10. Síntesis de la filosofía de diseño	74
Tabla 11. Formulario de región sísmica según FEMA P-154	75
Tabla 12. Dimensiones de vigas por piso.....	80
Tabla 13. Dimensiones de columnas por piso	80
Tabla 14. Cargas vivas y sobrecargas por piso.....	83
Tabla 15. Coeficientes de perfil de suelo	83
Tabla 16. Factores de modificación estructural y sísmica.....	84
Tabla 17. Tipo de uso, destino e importancia.....	85
Tabla 18. Criterios de definición del coeficiente de reducción sísmica (R).....	85
Tabla 19. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural	86
Tabla 20. Periodo de vibración de la estructura	88
Tabla 21. Componentes de la aceleración espectral.....	90
Tabla 22. Valores de los coeficientes C_t y α para la estimación del período fundamental de vibración según el tipo de estructura.....	90
Tabla 23. Coeficientes sísmicos	91
Tabla 24. Sismo estático y dinámico.....	92
Tabla 25. Relación sismo dinámico y estático	92
Tabla 26. Sismo estático y dinámico ajustado.....	92
Tabla 27. Relación sismo dinámico y estático ajustado	93
Tabla 28. Coeficiente K.....	93
Tabla 29. Rigidez de piso	97
Tabla 30. Fuerzas laterales sismo X.....	98
Tabla 31. Fuerzas laterales sismo Y	98
Tabla 32. Estabilidad de piso X.....	99
Tabla 33. Estabilidad de piso Y.....	99
Tabla 34. Datos de viga.....	102
Tabla 35. Datos de rótulas en vigas.....	105
Tabla 36. Resumen de resultados	106
Tabla 37. Datos de rótulas en columnas	111
Tabla 38. Resumen de resultados	111
Tabla 39. Diagnóstico de estructura en X	131
Tabla 40. Diagnóstico de estructura en Y.....	134

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Zonas sísmicas para propósito de diseño valor del factor de zona Z	18
Ilustración 2. Objeto de estudio	21
Ilustración 3. Planilla de inspección NEC (Baja sismicidad).....	38
Ilustración 4. Planilla de inspección NEC (Moderada sismicidad).....	39
Ilustración 5. Planilla de inspección NEC (Moderadamente alta sismicidad)	40
Ilustración 6. Planilla de inspección NEC (Alta sismicidad).....	41
Ilustración 7. Planilla de inspección NEC (Muy alta sismicidad).....	42
Ilustración 8. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Baja sismicidad).....	43
Ilustración 9. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Moderada sismicidad)	44
Ilustración 10. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Moderadamente alta sismicidad).....	45
Ilustración 11. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Alta sismicidad).....	46
Ilustración 12. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Muy alta sismicidad)	47
Ilustración 13. Curvas de Peligro Sísmico para MACHALA	75
Ilustración 14. Planilla de inspección NEC completada	77
Ilustración 15. Planilla de inspección FEMA P-154 completada.....	78
Ilustración 16. Configuración en planta: Planta baja	81
Ilustración 17. Configuración en planta: Planta alta 1, 2 y 3	82
Ilustración 18: Configuración en planta: Cubierta	82
Ilustración 19. Modelo de Mander	87
Ilustración 20. Modelo con endurecimiento cinemático e isotrópico	88
Ilustración 21. Espectro de diseño en aceleraciones	89
Ilustración 22. Cortantes dinámicos y estáticos para X y Y	94
Ilustración 23. Deriva elástica X.....	95
Ilustración 24. Deriva elástica Y	96
Ilustración 25. Deflexión máxima en viga	100
Ilustración 26. Factores de participación modal de masas para evaluación de torsión accidental	101
Ilustración 27. Gráfico de rótula en viga.....	106
Ilustración 28. Gráfico de rótula en columnas	112
Ilustración 29. Formación de rótulas X-X.....	123
Ilustración 30. Formación de rótulas Y-Y	124
Ilustración 31. Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido X-X	125
Ilustración 32. Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido Y-Y	125
Ilustración 33. Curva de capacidad para sismo en X	126
Ilustración 34. Curva de capacidad para sismo en Y	127
Ilustración 35. Desempeño sísmico en X para sismo frecuente (72 años)	128
Ilustración 36. Desempeño sísmico en X para sismo ocasional (225 años).....	129
Ilustración 37. Desempeño sísmico en X para sismo frecuente (475 años)	130
Ilustración 38. Desempeño sísmico en Y para sismo frecuente (72 años)	131
Ilustración 39. Desempeño sísmico en Y para sismo ocasional (225 años)	132
Ilustración 40. Desempeño sísmico en Y para sismo raro (475 años).....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elección del tipo de modelo	67
Figura 2. Creación de grillas	67
Figura 3. Tipo de elemento	68
Figura 4. Propiedades del concreto y del acero.....	68
Figura 5. Definición de losa	69
Figura 6. Asignar restricciones.....	69
Figura 7. Definir patrones de carga.....	70
Figura 8. Definir combinaciones de carga	70
Figura 9. Definir masa reactiva	71
Figura 10. Asignación de malla.....	71
Figura 11. Espectros de respuesta	72
Figura 12. Definir casos de cargas	72
Figura 13. Asignar las rotulas plásticas en vigas y columnas	73
Figura 14. Selección de unidades y plantilla.....	112
Figura 15. Creación de grillas	113
Figura 16. Propiedades del concreto	114
Figura 17. Propiedades del acero	114
Figura 18. Tipo de elemento	115
Figura 19. Viga 30x20.....	115
Figura 20. Vigueta 20x10.....	116
Figura 21. Reforzamiento viga.....	116
Figura 22. Inercias agrietadas vigas	117
Figura 23. Columna 25x25.....	117
Figura 24. Columna 30x30.....	118
Figura 25. Refuerzo longitudinales	119
Figura 26. Inercias agrietadas columnas	119
Figura 27. Definición de losa maciza.....	120
Figura 28. Diseño de losa maciza	120
Figura 29. Restricciones.....	121
Figura 30. Definición de patrones de carga.....	121
Figura 31. Combinaciones de cargas.....	122
Figura 32. Diafragmas.....	122
Figura 33. Nudo rígido.....	123

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

El análisis adecuado de la vulnerabilidad de un edificio tiene como principal beneficio conocer su comportamiento durante un evento sísmico y, como consecuencia, prevenir su colapso mediante el reforzamiento estructural u otros métodos correctivos. La vulnerabilidad de una edificación puede aumentar por diversos factores, como su ubicación en una zona de alta actividad sísmica, lo que la hace más propensa a sufrir eventos de gran magnitud que deterioren su estructura y reduzcan su rigidez. Además, el uso de materiales de baja calidad también puede ser un factor crítico, ya que disminuye la capacidad de la estructura para disipar energía durante un sismo.

A lo largo de los años, se han desarrollado nuevas metodologías para evaluar el comportamiento de las estructuras durante sismos. Estas metodologías pueden ser cuantitativas o cualitativas, diferenciándose principalmente en su nivel de precisión para determinar la vulnerabilidad sísmica de un edificio. Entre las metodologías cualitativas más utilizadas se encuentra la FEMA P-154, que es un análisis visual rápido de la estructura. Por otro lado, entre los métodos cuantitativos destaca el análisis estático no lineal, conocido como pushover, el cual, aunque no requiere sistemas computacionales complejos, proporciona resultados confiables sobre la capacidad de carga de una estructura antes de su colapso.

Actualidad de la problemática

Ecuador, al estar situado sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico, ha sido escenario de numerosos eventos sísmicos de gran magnitud a lo largo de su historia. Machala, ubicada en el sur de Ecuador, tiene la interacción entre la placa de Nazca y Sudamericana, esta ubicación tectónica, ha provocado una alta actividad sísmica que pone constantemente a prueba la capacidad de las estructuras de la ciudad (Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022). Como consecuencia, muchas edificaciones, especialmente aquellas que no cumplen con normativas modernas de diseño sísmico, se han vuelto cada vez más vulnerables al colapso, lo que ha resultado en pérdidas significativas de vidas humanas y daños económicos considerables.

Uno de los eventos más devastadores de los últimos años en el país fue el sismo ocurrido el 16 de abril de 2016, con epicentro en la provincia de Manabí. Este terremoto, con 7,8 de magnitud de momento (M_w), dejó una estela de destrucción que evidenció las debilidades estructurales de muchas edificaciones en el país, destacando problemas como el uso de materiales de baja calidad, diseños deficientes y una construcción inadecuada. Las secuelas del evento subrayaron la urgente necesidad de fortalecer la normativa sísmica y promover prácticas de construcción más seguras y resilientes, especialmente en zonas de alto riesgo sísmico como la costa ecuatoriana. Este desastre marcó un punto de inflexión en la percepción del riesgo sísmico y la importancia de la preparación estructural en el país.

Estructura del trabajo

Capítulo I: En este capítulo se plantea el problema de estudio del trabajo de investigación. Aquí se define la línea base del proyecto, incluyendo la descripción de la situación problemática, las causas y efectos del problema central, la formulación de preguntas científicas, la delimitación del objeto de estudio, la justificación, así como el objetivo general y específicos del trabajo.

Capítulo II: En este capítulo se presenta el marco teórico del trabajo de titulación, respaldado por diversos artículos científicos. Se incluyen los antecedentes contextuales, que ofrecen una visión global del problema, situando la investigación en un marco más amplio. Posteriormente, se desarrollan los antecedentes conceptuales, que buscan explicar los conceptos clave que sustentan el tema del trabajo de titulación. Finalmente, se abordan los antecedentes referenciales, que recopilan estudios previos relacionados con temas similares, brindando un respaldo y comparación para la investigación actual.

Capítulo III: En este capítulo se presenta la metodología que se utilizará para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de la edificación. Se incluye la modalidad básica de la investigación, que ofrece un resumen de la metodología a aplicar; el tipo de investigación, donde se establecen los diferentes enfoques que se emplearán en el desarrollo del trabajo; y, finalmente, los métodos teóricos junto con los materiales utilizados, en los cuales se define explícitamente el paso a paso para identificar la vulnerabilidad sísmica de la edificación, con el apoyo de planillas, fórmulas y herramientas computacionales.

Capítulo IV: En este capítulo se desarrolla la metodología presentada en el capítulo anterior, esta vez aplicada específicamente a la edificación en estudio. Para ello, se incorporan los datos técnicos y las características estructurales del edificio en las respectivas planillas de cálculo, fórmulas analíticas y programas computacionales especializados. Este proceso permite llevar a cabo un análisis detallado y sistemático de la vulnerabilidad sísmica, considerando aspectos como la geometría de la estructura, los materiales utilizados, las condiciones del suelo y la respuesta esperada ante una sollicitación sísmica. El objetivo principal es obtener resultados precisos que permitan evaluar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesta la edificación y proponer, de ser necesario, medidas de mitigación o refuerzo estructural.

Capítulo V: En este capítulo, luego de haber analizado e interpretado los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, se redactan las conclusiones finales del estudio. Estas conclusiones están directamente relacionadas con los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación, permitiendo verificar el cumplimiento de cada uno de ellos. Además, se destacan los hallazgos más relevantes sobre la vulnerabilidad sísmica de la edificación evaluada, así como las posibles implicaciones técnicas y prácticas de los resultados

1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La ciudad de Machala contará, según la proyección realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en 2017, con una población aproximada de 307 274 habitantes, convirtiéndola en una de las ciudades más pobladas del país. A medida que la población va aumentando, la capacidad de prevenir, responder y recuperarse de eventos sísmicos se convierte en una prioridad para las autoridades (Iñiguez Jiménez, 2024). Entonces, debido al incremento de población y para prevenir eventos sísmicos, Machala se convierte en objeto de estudio a fin de determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de sus edificios (Criado-Rodríguez et al., 2020). En la *Tabla 1. Población proyectada de 2020 a 2025*, se observa una proyección del crecimiento poblacional desde el 2020 al 2025, esta proyección fue creada a partir de los datos proporcionado por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), obteniendo una tasa de crecimiento anual del 1,22%.

Tabla 1. Población proyectada de 2020 a 2025

AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025
POBLACIÓN	289 141	292 680	296 262	299 888	303 559	307 274

Fuente: Autor con base en datos del PDOT.

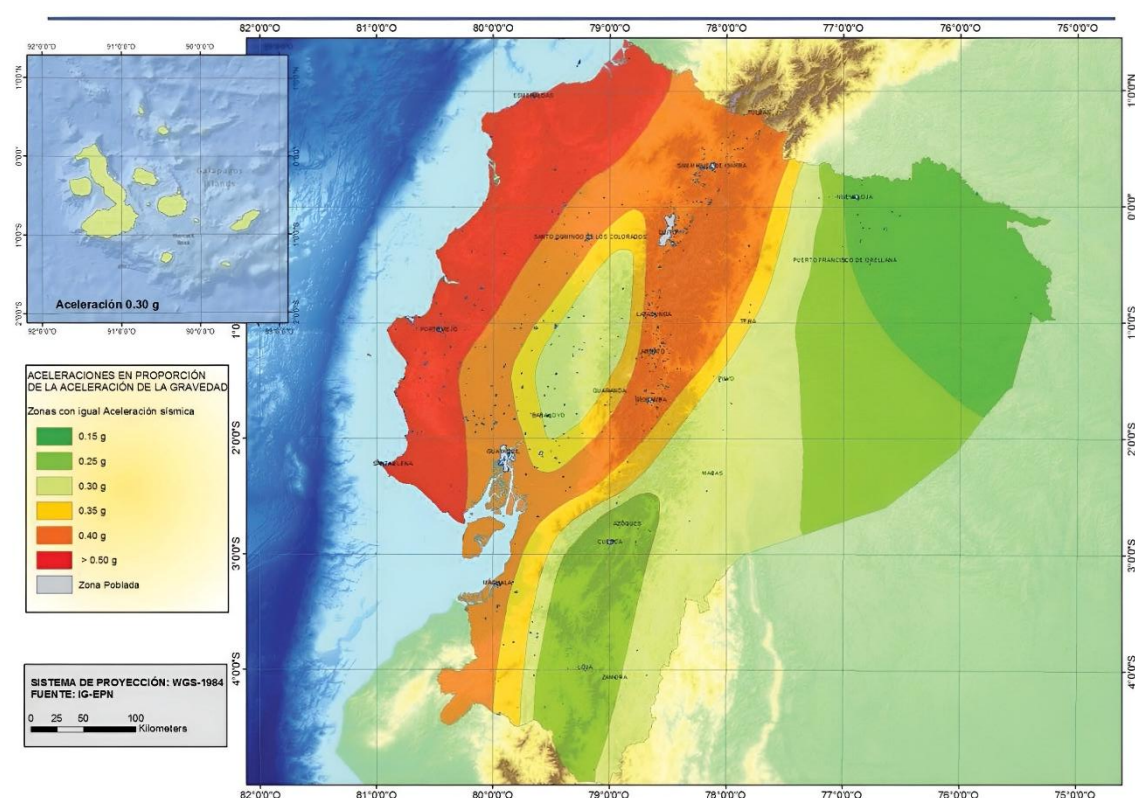
Se pueden encontrar al Entisol como el tipo de suelo que ocupa mayor territorio en la ciudad de Machala con un 46,2%, este tipo de suelo se encuentra mayormente en la parte oriental de la ciudad, seguido del Inceptisol con un 14,64%. Estos suelos son principalmente limo-arcillosos y tienen una alta susceptibilidad sísmica, entendiendo como susceptibilidad sísmica a la amplificación de las ondas sísmica tanto en contenido frecuencial como en amplitud (Sánchez Carmona et al., 2022). Este tipo de suelo se puede clasificar, según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), como un tipo de suelo E en el peor de los casos (altamente plástico, blando y saturado), la clasificación precisa requerirá de un ensayo de laboratorio. En la *Tabla 2. Clasificación del suelo por su taxonomía*, se encuentra el porcentaje que ocupa cada tipo de suelo en relación con el área total de la ciudad de Machala.

Tabla 2. Clasificación del suelo por su taxonomía

Taxonomía	Área (ha)	%
Entisol	17 220,96	46,20
Inceptisol	5 457,78	14,64
No aplicable	12 817,75	34,39
Cuerpos de agua	1 778,74	4,77
Total	37 275,23	100
Fuente: IGM/SMI 2010		

En la parte sur del Ecuador, donde se encuentra ubicado Machala, se evidencia la interacción entre la placa Sudamericana y la de Nazca (Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022). Además, Ecuador forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona donde las placas tectónicas están en constante movimiento, lo que genera una acumulación de energía debido a la fricción. Esta energía puede liberarse de manera repentina, provocando terremotos, lo que convierte a Ecuador en un país altamente sísmico. Como consecuencia de estas condiciones geológicas, en Ecuador han ocurrido sismos de gran magnitud a lo largo de su historia. El más importante y reciente fue el del 16 de abril de 2016, con un epicentro en Pedernales, provincia de Manabí, con una magnitud de 7,8 Mw (De Mora-Gaibor et al., 2022). En la *Figura 1. Zonas sísmicas para propósito de diseño* valor del factor de zona Z , se observa como Machala se encuentra dentro de un factor de zona (Z) de 0,40 g, este valor hace referencia a la aceleración máxima estimada sobre roca que se espera durante un movimiento sísmico de diseño, complementario a esto la *Tabla 4. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada*, identifica este valor Z como una amenaza sísmica alta.

Ilustración 1. Zonas sísmicas para propósito de diseño valor del factor de zona Z



Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2015)

Tabla 3. Asignación del valor del factor Z con base en la zona sísmica definida para el área de estudio.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-SE-DS 2015

Las ciudades costeras, como Machala, están especialmente expuestas al peligro sísmico debido a su proximidad a la zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana. Machala ha experimentado varios eventos sísmicos relevantes, siendo el más reciente el ocurrido el 18 de marzo de 2023, con una magnitud de 6,64 Mw y un epicentro ubicado en el cantón Balao, según los informes de la secretaria nacional de Gestión de Riesgos.

1.2 Descripción de la situación problemática (causas y efectos)

La deficiencia del sistema estructural es una causa importante que afecta la funcionalidad de una edificación. Este problema puede originarse por diversos factores, como el uso de materiales inadecuados y errores constructivos. Todo esto provoca una disminución de la capacidad de carga de los elementos estructurales a lo largo del tiempo, reduciendo su resistencia y rigidez, características necesarias para soportar un evento sísmico. El efecto sería un probable daño grave en la estructura, lo cual comprometería su estabilidad. Varias fallas de este tipo podrían no solo disminuir la vida útil de la estructura, sino también aumentar la probabilidad de colapso.

La falta de un diseño estructural adecuado que soporte cargas sísmicas incrementa la vulnerabilidad sísmica de un edificio. En muchos casos, estos diseños no consideran las demandas dinámicas generadas por los sismos, lo que provoca una distribución irregular de esfuerzos en la estructura. Como efecto directo, las conexiones críticas concentran tensiones excesivas que pueden superar los límites de resistencia establecidos, provocando daños prematuros y fallos en elementos fundamentales. Esto genera un riesgo significativo en la estabilidad de la edificación y aumenta su vulnerabilidad sísmica. Conocer la vulnerabilidad sísmica de una edificación es de vital importancia para la seguridad de la población, reduciendo el número de heridos y muertos en caso de un evento sísmico, además, pueden proveer información para la actualización de las normas (Loor-Loor et al., 2021).

Machala tiene una alta probabilidad de sufrir sismos, lo cual representa un riesgo considerable para las edificaciones. Debido a su ubicación geográfica, las estructuras están sometidas a cargas sísmicas frecuentes que comprometen su desempeño estructural. La recurrencia de los sismos genera fatiga en los materiales, disminuyendo su capacidad estructural y aumentando la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Esto incrementa la posibilidad de que las construcciones sufran daños severos, incluso durante sismos de baja magnitud. Según la literatura científica, no existe una definición universalmente aceptada para clasificar la intensidad de un sismo como “baja”. Sin embargo, estudios demuestran que los eventos con una magnitud menor a 4.0 Mw pueden causar daños menores a distancias menores de 5 km del hipocentro. No obstante, se enfatiza que los

efectos también dependen de factores locales, como las características del suelo y la calidad de las construcciones cercanas (Atkinson, 2020).

La vulnerabilidad sísmica de los marcos especiales a momento en edificaciones de la ciudad de Machala se traduce en un alto riesgo de colapso durante un evento sísmico, lo que pone en peligro la vida de los habitantes y las estructuras existentes en la ciudad. La falta de estructuras adecuadas, diseños deficientes y la exposición continua a eventos sísmicos son factores que agravan esta problemática. Como consecuencia, los edificios no solo presentan daños estructurales graves, sino que también comprometen la seguridad y el desarrollo sostenible de la ciudad, por esta razón, la verificación de la seguridad estructural en las edificaciones es una práctica de vital importancia para prevenir estos daños, que pueden generar pérdidas humanas y económicas (Razo Carrasco & Domínguez, 2020).

1.3 Formulación del problema (preguntas científicas)

- ¿Cómo influye la calidad de los materiales y la ejecución de las obras en la reducción de la capacidad de carga de los elementos estructurales durante eventos sísmicos?

Son factores determinantes para garantizar una ductilidad y resistencia adecuada en los elementos estructurales. Los materiales con propiedades mecánicas inferiores a las establecidas reducen la capacidad de los elementos para disipar energía durante un sismo. Asimismo, una mala ejecución en obra, como un curado inadecuado del concreto, puede generar puntos débiles en la estructura que actúen como focos de falla.

- ¿De qué manera la falta de adaptación de los diseños estructurales a cargas sísmicas contribuye a la concentración de tensiones en las conexiones críticas de las edificaciones?

En estructuras diseñadas sin considerar los efectos de las cargas sísmicas, las conexiones suelen no estar preparadas para disipar energía de manera efectiva ni para soportar grandes deformaciones durante un sismo. Esto genera zonas de alta concentración de esfuerzos, especialmente en las conexiones entre vigas y columnas. Estas tensiones

pueden superar la capacidad de las conexiones, provocando fallas locales que comprometen la estabilidad global de la estructura.

- ¿Cómo afecta la exposición frecuente a cargas sísmicas de baja y mediana intensidad al desempeño estructural y a la vida útil de las edificaciones en zonas de alto riesgo sísmico?

La exposición frecuente a sismos de baja y mediana intensidad genera acumulación de daño y reduce la vida útil de la estructura. Aunque estos eventos no provocan colapsos inmediatos, pueden ocasionar fisuras y una pérdida gradual de rigidez en elementos clave. Con el tiempo, y ante la repetida acción de estos sismos, estos pequeños daños pueden evolucionar a deterioros significativos que comprometen la capacidad de la estructura para soportar eventos sísmicos más severos.

1.4 Delimitación del objeto de estudio

El objeto de estudio de esta investigación son los marcos especiales a momento en edificaciones, a los cuales se les realizará un análisis de vulnerabilidad sísmica para evaluar su comportamiento frente a cargas sísmicas. La edificación analizada se encuentra en la ciudad de Machala, capital de la provincia de El Oro, una de las localidades más pobladas de Ecuador.

Ilustración 2. Objeto de estudio



Fuente: Autor

1.5 Justificación

La ciudad de Machala se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica y con un crecimiento constante de su población, enfrenta la necesidad de priorizar los análisis de vulnerabilidad sísmica, los cuales se han convertido en una obligación para las instituciones responsables de la seguridad y el desarrollo urbano. El último evento sísmico significativo en la ciudad, según el informe de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, ocurrió el 18 de marzo. Este sismo, con una magnitud de 6.64 Mw y una profundidad de 63.1 km, tuvo su epicentro en la provincia del Guayas. Sus efectos fueron devastadores: en la ciudad de Machala se reportaron 10 personas fallecidas, y en toda la provincia de El Oro se contabilizaron 433 personas heridas, 600 viviendas afectadas y 189 completamente destruidas. Los marcos especiales a momento (SMF) son sistemas estructurales, que trabajan a momentos flectores y esfuerzos de corte, estos demuestran eficiencia en la absorción y disipación de energía sísmica (Romero González et al., 2022). Sin embargo, por sí solos, no son suficientes para eliminar completamente el riesgo sísmico. Realizar un análisis del comportamiento del edificio ante un evento sísmico es fundamental, ya que permite reducir significativamente el riesgo de colapso. En el caso de edificaciones ya construidas, este tipo de análisis resulta crucial, ya que brinda la posibilidad de evaluar y proponer alternativas de reforzamiento o mejoramiento estructural.

Esta investigación se alinea con varios objetivos del PDOT, como la seguridad, la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida de los habitantes. El PDOT contempla estrategias para mitigar los riesgos sísmicos mediante la promoción de edificaciones seguras y resistentes, y este trabajo de investigación contribuye al fortalecimiento de dichas estrategias al proporcionar un análisis detallado del comportamiento sísmico de los SMF en edificaciones residenciales. Además, el análisis de la vulnerabilidad sísmica realizado en esta investigación ayuda a que las construcciones cumplan con estándares más altos de seguridad, incrementando su capacidad para resistir eventos sísmicos. En términos de calidad de vida, este estudio garantiza edificaciones más seguras frente a sismos, lo que disminuye las pérdidas humanas, reduce los costos asociados a reparaciones al minimizar los daños estructurales y refuerza la resiliencia de las comunidades, mejorando su capacidad de recuperación ante desastres naturales.

Este estudio sobre el análisis de la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a momento en edificaciones representa una oportunidad para aplicar y consolidar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil. Por ello, este trabajo se presenta como un paso fundamental para la obtención del título profesional de ingeniero civil.

1.6 Objetivos: general y específicos

1.6.1 Objetivo General

Analizar la vulnerabilidad sísmica de marcos especiales a momento en edificaciones residenciales mediante una metodología integral, para la determinación de su comportamiento durante un evento sísmico.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Examinar la literatura científica sobre el análisis de vulnerabilidad sísmica mediante una investigación bibliográfica profunda para la elección de la metodología adecuada.
- Inspeccionar las características de la estructura mediante una visita en campo y la revisión de los planos estructurales, con el fin de diagnosticar su condición y características actuales.
- Aplicar una metodología integral, mediante el uso de formularios de inspección visual y el análisis estático no lineal (pushover), para evaluar el nivel de desempeño estructural de una edificación y su susceptibilidad a sufrir daños durante un evento sísmico.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Contextuales

2.1.1 Macro

En Corea del Sur se evalúa el desempeño sísmico de marcos especiales resistentes a momento (SMF) de acero diseñados mediante distintos métodos de análisis elásticos: el método de fuerza lateral equivalente (ELF), el análisis espectral modal (RSA16 y RSA10), y métodos modificados. La metodología incluyó el diseño estructural conforme a normativas como AISC 360-16 y AISC 341-16, además de la evaluación de la probabilidad de colapso utilizando el enfoque de FEMA P695. Se llevaron a cabo análisis estáticos no lineales (pushover) y análisis dinámicos incrementales (IDA) empleando el software OpenSees. Los resultados indicaron que los Marcos Especiales a Momento (SMF) diseñados con el método ELF presentan menores probabilidades de colapso debido a la implementación de secciones estructurales más robustas, necesarias para cumplir con mayores demandas de deriva. Asimismo, el método modificado demostró que ajustar los enfoques de análisis puede incrementar la seguridad de los SMF frente a demandas sísmicas extremas, optimizando su desempeño estructural y reduciendo significativamente los riesgos asociados (Kim & Han, 2021).

En Indonesia, se llevó a cabo un análisis del comportamiento inelástico de estructuras de acero en un edificio de 20 pisos diseñado con dos sistemas de resistencia sísmica: marcos especiales resistentes a momento (SMF) y marcos con contraviento excéntrico (EBF). La investigación utilizó el análisis estático no lineal (pushover) mediante el software STAAD Pro para evaluar parámetros clave como derivas entre pisos, desplazamientos, formación de rótulas plásticas, ductilidad y esfuerzos cortantes. Los resultados resaltaron que, aunque los SMF son efectivos para responder a demandas sísmicas debido a su diseño robusto y flexibilidad inherente, los EBF ofrecen un desempeño superior en términos de rigidez y capacidad de disipación de energía. Esto los convierte en una opción más eficiente para estructuras de gran altura expuestas a cargas sísmicas severas, mejorando la seguridad y el comportamiento global del edificio frente a eventos extremos (Mentari, 2021).

2.1.2 Meso

Se propuso una metodología para el análisis de edificaciones de concreto reforzado en Bogotá, específicamente aquellas diseñadas con pórticos resistentes a momento. La metodología incluyó una revisión integral de antecedentes históricos y técnicos, acompañada de un análisis exhaustivo del sistema estructural. Se realizaron levantamientos arquitectónicos y una inspección visual para identificar patologías como fisuras y corrosión. Además, se emplearon ensayos no destructivos (pacómetros, esclerómetros, ultrasonidos y pruebas de carbonatación) para evaluar el estado de los materiales y, en casos específicos, se realizaron pruebas invasivas, como la extracción de núcleos de concreto, para caracterizar la resistencia del material y la disposición del refuerzo. La modelación estructural tridimensional se llevó a cabo en SAP2000, incorporando cargas sísmicas actuales, índices de resistencia y análisis de derivas estructurales. Los resultados revelaron que, si bien el edificio cumplía con los límites normativos de deriva, existían deficiencias significativas en la resistencia de vigas y columnas, atribuibles a una cuantía de refuerzo insuficiente y al deterioro por carbonatación. Este diagnóstico subraya la necesidad de intervenciones específicas para garantizar la seguridad estructural frente a demandas sísmicas (Sánchez Moreno et al., 2024).

Un estudio desarrolló una metodología integral para evaluar la seguridad estructural de edificaciones de concreto reforzado, con especial atención a edificios existentes en México. La metodología incluyó una inspección ocular detallada para documentar fisuras, grietas, corrosión y otros daños estructurales, complementada con un levantamiento geométrico para verificar dimensiones y características actuales de las estructuras. También se realizaron pruebas de materiales, tanto destructivas como no destructivas, para evaluar las propiedades mecánicas del concreto y acero. Además, se llevaron a cabo estudios dinámicos de vibración ambiental mediante acelerómetros, con el fin de determinar parámetros dinámicos como los periodos y modos de vibración. Los datos recolectados se utilizaron para construir modelos estructurales calibrados en software especializado como OpenSees, integrando las condiciones reales de las edificaciones. En la etapa de análisis, se aplicó el método estático no lineal (Pushover), generando curvas de capacidad que relacionaron el cortante basal con los desplazamientos laterales, lo que

permitió identificar puntos críticos de comportamiento inelástico. Los resultados revelaron que muchas edificaciones habían sufrido reducciones significativas en rigidez lateral y en capacidad de disipación de energía debido a la acumulación de daños previos. En el caso de edificios con marcos especiales resistentes a momento (SMF), se destacó su alta ductilidad y capacidad de disipación de energía, aunque se subrayó la necesidad de cumplir con criterios de diseño estrictos para evitar fallas localizadas (Razo Carrasco & Domínguez, 2020).

2.1.3 Micro

Se llevó a cabo un estudio para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Campus Los Ángeles de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, aplicando metodologías probabilísticas y herramientas computacionales. El análisis se centró en edificaciones de concreto armado con sistemas porticados, incluyendo pórticos resistentes a momento. Para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica, se utilizó la metodología de Benedetti & Petrini, que evalúa 11 parámetros estructurales y no estructurales, como la configuración en planta y elevación, calidad del sistema resistente, diafragmas horizontales y estado de conservación. Además, se empleó el análisis estático no lineal (Pushover) para generar curvas de capacidad y espectros de desempeño basados en las directrices de ATC-40. Los resultados mostraron que las edificaciones analizadas presentaban un nivel de vulnerabilidad clasificado como "medianamente seguro". En escenarios sísmicos raros con un periodo de retorno de 475 años, las estructuras se mantuvieron en el rango elástico, mostrando un comportamiento adecuado para estas demandas. No obstante, se identificaron áreas críticas que requieren refuerzo, como elementos estructurales afectados por discontinuidades verticales y deficiencias en el estado de conservación. Este estudio resalta la importancia de aplicar metodologías integrales para diagnosticar y mitigar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones educativas, garantizando la seguridad frente a eventos extremos (Ponce-Regalado & Villavicencio-Cedeño, 2024).

Se evaluó la vulnerabilidad sísmica de viviendas rurales en la parroquia Santa Marianita, Manta, Ecuador, empleando el método FEMA P-154, diseñado para realizar valoraciones rápidas de vulnerabilidad estructural y no estructural. Este enfoque permitió identificar

errores arquitectónicos, estructurales y constructivos en una muestra representativa de 25 viviendas, caracterizadas por tipologías mixtas que incluyen madera, hormigón y estructuras con pórticos resistentes a momento. La metodología consistió en la recolección de datos mediante observaciones estructuradas, entrevistas a los habitantes y la aplicación del formulario FEMA P-154, con énfasis en el análisis de sistemas resistentes, condiciones del suelo y calidad del diseño. Los resultados indicaron que el 69 % de las viviendas evaluadas no cumplen con los estándares establecidos por la NEC, al presentar un índice de vulnerabilidad inferior a 2, lo que las clasifica como altamente vulnerables frente a eventos sísmicos. Este diagnóstico pone de manifiesto la necesidad urgente de implementar medidas de reforzamiento estructural y de fomentar la adopción de prácticas constructivas alineadas con la normativa vigente, especialmente en comunidades rurales expuestas a riesgos sísmicos elevados (Loor-Loor et al., 2021).

2.2 Antecedentes Conceptuales

2.2.1 Análisis estructural

El análisis estructural se centra en el estudio del comportamiento que presenta una estructura bajo diferentes condiciones de carga, tiene como objetivo determinar si la estructura cumple adecuadamente con su función principal: soportar tanto las cargas propias de la edificación, así como las cargas externas a las que estará sometida, incluyendo fuerzas dinámicas como las generadas por eventos sísmicos, vientos o sobrecargas accidentales (García Vincés et al., 2021). De esta manera, se busca garantizar la seguridad, funcionalidad y estabilidad de la estructura en diferentes escenarios de esfuerzo.

2.2.2 Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica se refiere a qué tan propensas son las edificaciones a sufrir daños durante un sismo. Esta susceptibilidad depende de diversos factores, como el diseño estructural, la calidad de los materiales y las técnicas de construcción empleadas (Malavé-Laínez & Pinoargote-Rovello, 2023). Por ejemplo, en términos de diseño, una edificación con una configuración regular suele ser menos vulnerable a los efectos de un sismo en comparación con una de configuración irregular, ya que las estructuras regulares

distribuyen mejor las fuerzas y tienen un comportamiento más predecible ante movimientos sísmicos.

2.2.3 Marcos especiales a momento (SMF)

Son estructuras diseñadas para trabajar bajo momentos flectores y esfuerzos cortantes. Debido a estas características, se les conoce como “marcos especiales a momento” (SMF). Estos sistemas destacan por su alta capacidad de absorber y disipar energía, esto se logra mediante la formación de rótulas plásticas en los extremos de las vigas y en las bases de las columnas (Romero González et al., 2022), lo que los hace ideales para edificaciones ubicadas en zonas de alta sismicidad. Los SMF están sujetos a estrictos requisitos normativos, como los especificados en el NEC-15, que garantizan su desempeño adecuado en escenarios de carga extrema.

2.2.4 Peligro sísmico

El peligro sísmico se define como la probabilidad de que ocurran eventos sísmicos en una región específica, los cuales pueden desencadenar graves consecuencias como pérdidas humanas, materiales y económicas (González-Rivera et al., 2024). En el caso de Ecuador, este peligro es permanente debido a su ubicación geográfica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona altamente sísmica donde convergen varias placas tectónicas, lo que convierte a Ecuador en una de las áreas más propensas a terremotos en el mundo.

2.2.5 Ductilidad

La ductilidad se puede definir como la capacidad de una estructura para deformarse sin una reducción significativa en su resistencia. Por esta razón, un edificio con mayor ductilidad es más beneficioso frente a eventos sísmicos, evitando un fallo frágil (Requena-Garcia-Cruz et al., 2021). Los marcos especiales a momento poseen una gran capacidad para deformarse bajo cargas sísmicas, por lo que se consideran un sistema estructural diseñado para ser altamente dúctil.

2.2.6 Deriva de piso

Se denomina deriva de piso o distorsión lateral al cociente entre la máxima diferencia de desplazamientos laterales de pisos consecutivos y la altura del piso. Estos

desplazamientos laterales, producidos por eventos sísmicos, proporcionan información valiosa sobre el comportamiento de la estructura frente a cargas sísmicas (Arcos Díaz et al., 2022).

2.2.7 Comportamiento elástico

El comportamiento elástico se refiere a la capacidad de un material o una estructura para volver a su forma original después de que se le retira una carga aplicada. Según estudios, suponer que un muro tiene un comportamiento completamente elástico y una rigidez constante genera resultados que no representan la realidad, ya que los muros pierden rigidez a medida que se deforman (Rubina & Morales, 2021).

2.2.8 Análisis estático no lineal (Pushover)

El análisis estático no lineal, conocido como pushover, es un método eficiente para evaluar el desempeño estructural de edificaciones frente a sismos, destacando por su bajo requerimiento computacional y resultados precisos. Este análisis consiste en aplicar cargas laterales incrementales sobre un modelo estructural hasta alcanzar su capacidad máxima, lo que permite identificar la formación de rótulas plásticas en los elementos y obtener la curva de capacidad, que relaciona la fuerza aplicada con el desplazamiento de la estructura. Este enfoque es fundamental para prever el comportamiento de las edificaciones ante eventos sísmicos y garantizar su seguridad y estabilidad (Flores Vega, 2021).

2.2.9 Rótulas plásticas

Es la región localizada en elementos estructurales, como vigas o columnas, que presenta el mayor nivel de daño crítico debido a la acumulación de deformaciones inelásticas (Sivanantham et al., 2022). Estas zonas, conocidas como rótulas plásticas, cumplen una función esencial como mecanismos de disipación de energía, permitiendo que la estructura conserve su estabilidad incluso bajo deformaciones significativas. La formación de estas rótulas es un elemento clave en el diseño sismorresistente, especialmente en sistemas como los marcos especiales a momento, donde se prioriza su aparición en las vigas en lugar de las columnas. Este enfoque asegura un mecanismo de

falla dúctil, manteniendo la capacidad portante de las columnas y reduciendo el riesgo de colapso total de la estructura.

2.2.10 Curva de capacidad

La curva de capacidad, obtenida del análisis estático no lineal, muestra la relación entre el cortante total en la base y el desplazamiento del último piso, desde el inicio del comportamiento elástico de la estructura hasta que esta alcanza su colapso (Lopez Sánchez et al., 2024). Este resultado permite visualizar el comportamiento global de la edificación bajo cargas sísmicas crecientes. A través de esta curva, es posible identificar el punto de desempeño de la estructura, el cual representa el nivel máximo de demanda sísmica que puede resistir antes de experimentar daños significativos, ofreciendo información clave para evaluar su seguridad, funcionalidad y capacidad de recuperación después de un evento sísmico.

2.2.11 Análisis Dinámico Incremental (IDA)

Es una metodología que aplica análisis no lineales progresivos sobre una estructura, utilizando registros sísmicos con diferentes niveles de intensidad, generando curvas que representan índices de desempeño que dependen del nivel de intensidad sísmica, por ejemplo, curvas de distorsiones máximas de entrepiso relacionadas a las aceleraciones espectrales. El punto donde las respuestas estructurales aumentan de forma desproporcionada ante pequeños incrementos de intensidad se define como la capacidad de la estructura en el estado límite de colapso (Velarde Cruz et al., 2022). Para los marcos especiales resistentes a momentos (SMF), el IDA resulta especialmente valioso, ya que permite evaluar su capacidad dúctil, su desempeño frente a demandas sísmicas severas y su habilidad para redistribuir esfuerzos, proporcionando información clave para garantizar la seguridad estructural ante sismos extremos.

2.2.12 Método de Fuerza Lateral Equivalente (ELF)

El análisis estático lineal, también conocido como el método de fuerzas laterales equivalentes, es una técnica que permite estimar los desplazamientos y fuerzas de diseño en una edificación. Este procedimiento representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas aplicadas en los centros de masa de cada nivel de la estructura

(Guzmán & Peredo Layme, 2022). Es especialmente útil y aplicable a los sistemas de marcos especiales resistentes a momentos (SMF), siempre que se cumplan las condiciones de regularidad estructural. No obstante, los resultados obtenidos deben complementarse con análisis dinámicos más avanzados cuando sea necesario, para garantizar una evaluación más precisa del comportamiento sísmico.

2.2.13 Evaluación Visual Rápida

La Evaluación Rápida Visual es un método cualitativo ampliamente utilizado para identificar de manera preliminar el nivel de vulnerabilidad sísmica de una edificación. Este procedimiento consiste en una inspección visual, tanto exterior como interior, realizada durante una visita de campo, con el fin de detectar características estructurales y no estructurales que puedan representar un riesgo en caso de sismo. Durante la inspección, se recopilan datos clave como el tipo de sistema estructural, año de construcción, tipo de suelo e irregularidades constructivas (Lopez Lopez et al., 2025).

2.2.14 Cortante basal estático

Es un parámetro fundamental para evaluar el desempeño del sistema estructural de una edificación frente a cargas sísmicas. Este valor permite identificar la proporción del esfuerzo cortante que deben absorber las columnas principales, lo cual es clave para diagnosticar su vulnerabilidad sísmica y verificar si la estructura responde adecuadamente ante solicitaciones horizontales impuestas por el sismo (Rupay Vargas et al., 2023).

2.2.15 Cortante basal dinámico

Se refiere al valor del cortante total en la base obtenido mediante cualquier método de análisis dinámico, simulando el comportamiento de la estructura frente a cargas sísmicas (Lopez Lopez et al., 2025). Según la NEC, este valor no puede ser menor al 80% del cortante basal estático en estructuras regulares, ni menor al 90% en estructuras irregulares.

2.2.16 Control de torsión

El control de torsión en edificaciones consiste en evaluar los efectos de rotación que pueden producirse en planta debido a una distribución asimétrica de masas o rigideces.

Este análisis considera tanto la torsión estática como la torsión accidental, incorporando desplazamientos diferenciales entre entrepisos y factores de penalización normativa, como el factor δ_P establecidos en la NEC-15 (González Rios, 2022).

2.2.17 Deflexiones de elementos

La deflexión en elementos estructurales se refiere al desplazamiento que experimenta una viga, columna, marco u otro componente debido a la acción de cargas aplicadas. Este fenómeno es resultado de la deformación interna del material y depende tanto de la geometría del elemento como de las condiciones de carga y apoyo. Para su determinación se aplican métodos de análisis estructural, que pueden ser geométricos (basados en relaciones fuerza-desplazamiento) o energéticos (como el principio de trabajo virtual). Aunque la flexión es la principal causa de deflexión en vigas y marcos, también influyen los esfuerzos axiales en columnas y la deformación por cortante, especialmente en elementos de gran altura o espesor (Cardenas Serrano et al., s/f).

2.2.18 Distorsiones de piso

La distorsión de piso, o distorsión de entrepiso, es el desplazamiento relativo horizontal entre dos niveles consecutivos de una edificación (Jaimes et al., 2024). Se calcula como la relación entre dicho desplazamiento y la altura del entrepiso, y se utiliza como un parámetro fundamental para evaluar el comportamiento sísmico de una estructura.

2.2.19 Índices de estabilidad

Los índices de estabilidad son valores calculados que cuantifican el grado de seguridad o vulnerabilidad de una estructura frente a efectos desestabilizantes como cargas horizontales, asentamientos diferenciales o pandeo (Morales Zuñiga et al., 2025). Permiten determinar si una estructura puede mantenerse en equilibrio sin colapsar ni experimentar inestabilidad lateral o global.

2.2.20 Control de asentamientos

Conjunto de lineamientos técnicos y procedimientos topográficos y estructurales orientados a detectar, medir y evaluar posibles desplazamientos o deformaciones verticales en una estructura o su cimentación, ocasionados por movimientos del suelo o

condiciones externas, distintos a los propios esfuerzos estructurales internos (Cañon Buitrago et al., 2020).

2.2.21 Alabeo en losas

Giro lateral de la sección transversal del elemento estructural provocado por gradientes térmicos, humedad o retracción diferencial, que provoca que la losa se curve de forma cóncava o convexa y momento torsional (Hernández-Cid et al., 2024).

2.2.22 Resonancia

Es el fenómeno que ocurre cuando la frecuencia, generalmente provocada por sismos, coincide o se acerca a la frecuencia natural de la estructura, lo que genera una amplificación significativa de su respuesta; es decir, provoca desplazamientos exagerados que pueden ser perjudiciales para la estructura (Ruiz-Jiménez et al., 2020).

2.2.23 Piso blando

Es un piso en un edificio, generalmente la planta baja, que presenta una rigidez o resistencia lateral significativamente menor que la de los pisos superiores. Se considera blando cuando su rigidez lateral es inferior al 70 % de la del piso inmediatamente superior o menor al 80 % del promedio de rigidez de los tres pisos superiores (Mali & Mohite, 2023). Para determinarlo, primero se debe calcular la rigidez de cada piso, luego obtener el promedio de rigidez de los pisos superiores y, finalmente, comparar la rigidez del piso en estudio con base en los porcentajes establecidos.

2.2.24 Columna corta

Una columna corta es un elemento estructural cuya longitud libre para deformarse se ve reducida debido a obstáculos como muros de mampostería, ventanas altas, o rellenos parciales, lo que incrementa su rigidez relativa (Chalco Barahona & Viera Arroba, 2023). Durante un sismo, esta mayor rigidez hace que concentre más fuerza cortante que otras columnas, provocando grietas o fallas frágiles. Dado que su presencia puede ser inevitable en algunos diseños arquitectónicos, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece requisitos específicos para su correcto diseño y refuerzo estructural.

2.3 Antecedentes Referenciales

El presente trabajo de investigación se fundamentó en diversos referentes teóricos metodológicos y prácticos que aportaron al desarrollo y la comprensión del tema.

De acuerdo a la investigación “Análisis no lineal de estructuras regulares de acero con pórticos especiales resistentes a momento utilizando OpenSees y Ceinci-Lab”, en la cual se elabora el análisis no lineal de estructuras regulares de acero con pórticos especiales resistentes a momento utilizando OpenSees y Ceinci-Lab, se obtuvieron resultados donde los pórticos colapsaron en un promedio de 4.05 % de relación de desplazamiento de techo respecto a la altura del edificio, además, este artículo demuestra la versatilidad de OpenSees permitiendo con facilidad el cambio de condiciones y entregando resultados adicionales si se desea (Guerrero Cuasapaz & Maza Diaz, 2022).

En la investigación titulada “Análisis estructural comparativo de pórticos especiales a momento con conexiones monolíticas y mixtas”, se analizaron las curvas momento-rotación generadas por pórticos especiales a momento con conexiones monolíticas y mixtas. Para ello, emplearon el método de análisis dinámico (modal espectral) en una estructura regular, utilizando software especializados como CYPECAD y ANSYS. Los resultados mostraron que las rótulas plásticas del modelo con conexiones monolíticas presentaron una mayor rotación en comparación con las del modelo mixto. Esto comprobó que las conexiones monolíticas son más seguras en zonas de alta sismicidad, ya que permiten grandes deformaciones plásticas antes de fallar, lo que evidencia su mayor ductilidad. Esta mayor capacidad para absorber y disipar energía sísmica reafirma la ventaja de los sistemas monolíticos en regiones donde los eventos sísmicos representan una amenaza significativa para la estabilidad estructural (Romero González et al., 2022).

En el trabajo de investigación “Determinación del desempeño sísmico económico de un edificio en acero, mediante la metodología del FEMA P-58 y su programa PACT”, se comenzó realizando un análisis sismo-resistente de una edificación con pórticos especiales resistentes a momento (SMF) mediante análisis estático y dinámico lineal para evaluar su comportamiento y verificar el cumplimiento de los requerimientos normativos relacionados con las derivas de piso, el diseño de sus elementos estructurales y las conexiones. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis no lineal dinámico tiempo-

historia, seleccionando sismos de diferentes intensidades. Como resultado, se obtuvo información sobre desplazamientos y aceleraciones de piso. Con estos datos, se utilizó la herramienta PACT de la metodología FEMA P-58 para estimar el posible costo y tiempo de reparación de la edificación, así como el número de heridos y fallecidos asociados a los diferentes niveles de intensidad sísmica (Néstor Gonzalo & Ramírez Cabrera, 2023).

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

La modalidad de investigación adoptada será mixta, ya que integra enfoques cualitativos y cuantitativos. En una primera fase, se empleará el método de inspección visual rápida (FEMA P-154 y NEC) para identificar preliminarmente posibles vulnerabilidades sísmicas en la edificación, lo cual constituye un enfoque cualitativo. Posteriormente, se aplicarán procedimientos empíricos para recolectar datos numéricos, que servirán como base para llevar a cabo un análisis estático no lineal (Pushover). De este modo, el método de inspección visual rápida permitirá clasificar el nivel de riesgo sísmico, mientras que el análisis Pushover facilitará una comprensión más precisa del comportamiento estructural ante cargas laterales que simulan la acción de un sismo.

3.2 Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se emplearán para la realización del trabajo serán documental, de campo y descriptiva.

3.2.1 Documental

Se realizará una investigación bibliográfica basada en fuentes confiables, tales como revistas científicas, tesis de grado y normativas de diseño vigentes. El objetivo de esta revisión es identificar y comprender las metodologías más adecuadas para el análisis de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, con el fin de aplicarlas de manera fundamentada en el presente proyecto.

3.2.2 De campo

La aplicación del análisis visual rápido se fundamenta en la recolección de datos directamente en el sitio, tales como el número de pisos, tipo de sistema estructural, año de construcción, entre otros aspectos relevantes. Por su parte, el análisis estático no lineal se apoya en la verificación de la información contenida en los planos estructurales, complementada con mediciones realizadas en campo para asegurar la precisión de los parámetros utilizados en el modelado y posterior análisis de la edificación.

3.2.3 Descriptiva

La información recopilada a través del formulario correspondiente al método FEMA P-154 y NEC será analizada con el fin de identificar posibles deficiencias o factores de riesgo sísmico en la edificación evaluada. Paralelamente, se realizará una simulación computacional mediante el modelado estructural del edificio, lo que permitirá evaluar su desempeño ante la acción de un evento sísmico, a través de un análisis estático no lineal.

3.2.4 Objeto de estudio

La edificación objeto de estudio, a la cual se le aplicarán las metodologías de análisis visual rápido y el análisis pushover para determinar su nivel de vulnerabilidad sísmica, es una estructura de uso multifamiliar. Está ubicada en la ciudad de Machala, cantón Machala, provincia de El Oro. La construcción cuenta con cuatro niveles y está conformada por un sistema estructural de marcos especiales a momento en hormigón armado.

3.2.5 Descripción de la población y muestra

Para el presente trabajo de investigación, se considerará como población a las edificaciones de mediana altura ubicadas en la provincia de El Oro. Como muestra representativa, se seleccionará un edificio de cuatro niveles, situado en la Vía Balosa, en la ciudad de Machala. En esta estructura se llevará a cabo la recopilación de información necesaria para evaluar su comportamiento ante una amenaza sísmica.

3.3 Métodos teóricos con los materiales utilizados

3.3.1 Inspección visual rápida del edificio

La aplicación de este método se realizará mediante una visita técnica a la edificación objeto de estudio, con el fin de completar el formulario correspondiente utilizando la información recopilada in situ. A partir de estos datos se podrá determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio y establecer si se requiere la implementación de medidas de refuerzo estructural.

Como primer paso, se determina el nivel de amenaza sísmica de la zona donde se ubica la edificación, esto según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que permitirá clasificar la zona en la que se encuentra el objeto de estudio. Esta clasificación permite seleccionar el formulario adecuado del método FEMA P-154 y NEC, que puede ser cualquiera de las ilustraciones mostradas a continuación. Posteriormente, se identifica el tipo de edificación en la *Tabla 4. Descripción de tipos de construcciones según FEMA P-154*, para luego proceder al registro de la información específica del edificio evaluado.

Ilustración 3. Planilla de inspección NEC (Baja sismicidad)

CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Nivel 1

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

Baja sismicidad

100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE

101 DATOS EDIFICACIÓN

102 Nombre de la Edificación:

103 Dirección:

104 Sitio de referencia:

105 Código Postal:

106 Tipo de uso:

107 Latitud:

107A Zona:

107B Norte:

108 Longitud:

108A Este:

109 Sur:

110 S1:

111 DATOS DEL PROFESIONAL

112 Nombre del evaluador:

113 Cédula del evaluador:

114 Registro SIESCIVT:

115 Fecha:

116 Hora:

117 DATOS CONSTRUCCIÓN

118 Número de Pisos:

119 Sobre el Suelo:

120 Bajo el Suelo:

121 Año de construcción:

122 Área de Construcción:

123 Colono/Año:

124 Adonias:

125 Número de Predio:

126 Clave Catastral:

127 OCUPACIÓN:

128 Comercial:

129 Industrial:

130 Oficina:

131 Almacén:

132 Educación:

133 Residencial:

134 Albergue:

135 Público:

136 TIPO DE SUELO:

137 A:

138 B:

139 C:

140 D:

141 E:

142 F:

143 G:

144 H:

145 I:

146 J:

147 K:

148 L:

149 M:

150 N:

151 O:

152 P:

153 Q:

154 R:

155 S:

156 T:

157 U:

158 V:

159 W:

160 X:

161 Y:

162 Z:

163 AA:

164 AB:

165 AC:

166 AD:

167 AE:

168 AF:

169 AG:

170 AH:

171 AI:

172 AJ:

173 AK:

174 AL:

175 AM:

176 AN:

177 AO:

178 AP:

179 AQ:

180 AR:

181 AS:

182 AT:

183 AU:

184 AV:

185 AW:

186 AX:

187 AY:

188 AZ:

189 BA:

190 BB:

191 BC:

192 BD:

193 BE:

194 BF:

195 BG:

196 BH:

197 BI:

198 BJ:

199 BK:

200 BL:

201 BM:

202 BN:

203 BO:

204 BP:

205 BQ:

206 BR:

207 BS:

208 BT:

209 BU:

210 BV:

211 BW:

212 BX:

213 BY:

214 BZ:

215 CA:

216 CB:

217 CC:

218 CD:

219 CE:

220 CF:

221 CG:

222 CH:

223 CI:

224 CJ:

225 CK:

226 CL:

227 CM:

228 CN:

229 CO:

230 CP:

231 CQ:

232 CR:

233 CS:

234 CT:

235 CU:

236 CV:

237 CW:

238 CX:

239 CY:

240 CZ:

241 DA:

242 DB:

243 DC:

244 DD:

245 DE:

246 DF:

247 DG:

248 DH:

249 DI:

250 DJ:

251 DK:

252 DL:

253 DM:

254 DN:

255 DO:

256 DP:

257 DQ:

258 DR:

259 DS:

260 DT:

261 DU:

262 DV:

263 DW:

264 DX:

265 DY:

266 DZ:

267 EA:

268 EB:

269 EC:

270 ED:

271 EE:

272 EF:

273 EG:

274 EH:

275 EI:

276 EJ:

277 EK:

278 EL:

279 EM:

280 EN:

281 EO:

282 EP:

283 EQ:

284 ER:

285 ES:

286 ET:

287 EU:

288 EV:

289 EW:

290 EX:

291 EY:

292 EZ:

293 FA:

294 FB:

295 FC:

296 FD:

297 FE:

298 FF:

299 FG:

300 FH:

301 FI:

302 FJ:

303 FK:

304 FL:

305 FM:

306 FN:

307 FO:

308 FP:

309 FQ:

310 FR:

311 FS:

312 FT:

313 FU:

314 FV:

315 FW:

316 FX:

317 FY:

318 FZ:

319 GA:

320 GB:

321 GC:

322 GD:

323 GE:

324 GF:

325 GG:

326 GH:

327 GI:

328 GJ:

329 GK:

330 GL:

331 GM:

332 GN:

333 GO:

334 GP:

335 GQ:

336 GR:

337 GS:

338 GT:

339 GU:

340 GV:

341 GW:

342 GX:

343 GY:

344 GZ:

345 HA:

346 HB:

347 HC:

348 HD:

349 HE:

350 HF:

351 HG:

352 HH:

353 HI:

354 HJ:

355 HK:

356 HL:

357 HM:

358 HN:

359 HO:

360 HP:

361 HQ:

362 HR:

363 HS:

364 HT:

365 HU:

366 HV:

367 HW:

368 HX:

369 HY:

370 HZ:

371 IA:

372 IB:

373 IC:

374 ID:

375 IE:

376 IF:

377 IG:

378 IH:

379 II:

380 IJ:

381 IK:

382 IL:

383 IM:

384 IN:

385 IO:

386 IP:

387 IQ:

388 IR:

389 IS:

390 IT:

391 IU:

392 IV:

393 IW:

394 IX:

395 IY:

396 IZ:

397 JA:

398 JB:

399 JC:

400 JD:

401 JE:

402 JF:

403 JG:

404 JH:

405 JI:

406 JJ:

407 JK:

408 JL:

409 JM:

410 JN:

411 JO:

412 JP:

413 JQ:

414 JR:

415 JS:

416 JT:

417 JU:

418 JV:

419 JW:

420 JX:

421 JY:

422 JZ:

423 KA:

424 KB:

425 KC:

426 KD:

427 KE:

428 KF:

429 KG:

430 KH:

431 KI:

432 KJ:

433 KK:

434 KL:

435 KM:

436 KN:

437 KO:

438 KP:

439 KQ:

440 KR:

441 KS:

442 KT:

443 KU:

444 KV:

445 KW:

446 KX:

447 KY:

448 KZ:

449 LA:

450 LB:

451 LC:

452 LD:

453 LE:

454 LF:

455 LG:

456 LH:

457 LI:

458 LJ:

459 LK:

460 LL:

461 LM:

462 LN:

463 LO:

464 LP:

465 LQ:

466 LR:

467 LS:

468 LT:

469 LU:

470 LV:

471 LW:

472 LX:

473 LY:

474 LZ:

475 MA:

476 MB:

477 MC:

478 MD:

479 ME:

480 MF:

481 MG:

482 MH:

483 MI:

484 MJ:

485 MK:

486 ML:

487 MM:

488 MN:

489 MO:

490 MP:

491 MQ:

492 MR:

493 MS:

494 MT:

495 MU:

496 MV:

497 MW:

498 MX:

499 MY:

500 MZ:

501 NA:

502 NB:

503 NC:

504 ND:

505 NE:

506 NF:

507 NG:

508 NH:

509 NI:

510 NJ:

511 NK:

512 NL:

513 NM:

514 NN:

515 NO:

516 NP:

517 NQ:

518 NR:

519 NS:

520 NT:

521 NU:

522 NV:

523 NW:

524 NX:

525 NY:

526 NZ:

527 OA:

528 OB:

529 OC:

530 OD:

531 OE:

532 OF:

533 OG:

534 OH:

535 OI:

536 OJ:

537 OK:

538 OL:

539 OM:

540 ON:

541 OO:

542 OP:

543 OQ:

544 OR:

545 OS:

546 OT:

547 OU:

548 OV:

549 OW:

550 OX:

551 OY:

552 OZ:

553 PA:

554 PB:

555 PC:

556 PD:

557 PE:

558 PF:

559 PG:

560 PH:

561 PI:

562 PJ:

563 PK:

564 PL:

565 PM:

566 PN:

567 PO:

568 PP:

569 PQ:

570 PR:

571 PS:

572 PT:

573 PU:

574 PV:

575 PW:

576 PX:

577 PY:

578 PZ:

579 QA:

580 QB:

581 QC:

582 QD:

583 QE:

584 QF:

585 QG:

586 QH:

587 QI:

588 QJ:

589 QK:

590 QL:

591 QM:

592 QN:

593 QO:

594 QP:

595 QQ:

596 QR:

597 QS:

598 QT:

599 QU:

600 QV:

601 QW:

602 QX:

603 QY:

604 QZ:

605 RA:

606 RB:

607 RC:

608 RD:

609 RE:

610 RF:

611 RG:

612 RH:

613 RI:

614 RJ:

615 RK:

616 RL:

617 RM:

618 RN:

619 RO:

620 RP:

621 RQ:

622 RR:

623 RS:

624 RT:

625 RU:

626 RV:

627 RW:

628 RX:

629 RY:

630 RZ:

631 SA:

632 SB:

633 SC:

634 SD:

635 SE:

636 SF:

637 SG:

638 SH:

639 SI:

640 SJ:

641 SK:

642 SL:

643 SM:

644 SN:

645 SO:

646 SP:

647 SQ:

648 SR:

649 SS:

650 ST:

651 SU:

652 SV:

653 SW:

654 SX:

655 SY:

656 SZ:

657 TA:

658 TB:

659 TC:

660 TD:

661 TE:

662 TF:

663 TG:

664 TH:

665 TI:

666 TJ:

667 TK:

668 TL:

669 TM:

670 TN:

671 TO:

672 TP:

673 TQ:

674 TR:

675 TS:

676 TT:

677 TU:

678 TV:

679 TW:

680 TX:

681 TY:

682 TZ:

683 UA:

684 UB:

685 UC:

686 UD:

687 UE:

688 UF:

689 UG:

690 UH:

691 UI:

692 UJ:

693 UK:

694 UL:

695 UM:

696 UN:

697 UO:

698 UP:

699 UQ:

700 UR:

701 US:

702 UT:

703 UY:

704 UZ:

705 VA:

706 VB:

707 VC:

708 VD:

709 VE:

710 VF:

711 VG:

712 VH:

713 VI:

714 VJ:

715 VK:

716 VL:

717 VM:

718 VN:

719 VO:

720 VP:

721 VQ:

722 VR:

723 VS:

724 VT:

725 VU:

726 VV:

727 VW:

728 VX:

729 VY:

730 VZ:

731 WA:

732 WB:

733 WC:

734 WD:

735 WE:

736 WF:

737 WG:

738 WH:

739 WI:

740 WJ:

741 WK:

742 WL:

743 WM:

744 WN:

745 WO:

746 WP:

747 WQ:

748 WR:

749 WS:

750 WT:

751 WY:

752 WZ:

753 XA:

754 XB:

755 XC:

756 XD:

757 XE:

758 XF:

759 XG:

760 XH:

761 XI:

762 XJ:

763 XK:

764 XL:

765 XM:

766 XN:

767 XO:

768 XP:

769 XQ:

770 XR:

771 XS:

772 XT:

773 XU:

774 XV:

775 XW:

776 XX:

777 XY:

778 XZ:

779 YA:

780 YB:

781 YC:

782 YD:

783 YE:

784 YF:

785 YG:

786 YH:

787 YI:

788 YJ:

789 YK:

790 YL:

791 YM:

792 YN:

793 YO:

794 YP:

795 YQ:

796 YR:

797 YS:

798 YT:

799 YU:

800 YV:

801 YW:

802 YX:

803 YY:

804 YZ:

805 ZA:

806 ZB:

807 ZC:

808 ZD:

809 ZE:

810 ZF:

811 ZG:

812 ZH:

813 ZI:

814 ZJ:

815 ZK:

816 ZL:

817 ZM:

818 ZN:

819 ZO:

820 ZP:

821 ZQ:

822 ZR:

823 ZS:

824 ZT:

825 ZU:

826 ZV:

827 ZW:

828 ZX:

829 ZY:

830 ZZ:

ESQUEMA ESTRUCTURAL, EN PLANTA Y ELEVACION

300

301

302

303

304

305

306

307

308

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

309

310

311

312

313

314

315

316

317

400

401

402

403

403A

403B

403C

404

405

405A

405B

405C

406

406A

406B

406C

406D

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

600

601

602

603

604

700

701

702

703

704

705

706

707

708

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

85

Ilustración 4. Planilla de inspección NEC (Moderada sismicidad)

CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Nivel 1

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

Moderada sismicidad

100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE

101 DATOS EDIFICACIÓN

102 Nombre de la Edificación:

103 Dirección:

104 Sitio de referencia:

105 Código Postal:

106 Tipo de uso:

107 Estado:

108 Longitud:

109 Zona:

109B Norte:

108A Este:

109C Sur:

110 S.O.

111 DATOS DEL PROFESIONAL

112 Nombre del evaluador:

116 Fecha:

113 Cédula del evaluador:

118 Rango SENECSYT:

117 DATOS CONSTRUCCIÓN

118 Número de Pisos:

119 Sobre el Suelo:

120 Bajo el Suelo:

121 Año de construcción:

122 Área de Construcción:

123 Código Año:

124 Año(s) Remodelación:

125 Número de Pisos:

126 Área(s) Construcción:

127 Adosado:

128 Si:

129 No:

130 Ocupación:

131 Asistencia:

132 Comercial:

133 Oficina:

134 Educación:

135 Albergue:

136 Público:

137 Servicio de Emergencia:

138 Otro:

139 Tipo de Suelo:

140 A:

141 B:

142 C:

143 D:

144 E:

145 F:

146 G:

147 H:

148 I:

149 J:

150 K:

151 L:

152 M:

153 N:

154 O:

155 P:

156 Q:

157 R:

158 S:

159 T:

160 U:

161 V:

162 W:

163 X:

164 Y:

165 Z:

166 AA:

167 AB:

168 AC:

169 AD:

170 AE:

171 AF:

172 AG:

173 AH:

174 AI:

175 AJ:

176 AK:

177 AL:

178 AM:

179 AN:

180 AO:

181 AP:

182 AQ:

183 AR:

184 AS:

185 AT:

186 AU:

187 AV:

188 AW:

189 AX:

190 AY:

191 AZ:

192 BA:

193 BB:

194 BC:

195 BD:

196 BE:

197 BF:

198 BG:

199 BH:

200 BI:

201 BJ:

202 BK:

203 BL:

204 BM:

205 BN:

206 BO:

207 BP:

208 BQ:

209 BR:

210 BS:

211 BT:

212 BU:

213 BV:

214 BW:

215 BX:

216 BY:

217 BZ:

218 CA:

219 CB:

220 CC:

221 CD:

222 CE:

223 CF:

224 CG:

225 CH:

226 CI:

227 CJ:

228 CK:

229 CL:

230 CM:

231 CN:

232 CO:

233 CP:

234 CQ:

235 CR:

236 CS:

237 CT:

238 CU:

239 CV:

240 CW:

241 CX:

242 CY:

243 CZ:

244 DA:

245 DB:

246 DC:

247 DD:

248 DE:

249 DF:

250 DG:

251 DH:

252 DI:

253 DJ:

254 DK:

255 DL:

256 DM:

257 DN:

258 DO:

259 DP:

260 DQ:

261 DR:

262 DS:

263 DT:

264 DU:

265 DV:

266 DW:

267 DX:

268 DY:

269 DZ:

270 EA:

271 EB:

272 EC:

273 ED:

274 EE:

275 EF:

276 EG:

277 EH:

278 EI:

279 EJ:

280 EK:

281 EL:

282 EM:

283 EN:

284 EO:

285 EP:

286 EQ:

287 ER:

288 ES:

289 ET:

290 EU:

291 EV:

292 EW:

293 EX:

294 EY:

295 EZ:

296 FA:

297 FB:

298 FC:

299 FD:

300 FE:

301 FF:

302 FG:

303 FH:

304 FI:

305 FJ:

306 FK:

307 FL:

308 FM:

309 FN:

310 FO:

311 FP:

312 FQ:

313 FR:

314 FS:

315 FT:

316 FU:

317 FV:

318 FW:

319 FX:

320 FY:

321 FZ:

322 GA:

323 GB:

324 GC:

325 GD:

326 GE:

327 GF:

328 GG:

329 GH:

330 GI:

331 GJ:

332 GK:

333 GL:

334 GM:

335 GN:

336 GO:

337 GP:

338 GQ:

339 GR:

340 GS:

341 GT:

342 GU:

343 GV:

344 GW:

345 GX:

346 GY:

347 GZ:

348 HA:

349 HB:

350 HC:

351 HD:

352 HE:

353 HF:

354 HG:

355 HH:

356 HI:

357 HJ:

358 HK:

359 HL:

360 HM:

361 HN:

362 HO:

363 HP:

364 HQ:

365 HR:

366 HS:

367 HT:

368 HU:

369 HV:

370 HW:

371 HX:

372 HY:

373 HZ:

374 IA:

375 IB:

376 IC:

377 ID:

378 IE:

379 IF:

380 IG:

381 IH:

382 II:

383 IJ:

384 IK:

385 IL:

386 IM:

387 IN:

388 IO:

389 IP:

390 IQ:

391 IR:

392 IS:

393 IT:

394 IU:

395 IV:

396 IW:

397 IX:

398 IY:

399 IZ:

400 JA:

401 JB:

402 JC:

403 JD:

404 JE:

405 JF:

406 JG:

407 JH:

408 JI:

409 JJ:

410 JK:

411 JL:

412 JM:

413 JN:

414 JO:

415 JP:

416 JQ:

417 JR:

418 JS:

419 JT:

420 JU:

421 JV:

422 JW:

423 JX:

424 JY:

425 JZ:

426 KA:

427 KB:

428 KC:

429 KD:

430 KE:

431 KF:

432 KG:

433 KH:

434 KI:

435 KJ:

436 KK:

437 KL:

438 KM:

439 KN:

440 KO:

441 KP:

442 KQ:

443 KR:

444 KS:

445 KT:

446 KU:

447 KV:

448 KW:

449 KX:

450 KY:

451 KZ:

452 LA:

453 LB:

454 LC:

455 LD:

456 LE:

457 LF:

458 LG:

459 LH:

460 LI:

461 LJ:

462 LK:

463 LL:

464 LM:

465 LN:

466 LO:

467 LP:

468 LQ:

469 LR:

470 LS:

471 LT:

472 LU:

473 LV:

474 LW:

475 LX:

476 LY:

477 LZ:

478 MA:

479 MB:

480 MC:

481 MD:

482 ME:

483 MF:

484 MG:

485 MH:

486 MI:

487 MJ:

488 MK:

489 ML:

490 MM:

491 MN:

492 MO:

493 MP:

494 MQ:

495 MR:

496 MS:

497 MT:

498 MU:

499 MV:

500 MW:

501 MX:

502 MY:

503 MZ:

504 NA:

505 NB:

506 NC:

507 ND:

508 NE:

509 NF:

510 NG:

511 NH:

512 NI:

513 NJ:

514 NK:

515 NL:

516 NM:

517 NN:

518 NO:

519 NP:

520 NQ:

521 NR:

522 NS:

523 NT:

524 NU:

525 NV:

526 NW:

527 NX:

528 NY:

529 NZ:

530 OA:

531 OB:

532 OC:

533 OD:

534 OE:

535 OF:

536 OG:

537 OH:

538 OI:

539 OJ:

540 OK:

541 OL:

542 OM:

543 ON:

544 OO:

545 OP:

546 OQ:

547 OR:

548 OS:

549 OT:

550 OU:

551 OV:

552 OW:

553 OX:

554 OY:

555 OZ:

556 PA:

557 PB:

558 PC:

559 PD:

560 PE:

561 PF:

562 PG:

563 PH:

564 PI:

565 PJ:

566 PK:

567 PL:

568 PM:

569 PN:

570 PO:

571 PP:

572 PQ:

573 PR:

574 PS:

575 PT:

576 PU:

577 PV:

578 PW:

579 PX:

580 PY:

581 PZ:

582 QA:

583 QB:

584 QC:

585 QD:

586 QE:

587 QF:

588 QG:

589 QH:

590 QI:

591 QJ:

592 QK:

593 QL:

594 QM:

595 QN:

596 QO:

597 QP:

598 QQ:

599 QR:

600 QS:

601 QT:

602 QU:

603 QV:

604 QW:

605 QX:

606 QY:

607 QZ:

608 RA:

609 RB:

610 RC:

611 RD:

612 RE:

613 RF:

614 RG:

615 RH:

616 RI:

617 RJ:

618 RK:

619 RL:

620 RM:

621 RN:

622 RO:

623 RP:

624 RQ:

625 RR:

626 RS:

627 RT:

628 RU:

629 RV:

630 RW:

631 RX:

632 RY:

633 RZ:

634 SA:

635 SB:

636 SC:

637 SD:

638 SE:

639 SF:

640 SG:

641 SH:

642 SI:

643 SJ:

644 SK:

645 SL:

646 SM:

647 SN:

648 SO:

649 SP:

650 SQ:

651 SR:

652 SS:

653 ST:

654 SU:

655 SV:

656 SW:

657 SX:

658 SY:

659 SZ:

660 TA:

661 TB:

662 TC:

663 TD:

664 TE:

665 TF:

666 TG:

667 TH:

668 TI:

669 TJ:

670 TK:

671 TL:

672 TM:

673 TN:

674 TO:

675 TP:

676 TQ:

677 TR:

678 TS:

679 TT:

680 TU:

681 TV:

682 TW:

683 TX:

684 TY:

685 TZ:

686 UA:

687 UB:

688 UC:

689 UD:

690 UE:

691 UF:

692 UG:

693 UH:

694 UI:

695 UJ:

696 UK:

697 UL:

698 UM:

699 UN:

700 UO:

701 UP:

702 UQ:

703 UR:

704 US:

705 UT:

706 UY:

707 UZ:

708 VA:

709 VB:

710 VC:

711 VD:

712 VE:

713 VF:

714 VG:

715 VH:

716 VI:

717 VJ:

718 VK:

719 VL:

720 VM:

721 VN:

722 VO:

723 VP:

724 VQ:

725 VR:

726 VS:

727 VT:

728 VU:

729 VV:

730 VW:

731 VX:

732 VY:

733 VZ:

734 WA:

735 WB:

736 WC:

737 WD:

738 WE:

739 WF:

740 WG:

741 WH:

742 WI:

743 WJ:

744 WK:

745 WL:

746 WM:

747 WN:

748 WO:

749 WP:

750 WQ:

751 WR:

752 WS:

753 WT:

754 WY:

755 WZ:

756 XA:

757 XB:

758 XC:

759 XD:

760 XE:

761 XF:

762 XG:

763 XH:

764 XI:

765 XJ:

766 XK:

767 XL:

768 XM:

769 XN:

770 XO:

771 XP:

772 XQ:

773 XR:

774 XS:

775 XT:

776 XU:

777 XV:

778 XW:

779 XX:

780 XY:

781 XZ:

782 YA:

783 YB:

784 YC:

785 YD:

786 YE:

787 YF:

788 YG:

789 YH:

790 YI:

791 YJ:

792 YK:

793 YL:

794 YM:

795 YN:

796 YO:

797 YP:

798 YQ:

799 YR:

800 YS:

801 YT:

802 YU:

803 YV:

804 YW:

805 YX:

806 YY:

807 YZ:

808 ZA:

809 ZB:

810 ZC:

811 ZD:

812 ZE:

813 ZF:

814 ZG:

815 ZH:

816 ZI:

817 ZJ:

818 ZK:

819 ZL:

820 ZM:

821 ZN:

822 ZO:

823 ZP:

824 ZQ:

825 ZR:

826 ZS:

827 ZT:

828 ZU:

829 ZV:

830 ZW:

831 ZX:

832 ZY:

833 ZZ:

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Ilustración 5. Planilla de inspección NEC (Moderadamente alta sismicidad)

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO		Nivel 1 Moderadamente Alta sismicidad	
Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154			
100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE		101 DATOS EDIFICACIÓN Nombre de la Edificación: _____ Dirección: _____ Sitio de referencia: _____ 105 Código Postal: _____ Tipo de uso: _____ Latitud: _____ 106 Longitud: _____ Zona: _____ 107B Hora: _____ 108A Est.: _____ Es: _____ 109 S.T.: _____ 111 DATOS DEL PROFESIONAL Nombre del evaluador: _____ 115 Fecha: _____ Cédula del evaluador: _____ 116 Hora: _____ 117 DATOS DE CONSTRUCCIÓN Número de Pisos: _____ Sobre el Suelo: _____ 120 Bajo el Suelo: _____ Año de construcción: _____ 122 Área de Construcción: _____ Código Año: _____ 124 Año(s) Remodelación: _____ Adorno: Ninguno ☐ Sí ☐ 125 Número de Pisos: _____ 126 Clave Catastral: _____ 130 OCUPACIÓN: 201 Asistencia: _____ Comercial: _____ Servicio de Emergencia: _____ 202 Industria: _____ Oficina: _____ Educación: _____ 203 Unión: _____ Albergue: _____ Religión: _____ 203A Histórico: _____ Albergue: _____ Público: _____ 204 TIPO DE SUELO: 204A ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M ☐ N ☐ O ☐ P ☐ Q ☐ R ☐ S ☐ T ☐ U ☐ V ☐ W ☐ X ☐ Y ☐ Z ☐ AA ☐ AB ☐ AC ☐ AD ☐ AE ☐ AF ☐ AG ☐ AH ☐ AI ☐ AJ ☐ AK ☐ AL ☐ AM ☐ AN ☐ AO ☐ AP ☐ AQ ☐ AR ☐ AS ☐ AT ☐ AU ☐ AV ☐ AW ☐ AX ☐ AY ☐ AZ ☐ BA ☐ BB ☐ BC ☐ BD ☐ BE ☐ BF ☐ BG ☐ BH ☐ BI ☐ BJ ☐ BK ☐ BL ☐ BM ☐ BN ☐ BO ☐ BP ☐ BQ ☐ BR ☐ BS ☐ BT ☐ BU ☐ BV ☐ BW ☐ BX ☐ BY ☐ BZ ☐ CA ☐ CB ☐ CC ☐ CD ☐ CE ☐ CF ☐ CG ☐ CH ☐ CI ☐ CJ ☐ CK ☐ CL ☐ CM ☐ CN ☐ CO ☐ CP ☐ CQ ☐ CR ☐ CS ☐ CT ☐ CU ☐ CV ☐ CW ☐ CX ☐ CY ☐ CZ ☐ DA ☐ DB ☐ DC ☐ DD ☐ DE ☐ DF ☐ DG ☐ DH ☐ DI ☐ DJ ☐ DK ☐ DL ☐ DM ☐ DN ☐ DO ☐ DP ☐ DQ ☐ DR ☐ DS ☐ DT ☐ DU ☐ DV ☐ DW ☐ DX ☐ DY ☐ DZ ☐ EA ☐ EB ☐ EC ☐ ED ☐ EE ☐ EF ☐ EG ☐ EH ☐ EI ☐ EJ ☐ EK ☐ EL ☐ EM ☐ EN ☐ EO ☐ EP ☐ EQ ☐ ER ☐ ES ☐ ET ☐ EU ☐ EV ☐ EW ☐ EX ☐ EY ☐ EZ ☐ FA ☐ FB ☐ FC ☐ FD ☐ FE ☐ FF ☐ FG ☐ FH ☐ FI ☐ FJ ☐ FK ☐ FL ☐ FM ☐ FN ☐ FO ☐ FP ☐ FQ ☐ FR ☐ FS ☐ FT ☐ FU ☐ FV ☐ FW ☐ FX ☐ FY ☐ FZ ☐ GA ☐ GB ☐ GC ☐ GD ☐ GE ☐ GF ☐ GG ☐ GH ☐ GI ☐ GJ ☐ GK ☐ GL ☐ GM ☐ GN ☐ GO ☐ GP ☐ GQ ☐ GR ☐ GS ☐ GT ☐ GU ☐ GV ☐ GW ☐ GX ☐ GY ☐ GZ ☐ HA ☐ HB ☐ HC ☐ HD ☐ HE ☐ HF ☐ HG ☐ HH ☐ HI ☐ HJ ☐ HK ☐ HL ☐ HM ☐ HN ☐ HO ☐ HP ☐ HQ ☐ HR ☐ HS ☐ HT ☐ HU ☐ HV ☐ HW ☐ HX ☐ HY ☐ HZ ☐ IA ☐ IB ☐ IC ☐ ID ☐ IE ☐ IF ☐ IG ☐ IH ☐ II ☐ IJ ☐ IK ☐ IL ☐ IM ☐ IN ☐ IO ☐ IP ☐ IQ ☐ IR ☐ IS ☐ IT ☐ IU ☐ IV ☐ IW ☐ IX ☐ IY ☐ IZ ☐ JA ☐ JB ☐ JC ☐ JD ☐ JE ☐ JF ☐ JG ☐ JH ☐ JI ☐ JJ ☐ JK ☐ JL ☐ JM ☐ JN ☐ JO ☐ JP ☐ JQ ☐ JR ☐ JS ☐ JT ☐ JU ☐ JV ☐ JW ☐ JX ☐ JY ☐ JZ ☐ KA ☐ KB ☐ KC ☐ KD ☐ KE ☐ KF ☐ KG ☐ KH ☐ KI ☐ KJ ☐ KK ☐ KL ☐ KM ☐ KN ☐ KO ☐ KP ☐ KQ ☐ KR ☐ KS ☐ KT ☐ KU ☐ KV ☐ KW ☐ KX ☐ KY ☐ KZ ☐ LA ☐ LB ☐ LC ☐ LD ☐ LE ☐ LF ☐ LG ☐ LH ☐ LI ☐ LJ ☐ LK ☐ LL ☐ LM ☐ LN ☐ LO ☐ LP ☐ LQ ☐ LR ☐ LS ☐ LT ☐ LU ☐ LV ☐ LW ☐ LX ☐ LY ☐ LZ ☐ MA ☐ MB ☐ MC ☐ MD ☐ ME ☐ MF ☐ MG ☐ MH ☐ MI ☐ MJ ☐ MK ☐ ML ☐ MN ☐ MO ☐ MP ☐ MQ ☐ MR ☐ MS ☐ MT ☐ MU ☐ MV ☐ MW ☐ MX ☐ MY ☐ MZ ☐ NA ☐ NB ☐ NC ☐ ND ☐ NE ☐ NF ☐ NG ☐ NH ☐ NI ☐ NJ ☐ NK ☐ NL ☐ NM ☐ NO ☐ NP ☐ NQ ☐ NR ☐ NS ☐ NT ☐ NU ☐ NV ☐ NW ☐ NX ☐ NY ☐ NZ ☐ OA ☐ OB ☐ OC ☐ OD ☐ OE ☐ OF ☐ OG ☐ OH ☐ OI ☐ OJ ☐ OK ☐ OL ☐ OM ☐ ON ☐ OO ☐ OP ☐ OQ ☐ OR ☐ OS ☐ OT ☐ OU ☐ OV ☐ OW ☐ OX ☐ OY ☐ OZ ☐ PA ☐ PB ☐ PC ☐ PD ☐ PE ☐ PF ☐ PG ☐ PH ☐ PI ☐ PJ ☐ PK ☐ PL ☐ PM ☐ PN ☐ PO ☐ PP ☐ PQ ☐ PR ☐ PS ☐ PT ☐ PU ☐ PV ☐ PW ☐ PX ☐ PY ☐ PZ ☐ QA ☐ QB ☐ QC ☐ QD ☐ QE ☐ QF ☐ QG ☐ QH ☐ QI ☐ QJ ☐ QK ☐ QL ☐ QM ☐ QN ☐ QO ☐ QP ☐ QQ ☐ QR ☐ QS ☐ QT ☐ QU ☐ QV ☐ QW ☐ QX ☐ QY ☐ QZ ☐ RA ☐ RB ☐ RC ☐ RD ☐ RE ☐ RF ☐ RG ☐ RH ☐ RI ☐ RJ ☐ RK ☐ RL ☐ RM ☐ RN ☐ RO ☐ RP ☐ RQ ☐ RR ☐ RS ☐ RT ☐ RU ☐ RV ☐ RW ☐ RX ☐ RY ☐ RZ ☐ SA ☐ SB ☐ SC ☐ SD ☐ SE ☐ SF ☐ SG ☐ SH ☐ SI ☐ SJ ☐ SK ☐ SL ☐ SM ☐ SN ☐ SO ☐ SP ☐ SQ ☐ SR ☐ SS ☐ ST ☐ SU ☐ SV ☐ SW ☐ SX ☐ SY ☐ SZ ☐ TA ☐ TB ☐ TC ☐ TD ☐ TE ☐ TF ☐ TG ☐ TH ☐ TI ☐ TJ ☐ TK ☐ TL ☐ TM ☐ TN ☐ TO ☐ TP ☐ TQ ☐ TR ☐ TS ☐ TU ☐ TV ☐ TW ☐ TX ☐ TY ☐ TZ ☐ UA ☐ UB ☐ UC ☐ UD ☐ UE ☐ UF ☐ UG ☐ UH ☐ UI ☐ UJ ☐ UK ☐ UL ☐ UM ☐ UN ☐ UO ☐ UP ☐ UQ ☐ UR ☐ US ☐ UT ☐ UU ☐ UV ☐ UW ☐ UX ☐ UY ☐ UZ ☐ VA ☐ VB ☐ VC ☐ VD ☐ VE ☐ VF ☐ VG ☐ VH ☐ VI ☐ VJ ☐ VK ☐ VL ☐ VM ☐ VN ☐ VO ☐ VP ☐ VQ ☐ VR ☐ VS ☐ VT ☐ VU ☐ VV ☐ VW ☐ VX ☐ VY ☐ VZ ☐ WA ☐ WB ☐ WC ☐ WD ☐ WE ☐ WF ☐ WG ☐ WH ☐ WI ☐ WJ ☐ WK ☐ WL ☐ WM ☐ WN ☐ WO ☐ WP ☐ WQ ☐ WR ☐ WS ☐ WT ☐ WU ☐ WV ☐ WW ☐ WX ☐ WY ☐ WZ ☐ XA ☐ XB ☐ XC ☐ XD ☐ XE ☐ XF ☐ XG ☐ XH ☐ XI ☐ XJ ☐ XK ☐ XL ☐ XM ☐ XN ☐ XO ☐ XP ☐ XQ ☐ XR ☐ XS ☐ XT ☐ XU ☐ XV ☐ XW ☐ XX ☐ XY ☐ XZ ☐ YA ☐ YB ☐ YC ☐ YD ☐ YE ☐ YF ☐ YG ☐ YH ☐ YI ☐ YJ ☐ YK ☐ YL ☐ YM ☐ YN ☐ YO ☐ YP ☐ YQ ☐ YR ☐ YS ☐ YT ☐ YU ☐ YV ☐ YW ☐ YX ☐ YY ☐ YZ ☐ ZA ☐ ZB ☐ ZC ☐ ZD ☐ ZE ☐ ZF ☐ ZG ☐ ZH ☐ ZI ☐ ZJ ☐ ZK ☐ ZL ☐ ZM ☐ ZN ☐ ZO ☐ ZP ☐ ZQ ☐ ZR ☐ ZS ☐ ZT ☐ ZU ☐ ZV ☐ ZW ☐ ZX ☐ ZY ☐ ZZ ☐	
200 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE		201 DATOS EDIFICACIÓN Nombre de la Edificación: _____ Dirección: _____ Sitio de referencia: _____ 105 Código Postal: _____ Tipo de uso: _____ Latitud: _____ 106 Longitud: _____ Zona: _____ 107B Hora: _____ 108A Est.: _____ Es: _____ 109 S.T.: _____ 111 DATOS DEL PROFESIONAL Nombre del evaluador: _____ 115 Fecha: _____ Cédula del evaluador: _____ 116 Hora: _____ 117 DATOS DE CONSTRUCCIÓN Número de Pisos: _____ Sobre el Suelo: _____ 120 Bajo el Suelo: _____ Año de construcción: _____ 122 Área de Construcción: _____ Código Año: _____ 124 Año(s) Remodelación: _____ Adorno: Ninguno ☐ Sí ☐ 125 Número de Pisos: _____ 126 Clave Catastral: _____ 130 OCUPACIÓN: 201 Asistencia: _____ Comercial: _____ Servicio de Emergencia: _____ 202 Industria: _____ Oficina: _____ Educación: _____ 203 Unión: _____ Albergue: _____ Religión: _____ 203A Histórico: _____ Albergue: _____ Público: _____ 204 TIPO DE SUELO: 204A ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M ☐ N ☐ O ☐ P ☐ Q ☐ R ☐ S ☐ T ☐ U ☐ V ☐ W ☐ X ☐ Y ☐ Z ☐ AA ☐ AB ☐ AC ☐ AD ☐ AE ☐ AF ☐ AG ☐ AH ☐ AI ☐ AJ ☐ AK ☐ AL ☐ AM ☐ AN ☐ AO ☐ AP ☐ AQ ☐ AR ☐ AS ☐ AT ☐ AU ☐ AV ☐ AW ☐ AX ☐ AY ☐ AZ ☐ BA ☐ BB ☐ BC ☐ BD ☐ BE ☐ BF ☐ BG ☐ BH ☐ BI ☐ BJ ☐ BK ☐ BL ☐ BM ☐ BN ☐ BO ☐ BP ☐ BQ ☐ BR ☐ BS ☐ BT ☐ BU ☐ BV ☐ BW ☐ BX ☐ BY ☐ BZ ☐ CA ☐ CB ☐ CC ☐ CD ☐ CE ☐ CF ☐ CG ☐ CH ☐ CI ☐ CJ ☐ CK ☐ CL ☐ CM ☐ CN ☐ CO ☐ CP ☐ CQ ☐ CR ☐ CS ☐ CT ☐ CU ☐ CV ☐ CW ☐ CX ☐ CY ☐ CZ ☐ DA ☐ DB ☐ DC ☐ DD ☐ DE ☐ DF ☐ DG ☐ DH ☐ DI ☐ DJ ☐ DK ☐ DL ☐ DM ☐ DN ☐ DO ☐ DP ☐ DQ ☐ DR ☐ DS ☐ DT ☐ DU ☐ DV ☐ DW ☐ DX ☐ DY ☐ DZ ☐ EA ☐ EB ☐ EC ☐ ED ☐ EE ☐ EF ☐ EG ☐ EH ☐ EI ☐ EJ ☐ EK ☐ EL ☐ EM ☐ EN ☐ EO ☐ EP ☐ EQ ☐ ER ☐ ES ☐ ET ☐ EU ☐ EV ☐ EW ☐ EX ☐ EY ☐ EZ ☐ FA ☐ FB ☐ FC ☐ FD ☐ FE ☐ FG ☐ FH ☐ FI ☐ FJ ☐ FK ☐ FL ☐ FM ☐ FN ☐ FO ☐ FP ☐ FQ ☐ FR ☐ FS ☐ FT ☐ FU ☐ FV ☐ FW ☐ FX ☐ FY ☐ FZ ☐ GA ☐ GB ☐ GC ☐ GD ☐ GE ☐ GF ☐ GG ☐ GH ☐ GI ☐ GJ ☐ GK ☐ GL ☐ GM ☐ GN ☐ GO ☐ GP ☐ GQ ☐ GR ☐ GS ☐ GT ☐ GU ☐ GV ☐ GW ☐ GX ☐ GY ☐ GZ ☐ HA ☐ HB ☐ HC ☐ HD ☐ HE ☐ HF ☐ HG ☐ HH ☐ HI ☐ HJ ☐ HK ☐ HL ☐ HM ☐ HN ☐ HO ☐ HP ☐ HQ ☐ HR ☐ HS ☐ HT ☐ HU ☐ HV ☐ HW ☐ HX ☐ HY ☐ HZ ☐ IA ☐ IB ☐ IC ☐ ID ☐ IE ☐ IF ☐ IG ☐ IH ☐ II ☐ IJ ☐ IK ☐ IL ☐ IM ☐ IN ☐ IO ☐ IP ☐ IQ ☐ IR ☐ IS ☐ IT ☐ IU ☐ IV ☐ IW ☐ IX ☐ IY ☐ IZ ☐ JA ☐ JB ☐ JC ☐ JD ☐ JE ☐ JF ☐ JG ☐ JH ☐ JI ☐ JJ ☐ JK ☐ JL ☐ JM ☐ JN ☐ JO ☐ JP ☐ JQ ☐ JR ☐ JS ☐ JT ☐ JU ☐ JV ☐ JW ☐ JX ☐ JY ☐ JZ ☐ KA ☐ KB ☐ KC ☐ KD ☐ KE ☐ KF ☐ KG ☐ KH ☐ KI ☐ KJ ☐ KL ☐ KM ☐ KN ☐ KO ☐ KP ☐ KQ ☐ KR ☐ KS ☐ KT ☐ KU ☐ KV ☐ KW ☐ KX ☐ KY ☐ KZ ☐ LA ☐ LB ☐ LC ☐ LD ☐ LE ☐ LF ☐ LG ☐ LH ☐ LI ☐ LJ ☐ LK ☐ LL ☐ LM ☐ LN ☐ LO ☐ LP ☐ LQ ☐ LR ☐ LS ☐ LT ☐ LU ☐ LV ☐ LW ☐ LX ☐ LY ☐ LZ ☐ MA ☐ MB ☐ MC ☐ MD ☐ ME ☐ MF ☐ MG ☐ MH ☐ MI ☐ MJ ☐ MK ☐ ML ☐ MN ☐ MO ☐ MP ☐ MQ ☐ MR ☐ MS ☐ MT ☐ MU ☐ MV ☐ MW ☐ MX ☐ MY ☐ MZ ☐ NA ☐ NB ☐ NC ☐ ND ☐ NE ☐ NF ☐ NG ☐ NH ☐ NI ☐ NJ ☐ NK ☐ NL ☐ NM ☐ NO ☐ NP ☐ NQ ☐ NR ☐ NS ☐ NT ☐ NU ☐ NV ☐ NW ☐ NX ☐ NY ☐ NZ ☐ OA ☐ OB ☐ OC ☐ OD ☐ OE ☐ OF ☐ OG ☐ OH ☐ OI ☐ OJ ☐ OK ☐ OL ☐ OM ☐ ON ☐ OO ☐ OP ☐ OQ ☐ OR ☐ OS ☐ OT ☐ OU ☐ OV ☐ OW ☐ OX ☐ OY ☐ OZ ☐ PA ☐ PB ☐ PC ☐ PD ☐ PE ☐ PF ☐ PG ☐ PH ☐ PI ☐ PJ ☐ PK ☐ PL ☐ PM ☐ PN ☐ PO ☐ PP ☐ PQ ☐ PR ☐ PS ☐ PT ☐ PU ☐ PV ☐ PW ☐ PX ☐ PY ☐ PZ ☐ QA ☐ QB ☐ QC ☐ QD ☐ QE ☐ QF ☐ QG ☐ QH ☐ QI ☐ QJ ☐ QK ☐ QL ☐ QM ☐ QN ☐ QO ☐ QP ☐ QQ ☐ QR ☐ QS ☐ QT ☐ QU ☐ QV ☐ QW ☐ QX ☐ QY ☐ QZ ☐ RA ☐ RB ☐ RC ☐ RD ☐ RE ☐ RF ☐ RG ☐ RH ☐ RI ☐ RJ ☐ RK ☐ RL ☐ RM ☐ RN ☐ RO ☐ RP ☐ RQ ☐ RR ☐ RS ☐ RT ☐ RU ☐ RV ☐ RW ☐ RX ☐ RY ☐ RZ ☐ SA ☐ SB ☐ SC ☐ SD ☐ SE ☐ SF ☐ SG ☐ SH ☐ SI ☐ SJ ☐ SK ☐ SL ☐ SM ☐ SN ☐ SO ☐ SP ☐ SQ ☐ SR ☐ SS ☐ ST ☐ SU ☐ SV ☐ SW ☐ SX ☐ SY ☐ SZ ☐ TA ☐ TB ☐ TC ☐ TD ☐ TE ☐ TF ☐ TG ☐ TH ☐ TI ☐ TJ ☐ TK ☐ TL ☐ TM ☐ TN ☐ TO ☐ TP ☐ TQ ☐ TR ☐ TS ☐ TU ☐ TV ☐ TW ☐ TX ☐ TY ☐ TZ ☐ UA ☐ UB ☐ UC ☐ UD ☐ UE ☐ UF ☐ UG ☐ UH ☐ UI ☐ UJ ☐ UK ☐ UL ☐ UM ☐ UN ☐ UO ☐ UP ☐ UQ ☐ UR ☐ US ☐ UT ☐ UU ☐ UV ☐ UW ☐ UX ☐ UY ☐ UZ ☐ VA ☐ VB ☐ VC ☐ VD ☐ VE ☐ VF ☐ VG ☐ VH ☐ VI ☐ VJ ☐ VK ☐ VL ☐ VM ☐ VN ☐ VO ☐ VP ☐ VQ ☐ VR ☐ VS ☐ VT ☐ VU ☐ VV ☐ VW ☐ VX ☐ VY ☐ VZ ☐ WA ☐ WB ☐ WC ☐ WD ☐ WE ☐ WF ☐ WG ☐ WH ☐ WI ☐ WJ ☐ WK ☐ WL ☐ WM ☐ WN ☐ WO ☐ WP ☐ WQ ☐ WR ☐ WS ☐ WT ☐ WU ☐ WV ☐ WW ☐ WX ☐ WY ☐ WZ ☐ XA ☐ XB ☐ XC ☐ XD ☐ XE ☐ XF ☐ XG ☐ XH ☐ XI ☐ XJ ☐ XK ☐ XL ☐ XM ☐ XN ☐ XO ☐ XP ☐ XQ ☐ XR ☐ XS ☐ XT ☐ XU ☐ XV ☐ XW ☐ XX ☐ XY ☐ XZ ☐ YA ☐ YB ☐ YC ☐ YD ☐ YE ☐ YF ☐ YG ☐ YH ☐ YI ☐ YJ ☐ YK ☐ YL ☐ YM ☐ YN ☐ YO ☐ YP ☐ YQ ☐ YR ☐ YS ☐ YT ☐ YU ☐ YV ☐ YW ☐ YX ☐ YY ☐ YZ ☐ ZA ☐ ZB ☐ ZC ☐ ZD ☐ ZE ☐ ZF ☐ ZG ☐ ZH ☐ ZI ☐ ZJ ☐ ZK ☐ ZL ☐ ZM ☐ ZN ☐ ZO ☐ ZP ☐ ZQ ☐ ZR ☐ ZS ☐ ZT ☐ ZU ☐ ZV ☐ ZW ☐ ZX ☐ ZY ☐ ZZ ☐	
200 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE		201 DATOS EDIFICACIÓN Nombre de la Edificación: _____ Dirección: _____ Sitio de referencia: _____ 105 Código Postal: _____ Tipo de uso: _____ Latitud: _____ 106 Longitud: _____ Zona: _____ 107B Hora: _____ 108A Est.: _____ Es: _____ 109 S.T.: _____ 111 DATOS DEL PROFESIONAL Nombre del evaluador: _____ 115 Fecha: _____ Cédula del evaluador: _____ 116 Hora: _____ 117 DATOS DE CONSTRUCCIÓN Número de Pisos: _____ Sobre el Suelo: _____ 120 Bajo el Suelo: _____ Año de construcción: _____ 122 Área de Construcción: _____ Código Año: _____ 124 Año(s) Remodelación: _____ Adorno: Ninguno ☐ Sí ☐ 125 Número de Pisos: _____ 126 Clave Catastral: _____ 130 OCUPACIÓN: 201 Asistencia: _____ Comercial: _____ Servicio de Emergencia: _____ 202 Industria: _____ Oficina: _____ Educación: _____ 203 Unión: _____ Albergue: _____ Religión: _____ 203A Histórico: _____ Albergue: _____ Público: _____ 204 TIPO DE SUELO: 204A ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M ☐ N ☐ O ☐ P ☐ Q ☐ R ☐ S ☐ T ☐ U ☐ V ☐ W ☐ X ☐ Y ☐ Z ☐ AA ☐ AB ☐ AC ☐ AD ☐ AE ☐ AF ☐ AG ☐ AH ☐ AI ☐ AJ ☐ AK ☐ AL ☐ AM ☐ AN ☐ AO ☐ AP ☐ AQ ☐ AR ☐ AS ☐ AT ☐ AU ☐ AV ☐ AW ☐ AX ☐ AY ☐ AZ ☐ BA ☐ BB ☐ BC ☐ BD ☐ BE ☐ BF ☐ BG ☐ BH ☐ BI ☐ BJ ☐ BK ☐ BL ☐ BM ☐ BN	

Ilustración 6. Planilla de inspección NEC (Alta sismicidad)

**CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO**

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE

Nivel 1

Alta sismicidad

101 DATOS DE EDIFICACIÓN									
102 Nombre de la Edificación:					Edificio Tema				
103 Dirección:									
104 Sitio de referencia:					105 Código Postal:				
106 Tipo de uso:					107 Longitud:				
107 Latitud:					108 Área:				
109 Zona:					110 Hora:				
111 DATOS DEL PROFESIONAL									
112 Nombre del evaluador:					113 Fecha:				
114 Cédula del evaluador:					115 Hora:				
117 DATOS DE CONSTRUCCIÓN									
118 Número de Pisos:					119 Año de Construcción:				
120 Año de remodelación:					121 Área de Construcción:				
122 Códigos de Construcción:					123 Área de Remodelación:				
124 Adicional:					125 Número de Pisos:				
126 Clave Catastral:					127 Clave de Edificio:				
128 Ocupación:									
129 Asentamiento:					130 Tipo de Edificio:				
131 Industria:					132 Uso:				
133 Unidad:					134 Almacén:				
135 Almacén:					136 Almacén:				
137 TIPO DE SUELO:									
138 A		139 B		140 C		141 D		142 E	
143 F		144 G		145 H		146 I		147 J	
148 RIESGOS GEOLÓGICOS									
149 Estructuras:					150 Ruptura de Superficie:				
151 SI					152 NO				
153 DUE					154 DUE				
155 Adyacencia:									
156 Golpes:					157 Peligro de caída del Edificio Adyacente:				
158 Irregularidades:									
159 Elevación (Topografía):					160 Planta (Tipo):				
161 Peligro de Caída Exteriores:									
162 Chimeneas sin soporte lateral:					163 Apéndices:				
164 Raves. Pasado o de chapa de madera pesada:					165 Parapetos:				
166 COMENTARIOS:									
167 Comentarios:									
168 Comentarios:									
169 Comentarios:									
170 Comentarios:									
171 Comentarios:									
172 Comentarios:									
173 Comentarios:									
174 Comentarios:									
175 Comentarios:									
176 Comentarios:									
177 Comentarios:									
178 Comentarios:									
179 Comentarios:									
180 Comentarios:									
181 Comentarios:									
182 Comentarios:									
183 Comentarios:									
184 Comentarios:									
185 Comentarios:									
186 Comentarios:									
187 Comentarios:									
188 Comentarios:									
189 Comentarios:									
190 Comentarios:									
191 Comentarios:									
192 Comentarios:									
193 Comentarios:									
194 Comentarios:									
195 Comentarios:									
196 Comentarios:									
197 Comentarios:									
198 Comentarios:									
199 Comentarios:									
200 Comentarios:									
201 Comentarios:									
202 Comentarios:									
203 Comentarios:									
204 Comentarios:									
205 Comentarios:									
206 Comentarios:									
207 Comentarios:									
208 Comentarios:									
209 Comentarios:									
210 Comentarios:									
211 Comentarios:									
212 Comentarios:									
213 Comentarios:									
214 Comentarios:									
215 Comentarios:									
216 Comentarios:									
217 Comentarios:									
218 Comentarios:									
219 Comentarios:									
220 Comentarios:									
221 Comentarios:									
222 Comentarios:									
223 Comentarios:									
224 Comentarios:									
225 Comentarios:									
226 Comentarios:									
227 Comentarios:									
228 Comentarios:									
229 Comentarios:									
230 Comentarios:									
231 Comentarios:									
232 Comentarios:									
233 Comentarios:									
234 Comentarios:									
235 Comentarios:									
236 Comentarios:									
237 Comentarios:									
238 Comentarios:									
239 Comentarios:									
240 Comentarios:									
241 Comentarios:									
242 Comentarios:									
243 Comentarios:									
244 Comentarios:									
245 Comentarios:									
246 Comentarios:									
247 Comentarios:									
248 Comentarios:									
249 Comentarios:									
250 Comentarios:									
251 Comentarios:									
252 Comentarios:									
253 Comentarios:									
254 Comentarios:									
255 Comentarios:									
256 Comentarios:									
257 Comentarios:									
258 Comentarios:									
259 Comentarios:									
260 Comentarios:									
261 Comentarios:									
262 Comentarios:									
263 Comentarios:									
264 Comentarios:									
265 Comentarios:									
266 Comentarios:									
267 Comentarios:									
268 Comentarios:									
269 Comentarios:									
270 Comentarios:									
271 Comentarios:									
272 Comentarios:									
273 Comentarios:									
274 Comentarios:									
275 Comentarios:									
276 Comentarios:									
277 Comentarios:									
278 Comentarios:									
279 Comentarios:									
280 Comentarios:									
281 Comentarios:									
282 Comentarios:									
283 Comentarios:									
284 Comentarios:									
285 Comentarios:									
286 Comentarios:									
287 Comentarios:									
288 Comentarios:									
289 Comentarios:									
290 Comentarios:									
291 Comentarios:									
292 Comentarios:									
293 Comentarios:									
294 Comentarios:									
295 Comentarios:									
296 Comentarios:									
297 Comentarios:									
298 Comentarios:									
299 Comentarios:									
300 Comentarios:									
301 Comentarios:									
302 Comentarios:									
303 Comentarios:									
304 Comentarios:									
305 Comentarios:									
306 Comentarios:									
307 Comentarios:									
308 Comentarios:									
309 Comentarios:									
310 Comentarios:									
311 Comentarios:									
312 Comentarios:									
313 Comentarios:									
314 Comentarios:									
315 Comentarios:									
316 Comentarios:									
317 Comentarios:									
318 Comentarios:									
319 Comentarios:									
320 Comentarios:									
321 Comentarios:									
322 Comentarios:									
323 Comentarios:									
324 Comentarios:									
325 Comentarios:									
326 Comentarios:									
327 Comentarios:									
328 Comentarios:									
329 Comentarios:									
330 Comentarios:									
331 Comentarios:									
332 Comentarios:									
333 Comentarios:									
334 Comentarios:									
335 Comentarios:									
336 Comentarios:									
337 Comentarios:									
338 Comentarios:									
339 Comentarios:									
340 Comentarios:									
341 Comentarios:									
342 Comentarios:									
343 Comentarios:									
344 Comentarios:									
345 Comentarios:									
346 Comentarios:									
347 Comentarios:									
348 Comentarios:									
349 Comentarios:									
350 Comentarios:									
351 Comentarios:									
352 Comentarios:									
353 Comentarios:									
354 Comentarios:									
355 Comentarios:									
356 Comentarios:									
357 Comentarios:									
358 Comentarios:									
359 Comentarios:									
360 Comentarios:									
361 Comentarios:									
362 Comentarios:									
363 Comentarios:									
364 Comentarios:									
365 Comentarios:									
366 Comentarios:									
367 Comentarios:									
368 Comentarios:									
369 Comentarios:									
370 Comentarios:									
371 Comentarios:									
372 Comentarios:									
373 Comentarios:									
374 Comentarios:									
375 Comentarios:									
376 Comentarios:									
377 Comentarios:									
378 Comentarios:									
379 Comentarios:									
380 Comentarios:									
381 Comentarios:									
382 Comentarios:									
383 Comentarios:									
384 Comentarios:									
385 Comentarios:									
386 Comentarios:									
387 Comentarios:									
388 Comentarios:									
389 Comentarios:									
390 Comentarios:									
391 Comentarios:									
392 Comentarios:									
393 Comentarios:									
394 Comentarios:									
395 Comentarios:									
396 Comentarios:									
397 Comentarios:									
398 Comentarios:									
399 Comentarios:									
400 Comentarios:									
401 Comentarios:									
402 Comentarios:									
403 Comentarios:									
404 Comentarios:									
405 Comentarios:									
406 Comentarios:									
407 Comentarios:									
408 Comentarios:									
409 Comentarios:									
410 Comentarios:									
411 Comentarios:									
412 Comentarios:									
413 Comentarios:									
414 Comentarios:									
415 Comentarios:									
416 Comentarios:									
417 Comentarios:									
418 Comentarios:									
419 Comentarios:									
420 Comentarios:									
421 Comentarios:									
422 Comentarios:									
423 Comentarios:									
424 Comentarios:									
425 Comentarios:									
426 Comentarios:									
427 Comentarios:									
428 Comentarios:									
429 Comentarios:									
430 Comentarios:									
431 Comentarios:									
432 Comentarios:									
433 Comentarios:									
434 Comentarios:									
435 Comentarios:									
436 Comentarios:									
437 Comentarios:									
438 Comentarios:									
439 Comentarios:									
440 Comentarios:									
441 Comentarios:									
442 Comentarios:									
443 Comentarios:									
444 Comentarios:									
445 Comentarios:									
446 Comentarios:									
447 Comentarios:									
448 Comentarios:									
449 Comentarios:									
450 Comentarios:									
451 Comentarios:									
452 Comentarios:									
453 Comentarios:									
454 Comentarios:									
455 Comentarios:									
456 Comentarios:									
457 Comentarios:									
458 Comentarios:									
459 Comentarios:									
460 Comentarios:									
461 Comentarios:									
462 Comentarios:									
463 Comentarios:									
464 Comentarios:									
465 Comentarios:									
466 Comentarios:									
467 Comentarios:									
468 Comentarios:									
469 Comentarios:									
470 Comentarios:									
471 Comentarios:									
472 Comentarios:									
473 Comentarios:									
474 Comentarios:									
475 Comentarios:									
476 Comentarios:									
477 Comentarios:									
478 Comentarios:									
479 Comentarios:									
480 Comentarios:									
481 Comentarios:									
482 Comentarios:									
483 Comentarios:									
484 Comentarios:									
485 Comentarios:									
486 Comentarios:									
487 Comentarios:									
488 Comentarios:									
489 Comentarios:									
490 Comentarios:									
491 Comentarios:									
492 Comentarios:									
493 Comentarios:									
494 Comentarios:									
495 Comentarios:									
496 Comentarios:									
497 Comentarios:									
498 Comentarios:									
499 Comentarios:									
500 Comentarios:									
501 Comentarios:									
502 Comentarios:									
503 Comentarios:									
504 Comentarios:									
505 Comentarios:									
506 Comentarios:									
507 Comentarios:									
508 Comentarios:									
509 Comentarios:									
510 Comentarios:									
511 Comentarios:									
512 Comentarios:									
513 Comentarios:									
514 Comentarios:									
515 Comentarios:									
516 Comentarios:									
517 Comentarios:									
518 Comentarios:									
519 Comentarios:									
520 Comentarios:									
521 Comentarios:									
522 Comentarios:									
523 Comentarios:									
524 Comentarios:									
525 Comentarios:									
526 Comentarios:									
527 Comentarios:									
528 Comentarios:									
529 Comentarios:									
530 Comentarios:									
531 Comentarios:									
532 Comentarios:									
533 Comentarios:									
534 Comentarios:									
535 Comentarios:									
536 Comentarios:									
537 Comentarios:									
538 Comentarios:									
539 Comentarios:									
540 Comentarios:									
541 Comentarios:									
542 Comentarios:									
543 Comentarios:									
544 Comentarios:									
545 Comentarios:									
546 Comentarios:									
547 Comentarios:									
548 Comentarios:									
549 Comentarios:									
550 Comentarios:									
551 Comentarios:									
552 Comentarios:									
553 Comentarios:									
554 Comentarios:									
555 Comentarios:									
556 Comentarios:									
557 Comentarios:									
558 Comentarios:									
559 Comentarios:									
560 Comentarios:									
561 Comentarios:									
562 Comentarios:									
563 Comentarios:									
564 Comentarios:									
565 Comentarios:									
566 Comentarios:									
567 Comentarios:									
568 Comentarios:									
569 Comentarios:									
570 Comentarios:									
571 Comentarios:									
572 Comentarios:									
573 Comentarios:									
574 Comentarios:									
575 Comentarios:									
576 Comentarios:									
577 Comentarios:									
578 Comentarios:									
579 Comentarios:									
580 Comentarios:									
581 Comentarios:									
582 Comentarios:									
583 Comentarios:									
584 Comentarios:									
585 Comentarios:									
586 Comentarios:									
587 Comentarios:									
588 Comentarios:									
589 Comentarios:									
590 Comentarios:									
591 Comentarios:									
592 Comentarios:									
593 Comentarios:									
594 Comentarios:									
595 Comentarios:									
596 Comentarios:									
597 Comentarios:									
598 Comentarios:									
599 Comentarios:									
600 Comentarios:									
601 Comentarios:									
602 Comentarios:									
603 Comentarios:									
604 Comentarios:									
605 Comentarios:									
606 Comentarios:									
607 Comentarios:									
608 Comentarios:									
609 Comentarios:									
610 Comentarios:									
611 Comentarios:									
612 Comentarios:									
613 Comentarios:									
614 Comentarios:									
615 Comentarios:									
616 Comentarios:									
617 Comentarios:									
618 Comentarios:									
619 Comentarios:									
620 Comentarios:									
621 Comentarios:									
622 Comentarios:									
623 Comentarios:									
624 Comentarios:									
625 Comentarios:									
626 Comentarios:									
627 Comentarios:									
628 Comentarios:									
629 Comentarios:									
630 Comentarios:									
631 Comentarios:									
632 Comentarios:									
633 Comentarios:									
634 Comentarios:									
635 Comentarios:									
636 Comentarios:									
637 Comentarios:									
638 Comentarios:									
639 Comentarios:									
640 Comentarios:									
641 Comentarios:									
642 Comentarios:									
643 Comentarios:									
644 Comentarios:									
645 Comentarios:									
646 Comentarios:									
647 Comentarios:									
648 Comentarios:									
649 Comentarios:									
650 Comentarios:									
651 Comentarios:									
652 Comentarios:									
653 Comentarios:									
654 Comentarios:									
655 Comentarios:									
656 Comentarios:									
657 Comentarios:									
658 Comentarios:									
659 Comentarios:									
660 Comentarios:									
661 Comentarios:									
662 Comentarios:									
663 Comentarios:									
664 Comentarios:									
665 Comentarios:									
666 Comentarios:									
667 Comentarios:									
668 Comentarios:									
669 Comentarios:									
670 Comentarios:									
671 Comentarios:									
672 Comentarios:									
673 Comentarios:									
674 Comentarios:									
675 Comentarios:									
676 Comentarios:									
677 Comentarios:									
678 Comentarios:									
679 Comentarios:									

Ilustración 7. Planilla de inspección NEC (Muy alta sismicidad)

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO		Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES		Nivel 1 Muy alta sismicidad	
Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154					
100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE					
101 DATOS EDIFICACIÓN		102 Nombre de la Edificación:			
103 Dirección:		104 Sitio de referencia:			
105 Tipo de uso:		106 Longitud:			
107 Zona:		108 Este:			
109 Zona:		110 Sur:			
111 DATOS DEL PROFESIONAL					
112 Nombre del evaluador:		113 Fecha:			
114 Cédula del evaluador:		115 Hora:			
116 DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
117 Número de pisos:		118 Estado del Suelo:			
119 Año de construcción:		120 Área de Construcción:			
121 Código Año:		122 Años Remodelación:			
123 Adornos:		124 Número de Pisos:			
124 Ocupación:		125 Clave Catastral:			
200 OCUPACIÓN:					
201 Asambles:		202 Servicio de Emergencia:			
202 Industrial:		203 Educación:			
203 Utilidad:		204 Albergue:			
203A Histórico:		205 Público:			
204 TIPO DE SUELO:					
204A Suelo A					
204B Suelo B					
204C Suelo C					
204D Suelo D					
204E Suelo E					
204F Suelo F					
204G Suelo G					
204H Suelo H					
204I Suelo I					
204J Suelo J					
204K Suelo K					
204L Suelo L					
204M Suelo M					
204N Suelo N					
204O Suelo O					
204P Suelo P					
204Q Suelo Q					
204R Suelo R					
204S Suelo S					
204T Suelo T					
204U Suelo U					
204V Suelo V					
204W Suelo W					
204X Suelo X					
204Y Suelo Y					
204Z Suelo Z					
205 RIESGOS GEOLOGICOS					
206 Licuación:		207 Deslizamiento:			
207 SI		208 Ruptura de Superficie:			
208 NO		209 NO			
209 DNK		210 DNK			
211 Adyacentes					
212 Golpes		213 Peligro de caída del Edificio Adyacente			
214 Irregularidades:					
215 Elevación (Tipos/Severidad)		216 Puesta (Tipo)			
217 Peligro de Caída Exteriores					
218 Chimeneas sin soporte lateral		219 Apéndices			
220 Revas, Pisado o de carga de madera pesada		221 Parapetos			
222 Otros					
210 COMENTARIOS					
211 Dibujos o comentarios en una página aparte					
212 Esquema ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN					
213 TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL					
214 W1		215 C1			
216 W1A		217 C2			
218 W2		219 C3			
220 S1		221 PC1			
222 S2		223 PC2			
224 S3		225 RM1			
226 S4		227 RM2			
228 S5		229 URM			
230 S6		231 MH			
232 PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1					
233 W1		234 C1			
235 W1A		236 C2			
237 W2		238 C3			
239 S1		240 PC1			
241 S2		242 PC2			
243 S3		244 RM1			
245 S4		246 RM2			
247 S5		248 URM			
249 S6		250 MH			
251 PUNTAJE BÁSICO					
252 W1		253 C1			
254 W1A		255 C2			
256 W2		257 C3			
258 S1		259 PC1			
260 S2		261 PC2			
262 S3		263 RM1			
264 S4		265 RM2			
266 S5		267 URM			
268 S6		269 MH			
270 PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMN					
271 W1		272 C1			
273 W1A		274 C2			
275 W2		276 C3			
277 S1		278 PC1			
279 S2		280 PC2			
281 S3		282 RM1			
283 S4		284 RM2			
285 S5		286 URM			
287 S6		288 MH			
289 GRADO DE REVISIÓN					
290 Exterior:		291 Interior:			
292 Ninguno		293 Completo			
294 Planos revisados:		295 Fuente del Tipo de suelo:			
296 Fuente del Peligro Geológico:		297 Personas de Contacto:			
298 Celular:		299 Correo:			
300 OTROS RIESGOS:					
301 Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?		302 Requiere evaluación estructural detallada?			
303 Golpeo Potencial (a menor que SL24hmt, si es conocido)		304 Peligro de caída de edificios adyacentes más altos			
305 Riesgo geológico o tipo de Suelo F		306 Daño significativo del sistema estructural			
307 ACCIÓN REQUERIDA:					
308 SI, tipo de refacción FEMA asociado a otro edificio		309 SI, puntaje menor que el ideal			
310 SI, otros peligros presentes		311 NO			
312 Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque con una X)					
313 SI, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados		314 No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada			
315 No, no se identifican peligros no estructurales		316 DNK= no conoce			
317 OBSERVACIONES					
318 FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN					
319 Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards - A Handbook, 3th edition, FEMA & NEHRP report, ATC, California					
320 Modificado por: Ing. Jacobo Miral					
321 Aprobado por: Ing. Jacobo Miral					
322 SHEP-HSDV1					

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Ilustración 8. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Baja sismicidad)

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

Level 1
LOW Seismicity

PHOTOGRAPH SKETCH	Address: _____ Zip: _____ Other Identifiers: _____ Building Name: _____ Use: _____ Latitude: _____ Longitude: _____ S: _____ S: _____ Screener(s): _____ Date/Time: _____ No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ ☐ EST 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 Stiff 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}																																																																																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>FEMA BUILDING TYPE</th> <th>Do Not Know</th> <th>W1</th> <th>W1A</th> <th>W2</th> <th>S1 (MRF)</th> <th>S2 (BR)</th> <th>S3 (LM)</th> <th>S4 (RC SW)</th> <th>S5 (URM INF)</th> <th>C1 (MRF)</th> <th>C2 (SW)</th> <th>C3 (URM INF)</th> <th>PC2 (TU)</th> <th>PC2</th> <th>RM1 (FD)</th> <th>RM2 (RD)</th> <th>URM</th> <th>MH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Basic Score</td> <td></td> <td>6.2</td> <td>5.9</td> <td>5.7</td> <td>3.8</td> <td>3.9</td> <td>4.4</td> <td>4.1</td> <td>4.5</td> <td>3.3</td> <td>4.2</td> <td>3.5</td> <td>3.8</td> <td>3.3</td> <td>3.7</td> <td>3.7</td> <td>3.2</td> <td>4.6</td> </tr> <tr> <td>Severe Vertical Irregularity, V_{LI}</td> <td></td> <td>-1.5</td> <td>-1.5</td> <td>-1.5</td> <td>-1.4</td> <td>-1.3</td> <td>-1.6</td> <td>-1.2</td> <td>-1.3</td> <td>-1.3</td> <td>-1.2</td> <td>-1.1</td> <td>-1.3</td> <td>-1.1</td> <td>-1.1</td> <td>-1.1</td> <td>-1.2</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Moderate Vertical Irregularity, V_{LI}</td> <td></td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.8</td> <td>-1.0</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Plan Irregularity, P_{LI}</td> <td></td> <td>-1.6</td> <td>-1.4</td> <td>-1.3</td> <td>-1.2</td> <td>-1.1</td> <td>-1.4</td> <td>-1.0</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-1.2</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-1.0</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Pre-Code</td> <td></td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Post-Benchmark</td> <td></td> <td>2.2</td> <td>2.4</td> <td>2.5</td> <td>2.0</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>2.1</td> <td>NA</td> <td>2.3</td> <td>2.2</td> <td>NA</td> <td>1.9</td> <td>2.6</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td>NA</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Soil Type A or B</td> <td></td> <td>0.9</td> <td>1.1</td> <td>1.3</td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> <td>0.8</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> <td>0.9</td> <td>1.2</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.3</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E (1-3 stories)</td> <td></td> <td>-1.2</td> <td>-1.7</td> <td>-2.3</td> <td>-1.2</td> <td>-1.4</td> <td>-1.0</td> <td>-1.7</td> <td>-2.0</td> <td>-1.4</td> <td>-2.0</td> <td>-1.6</td> <td>-1.7</td> <td>-1.6</td> <td>-1.7</td> <td>-1.7</td> <td>-1.5</td> <td>-2.1</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E (> 3 stories)</td> <td></td> <td>-1.7</td> <td>-2.0</td> <td>-2.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.4</td> <td>NA</td> <td>-1.7</td> <td>-1.9</td> <td>-1.3</td> <td>-1.9</td> <td>-1.6</td> <td>NA</td> <td>-1.6</td> <td>-1.6</td> <td>-1.7</td> <td>-1.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Minimum Score, S_{MIN}</td> <td></td> <td>2.7</td> <td>2.1</td> <td>1.5</td> <td>0.9</td> <td>0.8</td> <td>1.2</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>2.5</td> </tr> </tbody> </table>		FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC2 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH	Basic Score		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	Severe Vertical Irregularity, V_{LI}		-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-1.6	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	NA	Moderate Vertical Irregularity, V_{LI}		-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	Plan Irregularity, P_{LI}		-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-Code		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Post-Benchmark		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	Soil Type A or 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	Soil Type E (1-3 stories)		-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	Soil Type E (> 3 stories)		-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	Minimum Score, 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
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC2 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH																																																																																																																																																																																																
Basic Score		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																																																																																																																																																																																																
Severe Vertical Irregularity, V_{LI}		-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-1.6	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	NA																																																																																																																																																																																																
Moderate Vertical Irregularity, V_{LI}		-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																																																																																																																																																																																																
Plan Irregularity, P_{LI}		-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-Code		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA																																																																																																																																																																																																
Post-Benchmark		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																																																																																																																																																																																																
Soil Type A or 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																																																																																																																																																																																																
Soil Type E (1-3 stories)		-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																																																																																																																																																																																																
Soil Type E (> 3 stories)		-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																																																																																																																																																																																																
Minimum Score, 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 LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$:																																																																																																																																																																																																																		
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 $S_{L2} >$ 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: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm																																																																																																																																																																																																																		

Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

Ilustración 9. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Moderada sismicidad)

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

Level 1
MODERATE Seismicity

PHOTOGRAPH	Address: _____ Zip: _____ Other Identifiers: _____ Building Name: _____ Use: _____ Latitude: _____ Longitude: _____ S_s: _____ S_r: _____ Screener(s): _____ Date/Time: _____ No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ ☐ EST 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 Stiff 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
SKETCH	

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC2 (TU)	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH	
Basic Score		5.1	4.5	3.8	2.7	2.6	3.5	2.5	2.7	2.1	2.5	2.0	2.1	1.9	2.1	2.1	1.7	2.9
Severe Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Moderate Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Plan Irregularity, P _{L1}		-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-Code		-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
Post-Benchmark		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
Soil Type A or 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
Soil Type E (1-3 stories)		-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.7	-1.0	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.9
Soil Type E (> 3 stories)		-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
Minimum Score, 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 LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{MIN}:

EXTENT OF REVIEW			OTHER HAZARDS		ACTION REQUIRED	
Exterior: ☐ Partial ☐ All Sides ☐ Aerial Interior: ☐ None ☐ Visible ☐ Entered Drawings Reviewed: ☐ Yes ☐ No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? ☐ Pounding potential (unless S_{L2} > cut-off, if known) ☐ Falling hazards from taller adjacent building ☐ Geologic hazards or Soil Type F ☐ Significant damage/deterioration to the structural system	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				

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?

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

Nonstructural hazards? ☐ Yes ☐ No

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

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm
BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

Ilustración 10. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Moderadamente alta sismicidad)

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

Level 1
MODERATELY HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

Ss: _____ S: _____

Screener(s): _____ Date/Time: _____

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

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 Stiff 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	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	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	
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}	-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	
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}	-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	
Plan Irregularity, P_{L1}	-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-Code	-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	
Post-Benchmark	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	
Soil Type A or 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	
Soil Type E (1-3 stories)	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	
Soil Type E (> 3 stories)	-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	
Minimum Score, S_{MIN}	1.6	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 LEVEL 1 SCORE, $S_{L1} \geq S_{MIN}$:

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 $S_{L2} >$ 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: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm
BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

Ilustración 11. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Alta sismicidad)

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: _____ S_s: _____ S_r: _____ Screener(s): _____ Date/Time: _____ No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ ☐ EST Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____ Additions: ☐ None ☐ Yes, Year(s) Built: _____ Occupancy: <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Assembly</td> <td>Commercial</td> <td>Emer. Services</td> <td>☐ Historic</td> <td>☐ Shelter</td> </tr> <tr> <td>Industrial</td> <td>Office</td> <td>School</td> <td>☐ Government</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Utility</td> <td>Warehouse</td> <td>Residential, # Units:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> Soil Type: ☐ A Hard Rock ☐ B Avg Rock ☐ C Dense Soil ☐ D Stiff Soil ☐ E Soft Soil ☐ F Poor Soil ☐ DNK <i>If DNK, assume Type D.</i> 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.	Assembly	Commercial	Emer. Services	☐ Historic	☐ Shelter	Industrial	Office	School	☐ Government		Utility	Warehouse	Residential, # Units:		
Assembly	Commercial	Emer. Services	☐ Historic	☐ Shelter												
Industrial	Office	School	☐ Government													
Utility	Warehouse	Residential, # Units:														

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	
Severe Vertical Irregularity, V _{L1}	-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	
Moderate Vertical Irregularity, V _{L1}	-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	
Plan Irregularity, P _{L1}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA	
Pre-Code	-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	
Post-Benchmark	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	
Soil Type A or 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	
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	-0.6	-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	
Minimum Score, 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 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: _____	OTHER HAZARDS Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? ☐ Pounding potential (unless S _{L2} > 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

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED? ☐ Yes, Final Level 2 Score, S _{L2} _____ ☐ No Nonstructural hazards? ☐ Yes ☐ No			
--	--	--	--

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know			
Legend:	MRF = Moment-resisting frame BR = Braced frame	RC = Reinforced concrete SW = Shear wall	URM INF = Unreinforced masonry infill TU = Tilt up
			MH = Manufactured Housing LM = Light metal
			FD = Flexible diaphragm RD = Rigid diaphragm

Ilustración 12. Plantilla de inspección FEMA P-154 (Muy alta sismicidad)

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

Level 1
VERY HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH	Address: _____	
	Zip: _____	
	Other Identifiers: _____	
	Building Name: _____	
	Use: _____	
	Latitude: _____	Longitude: _____
	S _s : _____	S _r : _____
	Screener(s): _____ Date/Time: _____	
	No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ ☐ EST	
	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 Stiff 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:		
SKETCH		
☐ 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	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		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
Severe Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Moderate Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Plan Irregularity, P _{L1}		-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-Code		-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
Post-Benchmark		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
Soil Type A or B		0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1
Soil Type E (1-3 stories)		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
Soil Type E (> 3 stories)		-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
Minimum Score, 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 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: _____	OTHER HAZARDS Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? ☐ Pounding potential (unless S _{L2} > 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: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm
 BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

Tabla 4. Descripción de tipos de construcciones según FEMA P-154

Tipo de edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y rendimiento
W1 Estructura ligera de madera – o múltiple – viviendas familiares de uno o más pisos de altura.		(VH)=2,1 (H)=3,6 (MH)=4,1 (M)=5,1 (L)=6,2	Este tipo de edificaciones mostró un desempeño sísmico favorable en eventos pasados gracias a su ligereza y a las propiedades estructurales inherentes al sistema constructivo. Sin embargo, en edificaciones antiguas se identifican daños recurrentes asociados a deficiencias en la conexión entre la parte superior de la estructura y su base, así como a soportes inadecuados en elementos verticales frágiles como las chimeneas.
W1A Estructura ligera de madera de unidades múltiples, de varios pisos edificios de viviendas con áreas del plan en cada planta de más de 280 m2.		(VH)=1,9 (H)=3,2 (MH)=3,7 (M)=4,5 (L)=5,9	Los edificios tipo W1A, generalmente de uso residencial y ocasionalmente con locales comerciales en la planta baja, presentan grandes aberturas en su primer nivel para estacionamientos. Esta condición crea un piso blando que ha contribuido al bajo rendimiento estructural observado en eventos sísmicos anteriores.
W2 Estructura de madera, edificios comerciales e industriales con una superficie mayor de 470 m2.		(VH)=1,8 (H)=2,9 (MH)=3,2 (M)=3,8 (L)=5,7	En general, las estructuras de tipo comercial o industrial se componen de uno a tres pisos, aunque, de forma poco frecuente, pueden extenderse hasta seis plantas. Si estas edificaciones poseen una superficie construida inferior a 470 m², es posible que se clasifiquen como tipo W2.

Fuente: Federal Emergency. Management Agency (FEMA P-154). Table 3-1.

Tipo de edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y rendimiento
S1 Estructura de acero resistente a momento.		(VH)=1,5 (H)=2,1 (MH)=2,3 (M)=2,7 (L)=3,8	Los diafragmas de piso son generalmente de hormigón, a veces sobre cubiertas de acero. Este tipo estructural se utiliza para edificios comerciales, institucionales y públicos. La relativamente baja rigidez del marco puede conducir a un daño sustancial no estructural. Este edificio también podría tener un sistema de fuerza de resistencia sísmica de hormigón.
S2 Estructura de acero con marco arriostrado.		(VH)=1,4 (H)=0,2 (MH)=2,2 (M)=2,6 (L)=3,9	Debido a su alta rigidez, los marcos arriostrados se utilizan en edificios con configuración larga y estrecha. No obstante, durante sismos recientes se observaron daños estructurales localizados en las uniones y, en ciertos casos, en los apoyos, especialmente en los niveles más bajos del edificio.
S3 Estructura de acero ligero.		(VH)=1,6 (H)=2,6 (MH)=2,9 (M)=3,5 (L)=4,4	El sistema estructural por lo general consta de marcos momento en la dirección transversal y se preparó marcos en la dirección longitudinal, con hoja ondulada - revestimiento de metal. En algunas regiones, construcciones metálicas ligeras pueden tener paredes de mampostería parciales altura.
S4 Estructura de acero con muro de corte y acero reforzado.		(VH)=1,4 (H)=2,0 (MH)=2,2 (M)=2,5 (L)=4,1	La resistencia a las acciones laterales es proporcionada por muros de corte estratégicamente ubicados en los núcleos de circulación vertical, que frecuentemente se recubren con acabados arquitectónicos. En terremotos, estos muros pueden experimentar agrietamientos por cizalladura y concentraciones de tensión en zonas próximas a aberturas estructurales.
S5 Estructura de acero con paredes de relleno de mampostería no reforzada.		(VH)=1,2 (H)=1,7 (MH)=2,0 (M)=2,7 (L)=4,5	Las columnas de acero, al ser delgadas, pueden estar empotradas dentro de los muros. La fachada generalmente muestra mampostería vista con elementos verticales angostos entre ventanas, y algunos tramos de muro sólido se alinean verticalmente.

Fuente: Federal Emergency Management Agency (FEMA P-154). Table 3-1.

Tipo de edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y rendimiento
C1 Estructura de concreto resistente a momento.		(VH)=1,0 (H)=1,5 (MH)=1,7 (M)=2,1 (L)=3,3	Los marcos estructurales expuestos de concreto están adecuadamente reforzados, lo que la diferencia de los pórticos de acero sin recubrimiento de hormigón. El comportamiento sísmico de los marcos resistentes a momento de concreto depende en gran medida del detallado dúctil aplicado. Durante sismos, es posible que las columnas experimenten daños por impactos contra edificaciones adyacentes.
C2 Estructura de concreto con muros de corte.		(VH)=1,2 (H)=2,0 (MH)=2,1 (M)=2,5 (L)=4,2	Edificios muro de concreto generalmente se echaron en el lugar, y muestran signos típicos de hormigón in situ. Estos edificios generalmente se comportan mejor que edificios con estructura de hormigón
C3 Marcos de hormigón con paredes de relleno de mampostería no reforzada.		(VH)=0,9 (H)=1,2 (MH)=1,4 (M)=2,0 (L)=3,5	Las vigas y columnas de hormigón pueden tener espesor completo y quedar expuestas en las fachadas laterales y traseras. En el exterior, la mampostería suele estar a la vista, con muros angostos entre ventanas, menores a cuatro pies de ancho.
PC1 Edificios inclinados hacia arriba.		(VH)=1,1 (H)=1,6 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)=3,8	El techo puede estar conformado por un diafragma rígido de madera contrachapada sostenido por correas y vigas de madera laminada, o bien por una estructura metálica con láminas de acero y viguetas livianas, la cual se apoya internamente en columnas tubulares de acero.
PC2 Estructuras de concreto prefabricado.		(VH)=1,0 (H)=1,4 (MH)=1,5 (M)=1,9 (L)=3,3	Prefabricados de estructuras de hormigón son, en esencia, el correo y construcción de vigas de hormigón. Estructuras a menudo emplean muros de corte de hormigón o mampostería reforzada (de ladrillo o bloque). La corrosión de los conectores metálicos entre los elementos prefabricados puede ocurrir.

Fuente: Federal Emergency. Management Agency (FEMA P-154). Table 3-1.

Tipo de edificio	Fotografía	Puntuación básica	Características y rendimiento
RM1 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles.		(VH)=1,1 (H)=1,7 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)=3,7	Los muros están compuestos por ladrillo o bloque de hormigón. La rigidez de los diafragmas debe ser verificada mediante inspección interna. Si la estructura cuenta con refuerzo, relleno y anclajes adecuados, su comportamiento sísmico ante eventos moderados puede ser favorable.
RM2 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos.		(VH)=1,1 (H)=1,7 (MH)=1,8 (M)=2,1 (L)=3,7	Las paredes son de ladrillos o de bloques de hormigón. Se requiere una inspección interna para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos. La práctica de la construcción deficiente puede dar lugar a paredes de lechada de cemento y sin refuerzo, que van a fallar fácilmente.
URM Edificios de mampostería no reforzada.		(VH)=0,9 (H)=1,0 (MH)=1,2 (M)=1,7 (L)=3,2	Arcos son a menudo una característica arquitectónica de los edificios de ladrillo muro de carga mayores. Estos edificios de uso frecuente débil mortero de cal para unir las unidades de mampostería juntos. El rendimiento de este tipo de construcción es deficiente debido a la falta de anclaje de las paredes de los pisos y techos, mortero suave y muelles estrechos entre las aberturas de las ventanas.
MH Viviendas prefabricadas.		(VH)=1,4 (H)=1,8 (MH)=2,2 (M)=2,9 (L)=4,6	El origen del daño estructural suele estar asociado a la ausencia de una conexión base permanente o a un sistema adecuado de arriostramiento sismo-resistente (EC). En sismos moderados, la estructura puede deslizarse de sus soportes o colapsar sobre ellos, penetrando incluso el suelo.

Fuente: Federal Emergency. Management Agency (FEMA P-154). Table 3-1.

3.3.2 Análisis estático no lineal (Pushover)

Este método se aplicará a partir de información obtenida directamente en el lugar de estudio, mediante mediciones que permitan verificar las dimensiones y la ubicación de los elementos estructurales. Además, se complementará con datos técnicos extraídos de los planos disponibles, como la composición de los elementos, refuerzos, dosificaciones, recubrimientos y características del suelo. Con esta información se elaborará un modelo digital de la estructura, el cual será posteriormente analizado.

3.3.2.1 Detalle de dimensiones de elementos estructurales

Se rellenará la *Tabla 5. Tabla base de dimensiones de viga y columnas* con las respectivas dimensiones, además, se agregará el acero de refuerzo del elemento, el piso donde se encuentra el elemento y se colocará una ilustración de esta y su armado para su mejor entendimiento.

Tabla 5. Tabla base de dimensiones de vigas y columnas

Piso	Dimensiones	Acero de refuerzo	Ilustración
Fuente: Autor			

3.3.2.2 Configuración en planta

Se elaborará la configuración en planta de la estructura utilizando AutoCAD. Este dibujo permitirá representar con precisión la geometría del edificio, facilitando así el traslado de las dimensiones al software de análisis estructural. De esta manera, se podrá definir adecuadamente los límites, condiciones de contorno y elementos estructurales, asegurando una correcta modelación del sistema.

3.3.2.3 Cargas aplicadas a la estructura

3.3.2.3.1 Carga viva

Se adoptará un valor de carga viva según lo especificado en la NEC para las diversas ocupaciones de los pisos, los valores están detallados a continuación.

Tabla 6. Carga viva: Sobrecargas mínimas

Ocupación o Uso	Carga uniforme ($\frac{KN}{m^2}$)	Carga concentrada (KN)
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)		

3.3.2.4 Diseño de rótulas plásticas

Se tomará la norma ASCE 41-13, para el diseño de rotulas plásticas, tanto en vigas como en columnas. La *Tabla 7. Parámetros para procedimientos no lineales en vigas de concreto* muestran los datos necesarios para ingresar al programa SAP2000 y ETABS en las rotulas de las vigas, así mismo la *Tabla 8. Parámetros para procedimientos no lineales en columnas de concreto* muestra estos mismos datos, pero para las rotulas de las columnas.

Tabla 7. Parámetros para procedimientos no lineales en vigas de concreto

Conditions	Modeling Parameters					Acceptance Criteria		
				Plastic Rotation Angle (radians)				
				Performance Level				
	Plastic Rotation Angle (radians)	Residual Strength Ratio		IO	LS	CP		
Condition i. Beams controlled by flexure								
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Transverse reinforcement	$\frac{V^d}{b_w d \sqrt{f'c}}$						
≤ 0.0	C	≤ 3 (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6 (0.50)	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6 (0.50)	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6 (0.50)	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3 (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6 (0.50)	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.003	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.003	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span								
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.003	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.003	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint								
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03
Fuente: ASCE 41-13								

Tabla 8. Parámetros para procedimientos no lineales en columnas de concreto

			Modeling Parameters			Acceptance Criteria		
					Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle (radians)		
			Plastic Rotation Angle (radians)			Performance Level		
Conditions			a	b	c	IO	LS	CP
Condition i								
$\frac{P}{A_g * f'c}$	$\rho = \frac{A_y}{b_ws}$							
≤ 0.1	≥ 0.006		0.035	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006		0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≤ 0.1	$= 0.002$		0.027	0.034	0.2	0.005	0.027	0.034
≥ 0.6	$= 0.002$		0.005	0.005	0.0	0.002	0.004	0.005
Condition ii								
$\frac{P}{A_g * f'c}$	$\rho = \frac{A_y}{b_ws}$	$\frac{V^d}{b_wd\sqrt{f'c}}$						
≤ 0.1	≥ 0.006	≤ 3 (0.25)	0.032	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≤ 0.1	≥ 0.006	≥ 6 (0.50)	0.025	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006	≤ 3 (0.25)	0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≥ 0.6	≥ 0.006	≥ 6 (0.50)	0.008	0.008	0.0	0.003	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005	≤ 3 (0.25)	0.012	0.012	0.2	0.005	0.010	0.012
≤ 0.1	≤ 0.0005	≥ 6 (0.50)	0.006	0.006	0.0	0.004	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005	≤ 3 (0.25)	0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.004
≥ 0.6	≤ 0.0005	≥ 6 (0.50)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fuente: ASCE 41-13								

3.3.2.4.1 Rotulas en vigas

Se aplicarán las siguientes fórmulas que permitirán ingresar a la tabla correspondiente y obtener los valores a ingresar en los programas.

Factor de reducción

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c * 28}{7} \right)$$

$f'c$ = resistencia a compresión del hormigón

Coefficiente C

$$c = \frac{A_s * fy}{0,85 * f'c * \beta_1 * b_w}$$

A_s = área del acero de refuerzo a tracción

fy = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

b_w = ancho efectivo de la sección

β_1 = factor de reducción

$f'c$ = resistencia a compresión del hormigón

Profundidad del bloque de compresión

$$a = \beta_1 * c$$

β_1 = factor de reducción

c = distancia desde el borde comprimido de la sección hasta el eje neutro

Momento nominal resistente

$$M_y = A_s * fy * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

A_s = área del acero de refuerzo a tracción

fy = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

d = peralte (altura efectiva de la sección)

a = profundidad del bloque de compresión rectangular

Curvatura de fluencia

$$\theta_y = \frac{L * M_y}{6 * Ec * I}$$

L = longitud entre eje y eje

Ec = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia

M_y = momento nominal resistente

Cuantía de refuerzo a tracción

$$\rho = \frac{A_s}{b_w * d}$$

A_s = área del acero de refuerzo a tracción

b_w = ancho efectivo de la sección

d = peralte (altura efectiva de la sección)

Cuantía de refuerzo a compresión

$$\rho' = \frac{A_s'}{b_w * d}$$

A_s' = área del acero de refuerzo a compresión

b_w = ancho efectivo de la sección

d = peralte (altura efectiva de la sección)

Cuantía balanceada

$$\rho_{balanceado} = 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f'_y} * \left(\frac{0,003}{0,003 + \frac{f'_y}{E_s}} \right)$$

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

E_s = módulo de elasticidad del acero

β_1 = factor de reducción

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{balanceado}}$$

ρ = cuantía de refuerzo a tracción

ρ' = cuantía de refuerzo a compresión

$\rho_{balanceado}$ = cuantía balanceada

3.3.2.4.1.1 Condición I

$$\frac{d}{3} > \text{Separación de estribo}$$

d = peralte (altura efectiva de la sección)

Se verifica si la condición cumple o no, en caso de cumplir sería CONFORME y en caso de no cumplir NO CONFORME.

3.3.2.4.1.2 Condición II

$$V_s = \frac{2 * \text{Área del estribo} * f_y * d}{\text{Separación de estribo a estribo}} > \frac{3}{4} * V_d$$

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

d = peralte (altura efectiva de la sección)

V_d = demanda de corte

Se verifica si la condición cumple o no, en caso de cumplir sería CONFORME y en caso de no cumplir NO CONFORME.

Momentos resistentes

$$M_1 = M_2 = A_s * 1,25 * f_y * \left(d - \left(a * \frac{1,25}{2} \right) \right)$$

A_s = área del acero de refuerzo a tracción

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

d = peralte (altura efectiva de la sección)

a = profundidad del bloque de compresión rectangular

Cortante de diseño

$$V_d = \text{Cortante gravitacional} + \left(\frac{M_1 + M_2}{L} \right)$$

L = longitud entre eje y eje

$M_1 = M_2$ = momentos resistentes

El cortante gravitacional es un dato que se encuentra en el programa SAP2000 al modelar la estructura.

Se calcula el intervalo de fórmulas para ubicarse en la tabla.

Cortante relativa

$$\frac{V_d}{b_w * d * \sqrt{f'_c}}$$

b_w = ancho efectivo de la sección

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

V_d = cortante de diseño

Con esta información se ubicará dentro de la *Ilustración 5. Parámetros y criterios de aceptación para procedimientos no lineales en vigas de concreto* para establecer los datos para la rótula.

Momento último

$$M_u = M_y + a * E_c * \left(\frac{I}{L} \right) * (c - \theta_y)$$

M_y = momento nominal resistente

a = profundidad del bloque de compresión rectangular

E_c = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia

L = longitud entre eje y eje

c = distancia desde el borde comprimido de la sección hasta el eje neutro

θ_y = curvatura de fluencia

3.3.2.4.2 Rotulas en columnas

Carga axial máxima (Pu)

Pu = el valor se encuentra en el SAP2000

Valor de β_c

$$\beta_c = \frac{d'}{d}$$

d = peralte (altura efectiva de la sección)

d' = distancia desde la fibra extrema comprimida hasta el centroide del acero de compresión

Deformación de fluencia del acero (ϵ_y)

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

E_s = módulo de elasticidad del acero

Valor de α_y

$$\alpha_y = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_o}$$

ε_y = deformación de fluencia del acero

$\varepsilon_0 = 0.003$ = deformación máxima a compresión del concreto

Valor de η_0

$$\eta_0 = \frac{P_u}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

P_u = carga axial máxima

b = base de la columna

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

Cuantía a tensión (ρ_t)

$$\rho_t = \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

A_s = área del acero de refuerzo a tracción

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

b = base de la columna

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

Cuantía a compresión ($\rho_{t'}$)

$$\rho_{t'} = \frac{A_s' \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

A_s' = área del acero de refuerzo a compresión

f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

b = base de la columna

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

Coefficiente de corrección o ajuste

$$C_2 = 1 + \frac{0.45}{(0.84 + \rho_t)}$$

ρ_t = cuantía a tensión

Coefficiente K

$$k = \sqrt{(\rho_t + \rho_{t'})^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot \alpha_y^2} + (\rho_t + \beta_1 \cdot \rho_{t'}) \cdot \frac{1}{\alpha_y} - (\rho_t + \rho_{t'}) \cdot \frac{1}{2 \cdot \alpha_y}}$$

ρ_t = cuantía a tensión

$\rho_{t'}$ = cuantía a compresión

α_y = factor de reducción del acero

β_1 = factor de resistencia a la compresión del concreto

Curvatura

$$\phi_y = \left(1.05 + (c_2 - 1.05) \cdot \frac{\eta_0}{0.03} \right) \cdot \frac{\varepsilon_y}{(1 - k) \cdot d}$$

c_2 = coeficiente de ajuste

ε_y = deformación del acero

d = peralte (altura efectiva de la sección)

k = coeficiente

Deformación del concreto

$$\varepsilon_c = \phi_y \cdot d - \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_c < 0.004$$

d = peralte (altura efectiva de la sección)

ε_y = deformación del acero

ϕ_y = curvatura

Coeficiente de eficiencia

$$\eta = \frac{0,75}{1 + \alpha_y} \cdot \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^{0,7}$$

α_y = factor de reducción del acero

ε_c = deformación del concreto

ε_0 = deformación máxima a compresión del concreto

Factor de reducción del concreto

$$\alpha_c = (1 - \beta_c) \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_y} - \beta_c \quad \text{el resultado debe ser } \leq 1$$

ε_c = deformación del concreto

ε_y = deformación del acero

β_c = relación de profundidad del acero a compresión

Si el resultado da un valor mayor que 1, se limita a 1 para evitar sobrestimar la capacidad.

Momento máximo de fluencia

$$M_y = 0,5 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2 \cdot ((1 + \beta_c - \eta) \cdot \eta_0 + (2 - \eta) \cdot \rho_t + (\eta - 2 \cdot \beta_c) \cdot \alpha_c \cdot \rho_t')$$

b = base de la columna

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

ρ_t = Cuantía a compresión

β_c = coeficiente de eficiencia

η = coeficiente de eficiencia

Valor de rotación de fluencia

$$\theta_y = \frac{L \cdot M_y}{9 \cdot E_c \cdot I}$$

I = inercia

L = longitud entre eje y eje

E_c = módulo de elasticidad del concreto

M_y = momento máximo de fluencia

3.3.2.4.2.1 Condición I

$$\frac{P_u}{A_g \cdot f'_c}$$

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

P_u = carga axial máxima

A_g = área gruesa

$$\rho = \frac{A_v}{b \cdot s}$$

b = base de la columna

s = separación de estribos

A_v = área del acero transversal

3.3.2.4.2.2 Condición II

$$\frac{P_u}{A_g \cdot f'_c}$$

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

P_u = carga axial máxima

A_g = área gruesa

$$\rho = \frac{A_v}{b \cdot s}$$

b = base de la columna

S= Separación de estribos

A_v = área del acero transversal

$$\frac{v \cdot 0,11954}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}}$$

b = base de la columna

d = peralte (altura efectiva de la sección)

f'_c = resistencia a compresión del hormigón

v = cortante gravitacional

Se toma el valor más bajo de las condiciones establecidas, este permite identificar los parámetros adecuados para representar la rótula plástica de la columna.

$$\theta_u = \theta_y + a$$

θ_y = *valor de rotación de fluencia*

a = *profundidad del bloque de compresión*

Calcular el momento último

$$M_U = M_y + 0,05 \cdot \varepsilon_c \cdot I(\theta_u - \theta_y)$$

θ_y = *rotación de fluencia*

θ_u = *rotación última de la rótula plástica*

ε_c = deformación del concreto

I = inercia

M_y = momento máximo de fluencia

3.3.2.5 Niveles de amenaza sísmica

Se considerarán los niveles de amenaza sísmica de la *Tabla 9. Niveles de amenaza sísmica* con el fin de someter la estructura a dichas condiciones y analizar su comportamiento ante eventos sísmicos representativos. Esto permitirá evaluar su capacidad de respuesta y determinar posibles vulnerabilidades estructurales.

Tabla 9. Niveles de amenaza sísmica

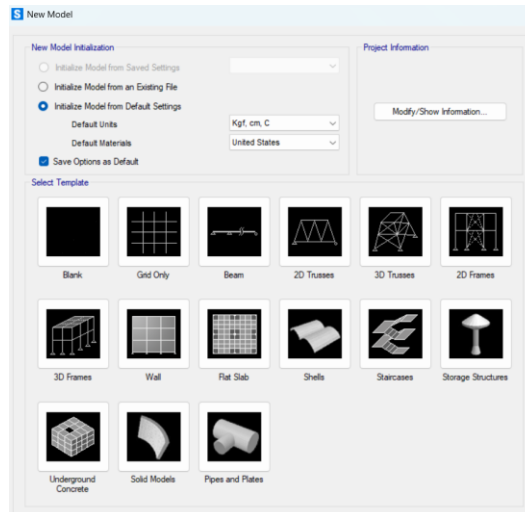
Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno T_r(años)	Tasa anual de excedencia $\left(\frac{1}{T_r}\right)$
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2500	0.00040
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)				

3.3.2.6 Modelación

En el siguiente apartado se establecerá el procedimiento para integrar toda la información recopilada, incluyendo planos, datos de campo y disposiciones normativas, en los programas SAP2000 y ETABS. Esta integración permitirá la correcta modelación de la estructura, paso previo fundamental para la ejecución del análisis estático no lineal.

Se empieza asignando las unidades correspondientes y la plantilla a utilizar. Esto se encuentra al abrir el programa, clic en “File” y luego en “New Model” (Ver *Figura 1*).

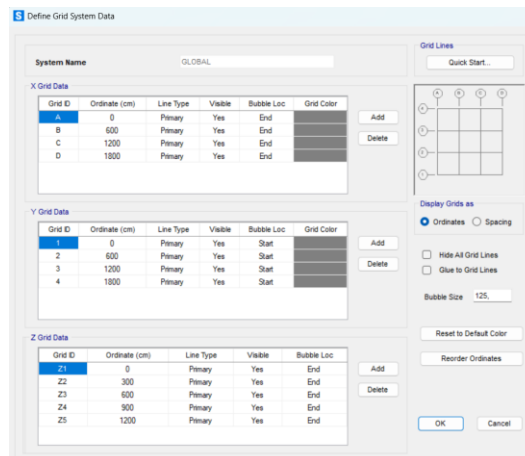
Figura 1. Elección del tipo de modelo



Fuente: Autor

Seguidamente, se debe modificar la grilla según las dimensiones de la estructura tanto en planta como en elevación (Ver *Figura 2*).

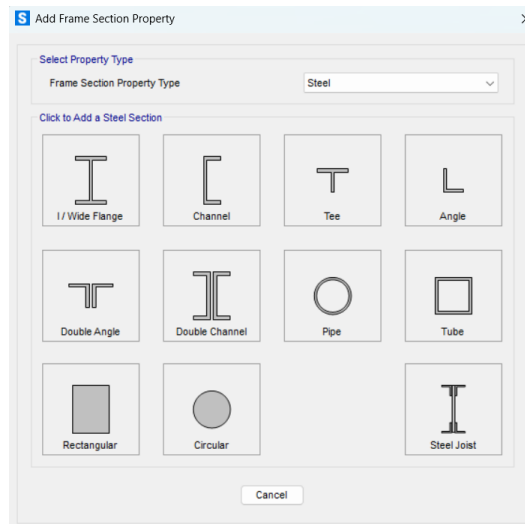
Figura 2. Creación de grillas



Fuente: Autor

Se definen las secciones de vigas y de columnas de acuerdo a la estructura, ya sean de concreto o de acero. Esto se encuentra en la pestaña “Define”, dando clic en “Section Properties” y luego “Frame sections” (Ver *Figura 3*).

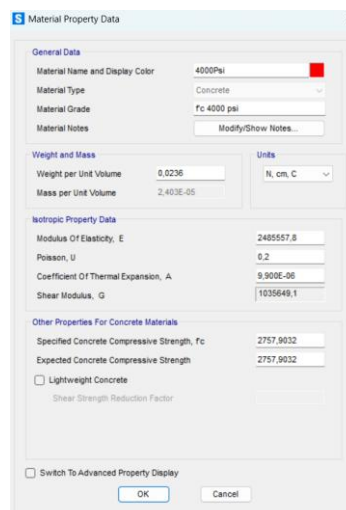
Figura 3. Tipo de elemento



Fuente: Autor

Luego de definir las secciones de vigas y columnas se asignan propiedades a los materiales, es decir, al concreto. Esto se encuentra en la pestaña “Define” y luego “Materials” (Ver *Figura 4*).

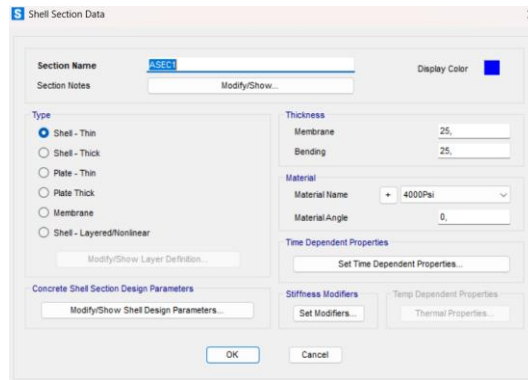
Figura 4. Propiedades del concreto y del acero



Fuente: Autor

Se define la losa con la que se trabajará, agregando su espesor, material y tipo. Esto se encuentra en la pestaña “Define”, “Section Properties” y luego “Area Sections” (Ver *Figura 5*).

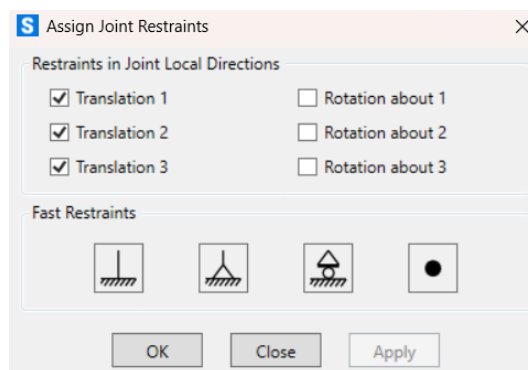
Figura 5. Definición de losa



Fuente: Autor

El siguiente paso es restringir la base de la estructura, se encuentra la opción de empotramiento, fijo, móvil, entre otras. Esto se encuentra en la pestaña “Assign”, “Joint” y luego “Restraints” (Ver *Figura 6*).

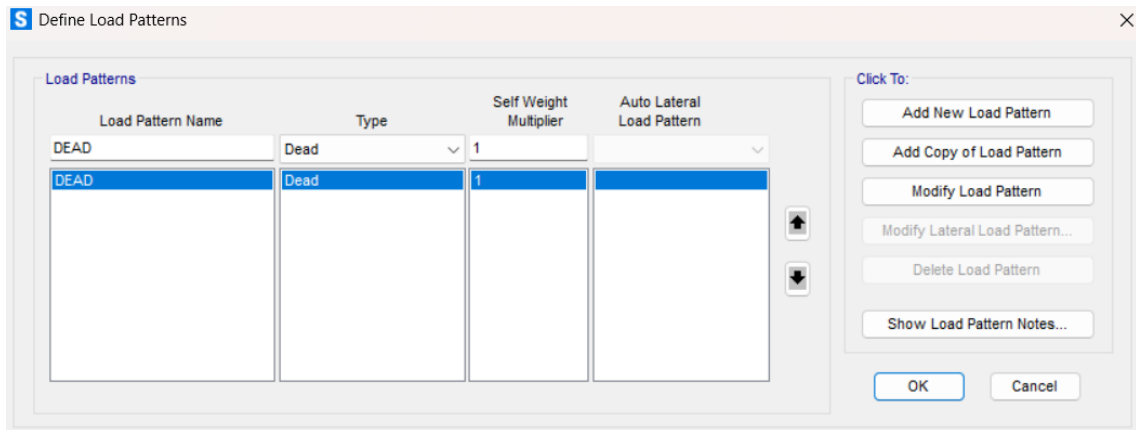
Figura 6. Asignar restricciones



Fuente: Autor

Se definen los patrones de carga correspondientes, como la viva, muerta, sobrecarga, peso propio y las sísmica en “x” y “y”. Esto se encuentra en la pestaña “Define” y luego “Load Patterns” (Ver *Figura 7*).

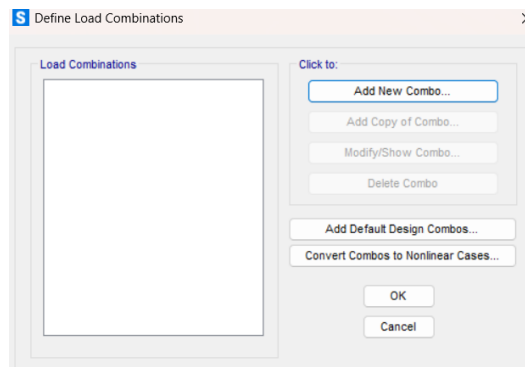
Figura 7. Definir patrones de carga



Fuente: Autor

Luego se define las combinaciones o combos de carga y resistencia según el método LRFD. Esta se encuentra en la pestaña “Define” y luego “Load Combinations” (Ver *Figura 8*).

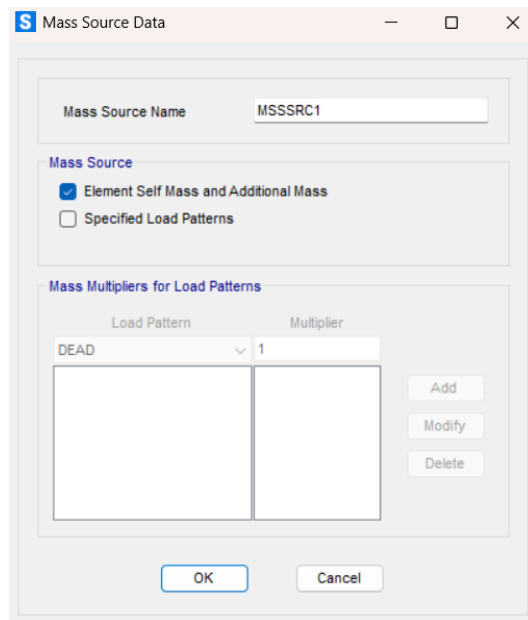
Figura 8. Definir combinaciones de carga



Fuente: Autor

Seguidamente se define la masa reactiva para el cálculo de la fuerza sísmica. Esto se encuentra en la pestaña “Define” y luego “Mass Source” (Ver *Figura 9*).

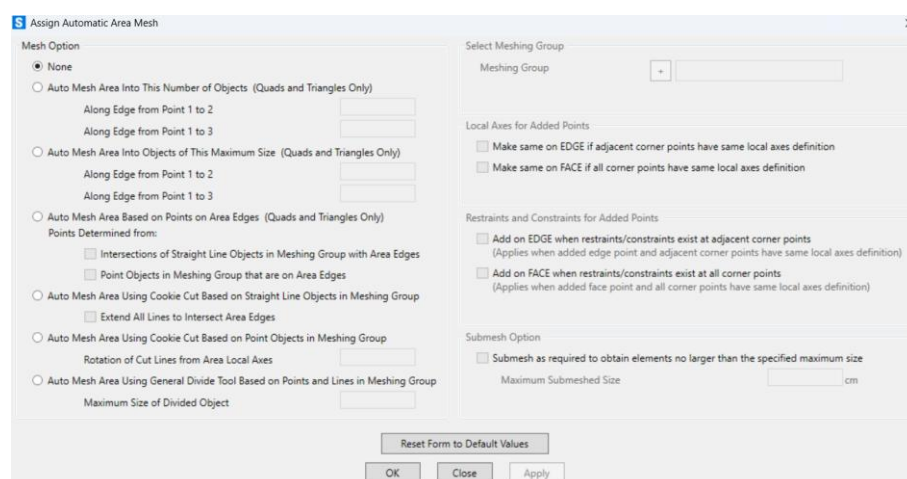
Figura 9. Definir masa reactiva



Fuente: Autor

Se asigna el área de malla, colocando un tamaño en particular que facilite la distribución de cargas y permita un mejor análisis de la estructura. Esta se encuentra en la pestaña “Assign”, “Area” para finalmente dar clic en “Automatic Area Mesh” (Ver *Figura 10*).

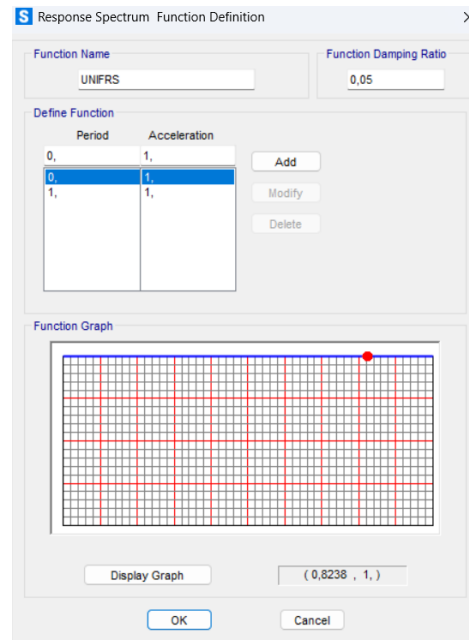
Figura 10. Asignación de malla



Fuente: Autor

Se ingresarán los espectros de respuesta correspondiente al tipo de suelo de la zona de estudio. Esto se encuentra en la pestaña “Define”, luego “Functions” y finalmente “Response Spectrum” (Ver *Figura 11*).

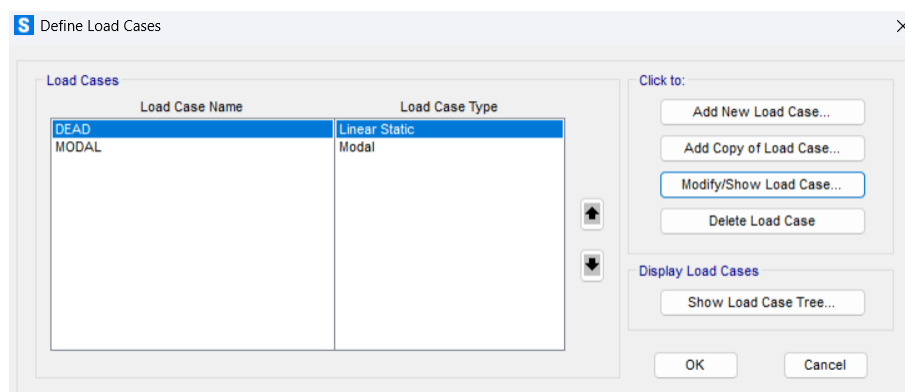
Figura 11. Espectros de respuesta



Fuente: Autor

Se definen los estados de carga perteneciente al análisis estático no lineal, uno gravitacional y los otros correspondientes a la dirección “x” y “y”. Esto se encuentra en la pestaña “Define” y luego “Load Cases” (Ver *Figura 12*).

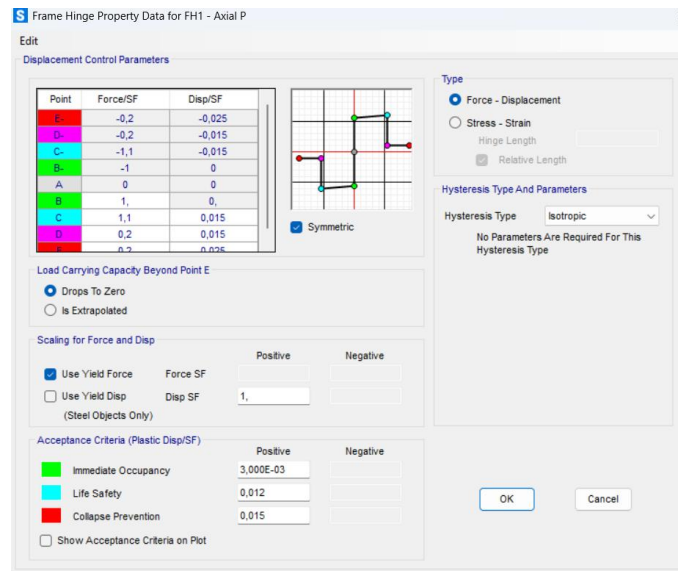
Figura 12. Definir casos de cargas



Fuente: Autor

Luego se colocan los valores ya calculados anteriormente en las rotulas plásticas tanto en vigas como columnas. Esto se encuentra en la pestaña “Define”, luego “Section Properties” y “Hinge Properties” (Ver *Figura 13*).

Figura 13. Asignar las rotulas plásticas en vigas y columnas



Fuente: Autor

4. CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Inspección Visual Rápida

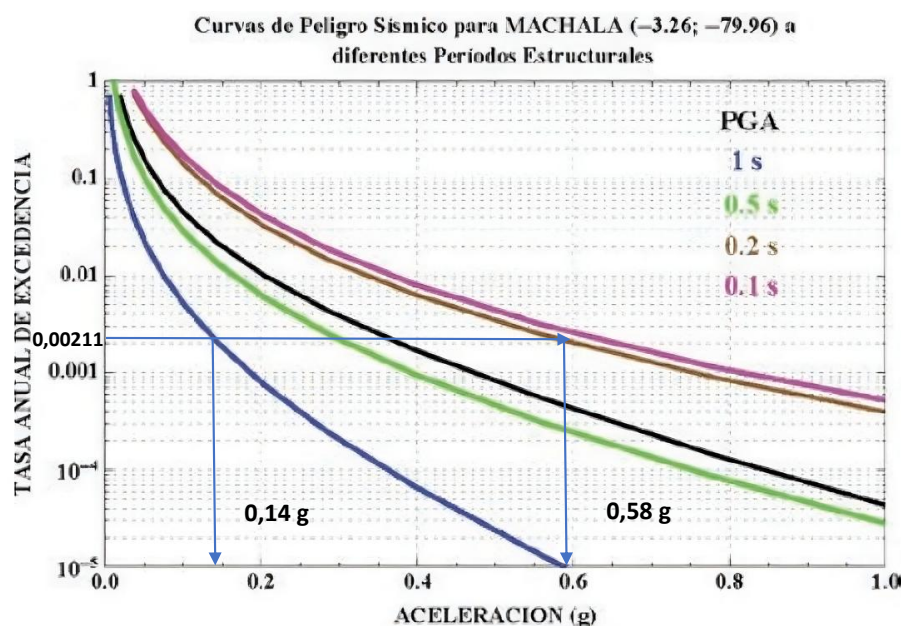
Para seleccionar el tipo de formulario, se debe considerar la zona en la que se encuentra ubicado el objeto de estudio. Esta elección se fundamenta en el mapa de zonificación sísmica, el cual ha sido elaborado a partir de un estudio de peligro sísmico correspondiente a un período de retorno de 475 años. En primer lugar, se define el nivel de desempeño estructural según la *Tabla 10. Síntesis de la filosofía de diseño*; en este caso, se considera el nivel de colapso, por lo que se selecciona la tasa anual de excedencia correspondiente a dicho nivel.

Tabla 10. Síntesis de la filosofía de diseño

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Elementos estructurales	Elementos no estructurales	Tasa anual de excedencia
Servicio	Ningún daño	Ningún daño	0.023
Daño	Ningún daño	Daños	0.01389
Colapso	Cierto grado de daño	Daños considerables	0.00211
Fuente: NEC-SE-DS 2015			

Luego, se traza el valor de la tasa anual de excedencia en la curva de peligro sísmico correspondiente a los períodos estructurales de 0,2 segundos y 1 segundo. Como resultado, se obtiene un valor de $S_s = 0,58$ g para un período de 0,2 segundos, mientras que, para un período de 1 segundo, el valor es $S_1 = 0,14$ g, como se muestra en la *Ilustración 13. Curva de Peligro Sísmico para MACHALA*.

Ilustración 13. Curvas de Peligro Sísmico para MACHALA



Fuente: Autor

La metodología FEMA P-154 establece cinco tipos de formularios para la evaluación de estructuras, los cuales deben seleccionarse en función del nivel de amenaza sísmica de la región. En este caso, dado que el valor de $S_s = 0,58g$ se encuentra dentro del rango 0,50 a 1,00g, y el valor de $S_1 = 0,14g$ se ubica entre 0,20 y 0,40g, se determina que corresponde utilizar un formulario de región sísmica moderadamente alta, según la *Tabla 11. Formulario de región sísmica según FEMA P-154*.

Tabla 11. Formulario de región sísmica según FEMA P-154

Formulario de Región sísmica	Respuesta de aceleración espectral, S_s (período corto o 0.2 segundos)	Respuesta de aceleración espectral, S_1 (período largo o 1.0 segundo)
Baja	menos de 0.25g	menor de 0.10g
Moderada	mayor o igual a 0.25g pero menor a 0.50g	mayor o igual a 0.10g pero menor a 0.20g
Moderadamente Alta	mayor o igual a 0.50g pero menor a 1.00g	mayor o igual a 0.20g pero menor a 0.40g
Alta	mayor o igual a 1.00g pero menor a 1.50g	mayor o igual a 0.40g pero menor a 0.60g
Muy Alta	mayor o igual a 1.50g	mayor o igual a 0.60g
Notas: g=aceleración de la gravedad en dirección horizontal		
Fuente: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (FEMA P-154)		

Una vez determinado el tipo de formulario a utilizar, se procede con el llenado sistemático de información tanto en el formulario FEMA P-154 como en el formulario de la NEC, el cual ha sido desarrollado con base en el modelo de evaluación rápida propuesto por la FEMA. Este análisis comparativo entre ambos instrumentos tiene como objetivo identificar las diferencias metodológicas, técnicas y normativas existentes entre los dos modelos, especialmente en cuanto a los criterios de evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Durante el proceso, se recopila información visual relevante sobre la edificación, como su tipología estructural, número de pisos, año de construcción, tipo de suelo, irregularidades geométricas, estado de los elementos no estructurales, entre otros factores. Esta información permite determinar si existen condiciones de vulnerabilidad sísmica evidentes en la estructura analizada.

Adicionalmente, el uso simultáneo de ambos formularios permite evaluar la coherencia y nivel de exigencia de cada normativa, así como su aplicabilidad en contextos urbanos locales. Esto resulta útil no solo para fines de diagnóstico técnico, sino también como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en procesos de mitigación del riesgo sísmico.

Ilustración 14. Planilla de inspección NEC completada

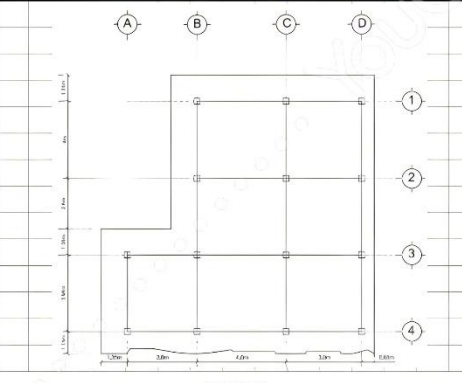
[illegible]

Fuente: Autor

Ilustración 15. Planilla de inspección FEMA P-154 completada

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

Level 1 MODERATELY HIGH Seismicity

		Address: <u>DNK</u>																
		Zip: <u>DNK</u>																
Other Identifiers: <u>DNK</u>		Building Name: <u>DNK</u>																
Use: <u>Multifamiliar</u>		Latitude: <u>DNK</u> Longitude: <u>DNK</u>																
S ₁ : <u>0.58g</u> S ₂ : <u>0.14g</u>		Screener(s): <u>Santiago Javier Bustamante Jimenez</u> Date/Time: <u>21/06/2025; 13:00 pm</u>																
No. Stories: Above Grade: <u>4</u> Below Grade: <u>0</u> Year Built: <u>2009</u> ☐ EST		Total Floor Area (sq. ft.): <u>1796.227</u> Code Year: <u>2001</u>																
Additions: ☐ None ☒ Yes, Year(s) Built: <u>3</u>		Occupancy: ☐ Assembly ☐ Commercial ☐ Emer. Services ☐ Historic ☐ Shelter ☐ Industrial ☐ Office ☐ School ☐ Government ☐ Utility ☐ Warehouse ☒ Residential, # Units: <u>6</u>																
Soil Type: ☐ A Hard Rock ☐ B Avg Rock ☐ C Dense Soil ☒ D Stiff Soil ☐ E Soft Soil ☐ F Poor Soil ☐ DNK 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) <u>Tipo 2. Retroceso excesivo en las esquinas</u>																
Exterior Falling Hazards: ☐ Unbraced Chimneys ☐ Heavy Cladding or Heavy Veneer ☐ Parapets ☐ Appendages ☐ Other		COMMENTS: El edificio tuvo cambios durante su construcción, sin embargo, los elementos estructurales no se vieron modificados.																
 SKETCH		☐ 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	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		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
Severe Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Moderate Vertical Irregularity, V _{L1}		-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
Plan Irregularity, P _{L1}		-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-Code		-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
Post-Benchmark		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
Soil Type A or 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
Soil Type E (1-3 stories)		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
Soil Type E (> 3 stories)		-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
Minimum Score, S _{MIN}		1.6	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 LEVEL 1 SCORE, S _{L1} ≥ S _{MIN} : 0.6																		
EXTENT OF REVIEW Exterior: ☒ Partial ☐ All Sides ☐ Aerial Interior: ☐ None ☒ Visible ☐ Entered Drawings Reviewed: ☒ Yes ☐ No Soil Type Source: <u>EST</u> Geologic Hazards Source: <u>EST</u> Contact Person: <u>DNK</u>				OTHER HAZARDS Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? ☒ Pounding potential (unless S _{L2} > 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										
LEVEL 2 SCREENING PERFORMED? ☐ Yes, Final Level 2 Score, S _{L2} ☒ No Nonstructural hazards? ☐ Yes ☒ No																		
Where information cannot be verified, screener shall note the following: <u>EST</u> = Estimated or unreliable data <u>OR</u> <u>DNK</u> = Do Not Know																		
Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm																		

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos en ambos formularios, FEMA P-154 y el modelo adaptado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), coinciden en el diagnóstico: la edificación cumple con los parámetros mínimos establecidos para su tipología estructural, con un puntaje de 0.6 y 1 respectivamente. No obstante, la adición de un piso adicional posterior a la construcción original representa un cambio significativo en las condiciones estructurales, el cual podría modificar de manera importante la respuesta sísmica global del edificio. Por esta razón, ambos enfoques coinciden en la necesidad de realizar un análisis estructural más detallado, mediante un modelo estructural computacional.

Respecto a la diferencia entre ambos formularios, si bien en ambos la estructura obtiene una evaluación favorable, en el formulario FEMA P-154 el puntaje final fue más bajo. Esto se debe a la diferencia en los criterios normativos utilizados, ya que el FEMA P-154 es un manual de origen estadounidense con clasificaciones de tipo precódigo y poscódigo más abiertas, lo cual deja mayor margen de decisión al criterio del evaluador. En cambio, el formulario adaptado por la NEC está específicamente ajustado a las condiciones normativas y constructivas del contexto ecuatoriano, por lo que los rangos de años asociados a la normativa sísmica vigente ya están definidos y normalizados, reduciendo la variabilidad en la calificación. Esta diferencia metodológica evidencia cómo la adaptación local de un formato internacional permite una evaluación más contextualizada y alineada con la evolución normativa del país, sin perder la esencia de simplicidad y rapidez del método original.

4.1.2 Análisis dinámico espectral, sísmico estático y no lineal estático

4.1.2.1 Propiedades y dimensiones de los documentos estructurales que conforma la estructura

- Resistencia a la compresión del concreto corresponde a $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para vigas, columnas y losa
- Fluencia de acero $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

La estructura cuenta con vigas de hormigón armado con dimensiones uniformes de 30 x 20 cm, dispuestas en los ejes X y Y a lo largo de todos los niveles. Estas vigas están reforzadas con barras de acero de 14 mm y 12 mm de diámetro, tanto en la parte superior como en la inferior, y utilizan estribos de 8 mm para el confinamiento. La longitud de las

vigas varía en función de la distancia libre entre columnas. Esta información se encuentra tabulada en la *Tabla 12. Dimensiones de vigas por piso.*

Tabla 12. Dimensiones de vigas por piso

Dimensiones	Acero de refuerzo	Ilustración
30 cm x 20 cm	• 4 Ø 14 mm ○ 2 Ø 12 mm Est. Ø 8 mm. c/10 cm. L/4. Est. Ø 8 mm. c/20 cm. Al centro.	Estribo Ø 8mm. c/10cm. L/4. Estribo Ø 8mm. c/20 cm. al centro.

Fuente: Autor

La estructura cuenta con columnas de hormigón armado cuyas dimensiones varían según el nivel de la edificación. Estas columnas están reforzadas con barras de acero de 14 mm y 12 mm de diámetro, tanto en la parte superior como en la inferior, y cuentan con estribos de 8 mm para el confinamiento transversal. Las dimensiones específicas de las columnas en cada nivel se detallan en la *Tabla 13. Dimensiones de columnas por piso.*

Tabla 13. Dimensiones de columnas por piso

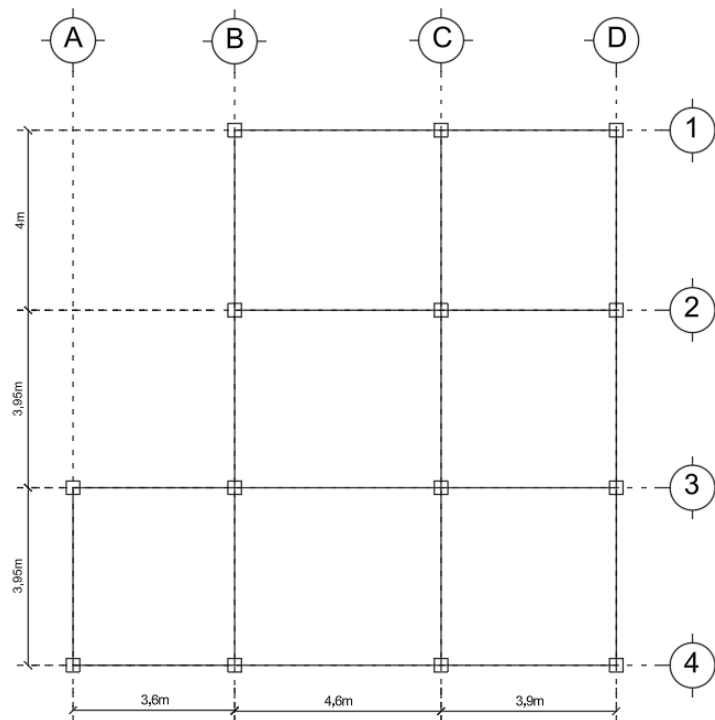
Piso	Dimensiones	Acero de refuerzo	Ilustración
Planta baja	30 cm x 30 cm	• 4 Ø 14 mm ○ 4 Ø 12 mm Est. Ø 8 mm. c/10 cm. h/3. Est. Ø 8 mm. c/20 toda la columna Est. Ø 8 mm. c/20 cm. Al centro.	Estribo Ø 8mm. c/10cm. h/3. Estribo Ø 8mm. c/20 toda la columna. Estribo Ø 8mm. c/20 cm. al centro.
Planta baja	30 cm x 30 cm	• 4 Ø 14 mm ○ 4 Ø 12 mm Est. Ø 8 mm. c/10 cm. h/3. Est. Ø 8 mm. c/20 cm. Al centro.	Estribo Ø 8mm. c/10cm. h/3. Estribo Ø 8mm. c/20 cm. al centro.
Planta alta	25 cm x 25 cm	• 4 Ø 14 mm ○ 2 Ø 12 mm Est. Ø 8 mm. c/10 cm. h/3. Est. Ø 8 mm. c/20 cm. Al centro.	Estribo Ø 8mm. c/10cm. h/3. Estribo Ø 8mm. c/20 cm. al centro.

Fuente: Autor

4.1.2.2 Configuración en planta y elevación

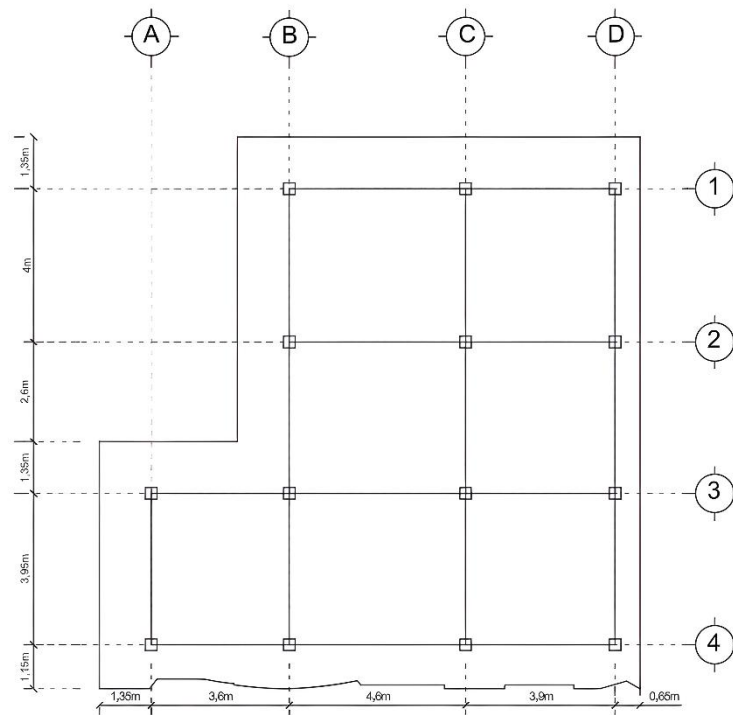
En las siguientes ilustraciones se presenta la configuración en planta de la estructura, la cual resulta de gran importancia al momento de modelar en programas de análisis estructural (Ver *Ilustración 16, 17 y 18*). Esta configuración permite identificar la distribución espacial de los elementos estructurales, así como las dimensiones generales y posibles irregularidades geométricas que podrían influir en el comportamiento sísmico o estructural del edificio. Contar con un plano de planta preciso es fundamental para garantizar un modelado correcto y coherente con las condiciones reales del proyecto.

Ilustración 16. Configuración en planta: Planta baja



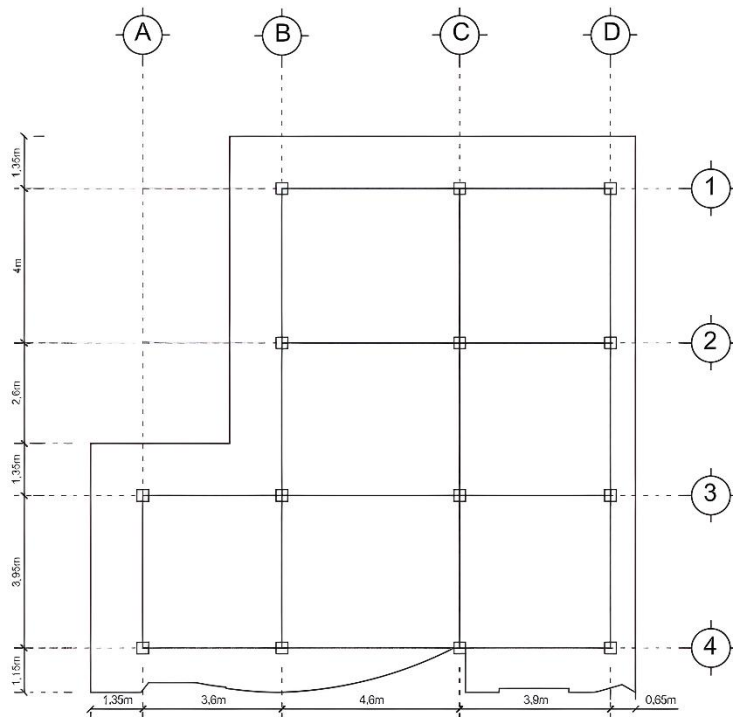
Fuente: Autor

Ilustración 17. Configuración en planta: Planta alta 1, 2 y 3



Fuente Autor

Ilustración 18: Configuración en planta: Cubierta



Fuente: Autor

4.1.2.3 Cargas aplicadas a la estructura

En la *Tabla 14. Cargas vivas y sobrecargas por piso*, se presentan las cargas asignadas a cada uno de los niveles de la estructura. Estas cargas fueron determinadas en función del uso previsto de cada planta, siguiendo los lineamientos establecidos en la NEC. La correcta asignación de estas cargas es fundamental para garantizar un análisis estructural preciso, ya que influyen directamente en el diseño de los elementos portantes, como vigas, losas y columnas. Además, permiten representar adecuadamente las solicitaciones que actuará la edificación durante su vida útil.

Tabla 14. Cargas vivas y sobrecargas por piso

Piso	Carga viva ($\frac{KN}{m^2}$)	Sobrecarga ($\frac{Kg}{m^2}$)
Planta alta 1	2.00	350.00
Planta alta 2	2.00	350.00
Planta alta 3	2.00	350.00
Cubierta	0.70	0.00

Fuente: Autor

4.1.2.4 Coeficientes para espectro inelástico

Para el análisis dinámico de la estructura, se ha considerado un suelo blando tipo D, según la clasificación establecida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Esta clasificación corresponde a suelos con baja rigidez, lo cual influye de manera significativa en la forma del espectro de aceleraciones, incrementando la demanda sísmica para ciertos periodos estructurales. Este valor será determinante para la correcta definición del espectro de diseño para la ciudad de Machala, la cual, conforme a la zonificación sísmica nacional, se encuentra ubicada en la Zona Sísmica V. En la *Tabla 15. Coeficientes de perfil de suelo* se presentan los valores de coeficiente del espectro elástico.

Tabla 15. Coeficientes de perfil de suelo

F_a	1,2
F_d	1,19
F_s	1,28
Fuente: Autor	

En la *Tabla 16. Factores de modificación estructural y sísmica* se seleccionaron los valores correspondientes de acuerdo con las características del edificio. Estos factores se utilizarán posteriormente para la construcción del espectro de diseño inelástico. Por otro lado, en la *Tabla 17. Tipo de uso, destino e importancia*, se identifica el tipo de edificación y se selecciona el coeficiente de importancia (I) adecuado según su función y ocupación. Asimismo, en la *Tabla 18. Criterios de definición del coeficiente de reducción sísmica (R)*, se determina el valor de R en función del sistema estructural empleado en la edificación. Finalmente, en la *Tabla 19. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural*, se verifica la existencia de posibles irregularidades en planta o en altura, a fin de asignar los coeficientes correctivos correspondientes, en caso de que aplique.

Tabla 16. Factores de modificación estructural y sísmica

I	1
Φ_p	0.9
Φ_e	1
R	8
Fuente: Autor	

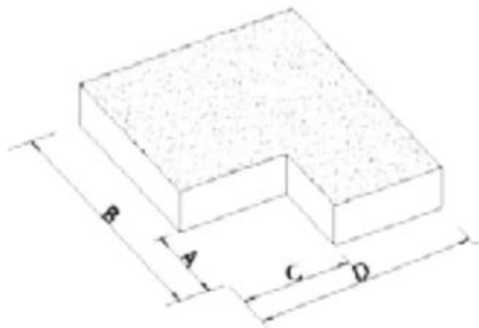
Tabla 17. Tipo de uso, destino e importancia

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar Continuamente.	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1
Fuente: NEC-SE-DS 2015		

Tabla 18. Criterios de definición del coeficiente de reducción sísmica (R)

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Fuente: NEC-SE-DS 2015	

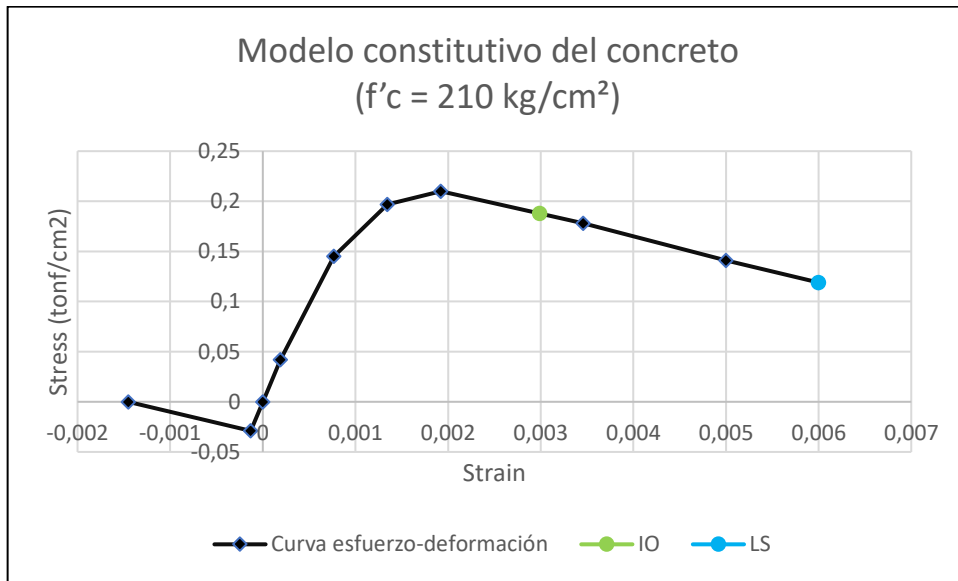
Tabla 19. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural

Configuración en planta $\phi_{pi} = 0.9$	
La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.	
Fuente: NEC-SE-DS 2015	

4.1.2.5 Curva esfuerzo-deformación del concreto y del acero de refuerzo

La *Ilustración 19. Modelo de Mander*, muestra a la curva del concreto de resistencia a la compresión de $210 \frac{kg}{cm^2}$, con comportamiento frágil característico. En la zona de tracción, el concreto alcanza un esfuerzo muy bajo antes de perder rápidamente su capacidad portante, mientras que en compresión desarrolla una rama ascendente curva hasta su valor máximo, seguido de una disminución gradual del esfuerzo conforme aumenta la deformación, representando el ablandamiento típico del concreto. Se observan los estados IO, LS en la rama de compresión, los cuales indican los niveles de deterioro progresivo del material.

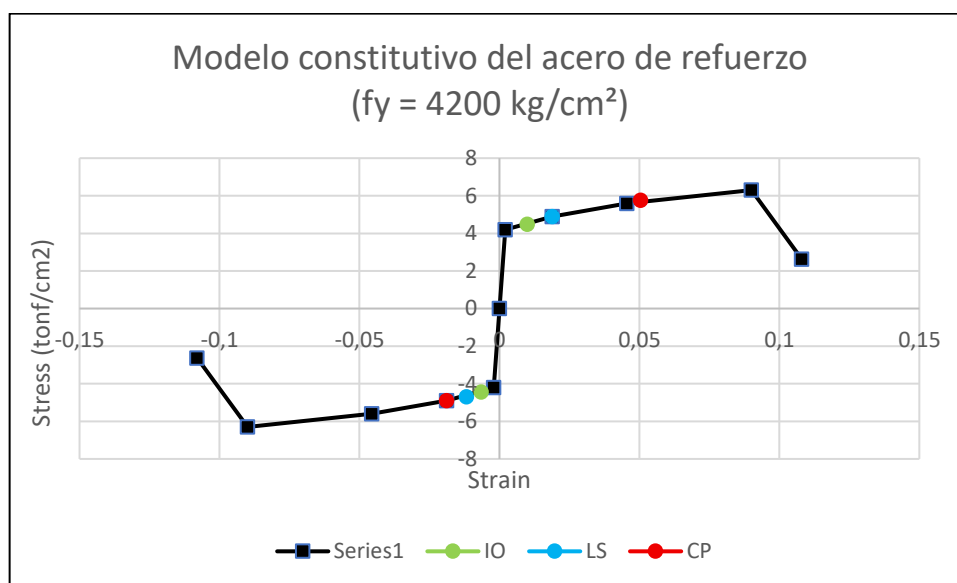
Ilustración 19. Modelo de Mander



Fuente: Autor

En la curva esfuerzo-deformación de la *Ilustración 20. Modelo con endurecimiento cinemático e isotrópico*, correspondiente al acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia de $4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, se observa un comportamiento dúctil típico del acero estructural. Inicialmente, el material presenta un tramo elástico lineal hasta alcanzar la fluencia, seguida de una fase de endurecimiento por deformación que incrementa la resistencia ligeramente antes de llegar al punto máximo de carga. Posteriormente, se aprecia una degradación del esfuerzo, señal de inicio de falla. A lo largo de la curva se identifican tres estados de desempeño: Ocupación Inmediata (IO), Seguridad de Vida (LS) y Prevención de Colapso (CP), que indican la progresión del daño en el acero frente a cargas cíclicas o sísmicas. Este comportamiento evidencia la capacidad del acero para disipar energía sin pérdida inmediata de resistencia, lo cual es clave para el diseño sismorresistente.

Ilustración 20. Modelo con endurecimiento cinemático e isotrópico



Fuente: Autor

4.1.2.5 Periodo de vibración de la estructura

El periodo de vibración obtenido por los programas es de $T = 1,024 \text{ s}$ y tiene una participación de masa del 63,36% en traslación en Y. En la *Tabla 20. Periodo de vibración de la estructura* se pueden apreciar todos los modos de vibración.

Tabla 20. Periodo de vibración de la estructura

Modo	Periodo	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	1,024	0,0679	0,6336	0	0,0679	0,6336
2	1,019	0,7815	0,0718	0	0,8494	0,7054
3	0,933	0,0058	0,1503	0	0,8552	0,8557
4	0,339	0,0018	0,08	0	0,857	0,9357
5	0,335	0,1029	0,0019	0	0,9599	0,9376
6	0,308	0,0001	0,0236	0	0,96	0,9612
7	0,21	0,0018	0,0235	0	0,9618	0,9847
8	0,207	0,0331	0,0011	0	0,9949	0,9858
9	0,192	0,0001	0,0111	0	0,995	0,9969
10	0,174	0,0024	0,0021	0	0,9974	0,999
11	0,168	0,0025	0,0008	0	1	0,9998
12	0,154	1,43E-05	0,0002	0	1	1

Fuente: Autor

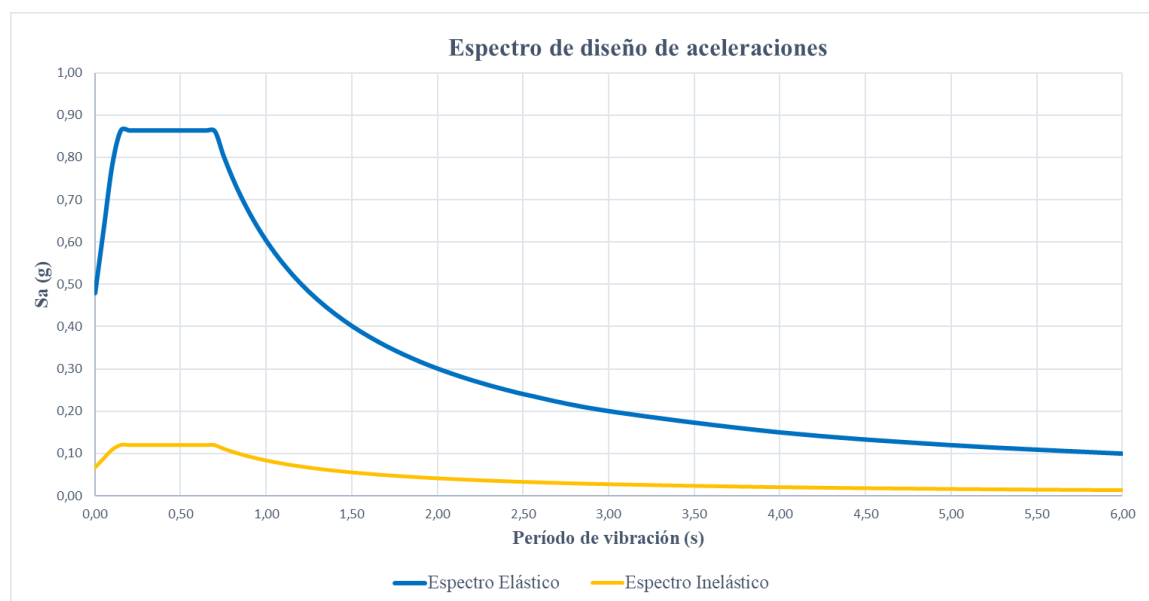
4.1.2.6 Espectro de diseño de aceleraciones

Con base en los datos obtenidos previamente y siguiendo lo establecido en la normativa vigente, se procede al cálculo de la aceleración espectral inelástica. Para ello, se emplean los valores normativos correspondientes al tipo de suelo, zona sísmica, coeficientes de modificación de respuesta y factores de importancia definidos para la edificación en estudio.

A partir de estos parámetros, se construye el espectro de respuesta inelástica, como se muestra en la *Ilustración 21. Espectro de diseño de aceleraciones*, el cual representa la relación entre el periodo estructural y la aceleración espectral reducida (S_a). Dicho espectro permite obtener los valores de aceleración en las direcciones X y Y, tomando en cuenta la ubicación específica de cada periodo dentro de la curva. Esta relación permite determinar las aceleraciones espectrales S_{aX} y S_{aY} que la estructura experimentará en caso de un evento sísmico de diseño.

La *Tabla 21. Componentes de la aceleración espectral* presentan los valores obtenidos de S_{aX} y S_{aY} , calculados directamente del espectro inelástico para los respectivos periodos estructurales. Estos valores representan la base para el análisis dinámico de la edificación y son fundamentales en la evaluación de su respuesta sísmica.

Ilustración 21. Espectro de diseño en aceleraciones



Fuente: Autor

Tabla 21. Componentes de la aceleración espectral

S_aX	0,5462
S_aY	0,5944
Fuente: Autor	

4.1.2.7 Periodo de vibración T para una estructura

El periodo estructural (T) calculado con ambos métodos representa una estimación inicial del tiempo que tarda la estructura en oscilar una vez debido a un sismo.

4.1.2.7.1 Método 1

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Donde:

C_t = Coeficiente en base a la tipología del edificio.

α = Altura máxima de la estructura.

T = Periodo de vibración

Tabla 22. Valores de los coeficientes C_t y α para la estimación del periodo fundamental de vibración según el tipo de estructura

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramiento	0,072	0,8
Con arriostramiento	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural.	0,055	0,75
Fuente: NEC-SE-DS 2015		

$$T = C_t h_n^a$$

$$T = 0,055 * 11,71^{0,9}$$

$$T = 0,504 \text{ s}$$

4.1.2.7.2 Método 2

El método 2 nos dice no debe ser mayor en un 30% al periodo obtenido por el método 1.

$$T_a = 1,3 * 0,504 \text{ s}$$

$$T_a = 0,655 \text{ s}$$

4.1.2.8 Coeficiente sísmico

Los coeficientes C_x y C_y representa la fracción de la aceleración de la gravedad que se aplica a la estructura, permiten calcular las fuerzas sísmicas que actuaran sobre la estructura (Ver *Tabla 23*).

Tabla 23. Coeficientes sísmicos

C_x	0,0758
C_y	0,0826
Fuente: Autor	

4.1.2.9 Verificaciones de ajuste de cortante

En la *Tabla 24. Sismo estático y dinámico*, se presentan los valores de las fuerzas sísmicas obtenidas expresados en toneladas y diferenciados por dirección (X e Y). Estos valores permiten evaluar y comparar el comportamiento sísmico de la estructura bajo ambos enfoques de análisis.

Por otro lado, en la *Tabla 25. Relación entre sismo dinámico y estático*, se muestra el cociente entre la fuerza sísmica obtenida mediante el análisis dinámico y la obtenida mediante el análisis estático. De acuerdo con lo establecido en la normativa, esta relación debe ser igual o superior al 85% para que el análisis dinámico sea considerado válido. En caso de que la relación sea inferior al 85%, se deberá ajustar la cortante basal dinámica, incrementándola hasta alcanzar dicho umbral.

Tabla 24. Sismo estático y dinámico

TIPOS	Valores
S ESTATICO X	37,4039
S ESTATICO Y	38,6645
S DINAMICO X	33,8865
S DINAMICO Y	29,2453
Fuente: Autor	

Tabla 25. Relación sismo dinámico y estático

D/E X	0,9060
D/E Y	0,7564
Fuente: Autor	

La cortante fue ajustada ya que no cumplió con el 85% requerido, dando como resultado los siguientes valores mostrados en la *Tabla 26. Sismo estático y dinámico ajustado*. En la *Tabla 27. Relación sismo dinámico y estático ajustado* se puede observar que la relación cumple con el requerimiento mínimo.

Tabla 26. Sismo estático y dinámico ajustado

TIPOS	Valores
S ESTATICO X	37,4039
S ESTATICO Y	38,6645
S DINAMICO X	33,8865
S DINAMICO Y	33,3056
Fuente: Autor	

Tabla 27. Relación sismo dinámico y estático ajustado

D/E X	0,9060
D/E Y	0,8614
Fuente: Autor	

4.1.2.10 Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura T

La *Tabla 28. Coeficiente K*, presenta los valores obtenidos para los ejes X y Y, los cuales están directamente relacionados con el periodo fundamental de vibración correspondiente a cada dirección. El coeficiente K es un parámetro utilizado en el análisis sísmico para ajustar la demanda espectral en función del comportamiento dinámico de la estructura, permitiendo una mejor aproximación a la respuesta real frente a un evento sísmico.

Tabla 28. Coeficiente K

Kx	1,262
Ky	1,2595
Fuente: Autor	

4.1.2.11 Verificaciones sísmicas

4.1.2.11.1 Verificación de cortante basal estático y dinámico

Para el presente chequeo, es necesario considerar que, conforme a la normativa ecuatoriana, en edificaciones con irregularidades geométricas en planta o altura que se analicen mediante el método dinámico espectral, la cortante basal obtenida no debe ser inferior al 85 % de la que se obtendría por análisis estático equivalente. Este requisito busca asegurar una estimación conservadora de las fuerzas sísmicas en estructuras con distribución irregular de masa y rigidez, donde podrían generarse efectos torsionales significativos. En la *Ilustración 22. Cortantes dinámicos y estáticos para X y Y* se puede observar los valores correspondientes.

Ilustración 22. Cortantes dinámicos y estáticos para X y Y

Base Reactions

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Base Reactions

	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-cm	MY tonf-cm	MZ tonf-cm	
▶	Sismo x	LinStatic	Step By Step	1	-37,4039	0	0	-0,0001179	-29852,749	23854,821	
	Sismo x	LinStatic	Step By Step	2	-37,4039	0	0	0,000284	-29852,749	26191,668	
	Sismo x	LinStatic	Step By Step	3	-37,4039	6,291E-07	0	-0,001	-29852,749	21517,973	
	Sismo y	LinStatic	Step By Step	1	0	-38,6645	0	30792,356	-0,0002954	-29041,288	
	Sismo y	LinStatic	Step By Step	2	0	-38,6645	0	30792,356	-4,336E-05	-31376,045	
	Sismo y	LinStatic	Step By Step	3	-6,447E-07	-38,6645	0	30792,357	-0,001	-26706,532	
	SISMO DINAM...	LinRespSpec	Max		33,8865	2,322	0	1704,931	25442,698	21395,1	
	SISMO DINAM...	LinRespSpec	Max		2,6509	33,3056	0	25066,2	1945,468	27259,353	

Fuente: Autor

Se realiza el cálculo:

$$\frac{V_{din}}{V_{est}} > 85\%$$

Para X:

$$\frac{33,8865}{37,4039} = 91\%$$

$$91\% > 85\% \text{ (Cumple)}$$

Para Y:

$$\frac{33,3056}{38,6645} = 86\%$$

$$86\% > 85\% \text{ (Cumple)}$$

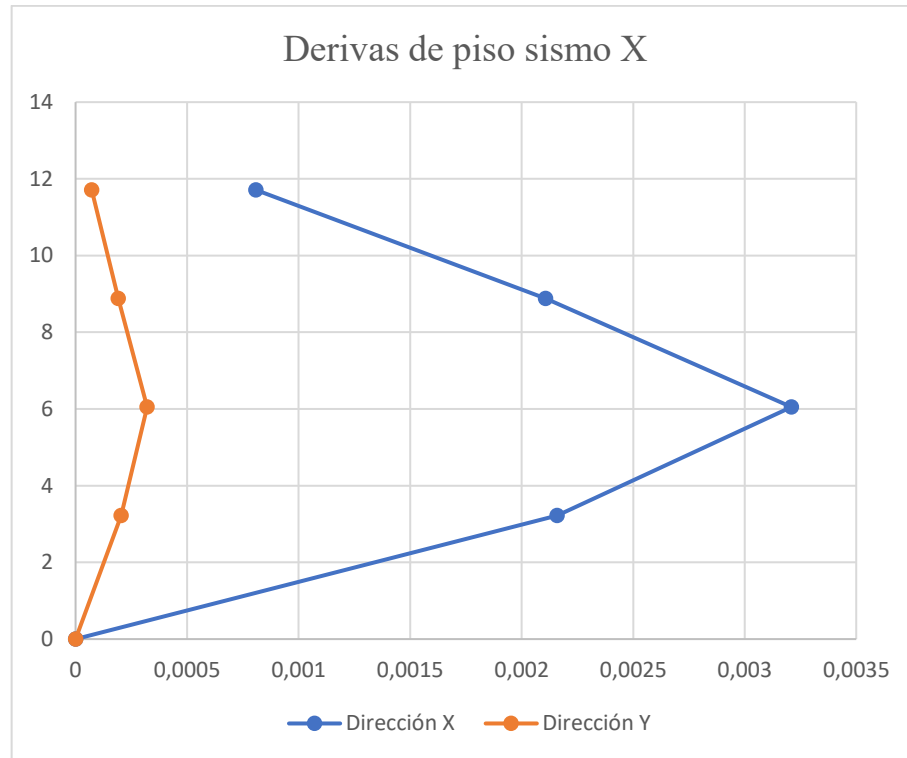
Se demuestra que cumple con la comprobación de cortante Dinámico/estático en ambas direcciones.

4.1.2.11.2 Verificación de derivas

El chequeo de derivas constituye un control fundamental dentro del análisis sísmico estructural, ya que permite verificar que los desplazamientos laterales relativos entre niveles consecutivos no excedan los límites establecidos por la normativa vigente. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, las derivas inelásticas permisibles, es decir,

aquellas que resultan tras considerar la ductilidad estructural, no deben superar el 2 % de la altura entre pisos, tanto en la dirección X como en la dirección Y. En la *Ilustración 32. Deriva elástica X* y en la *Ilustración 33. Deriva elástica Y* se aprecian los valores con los que se calculará la deriva inelástica.

Ilustración 23. Deriva elástica X



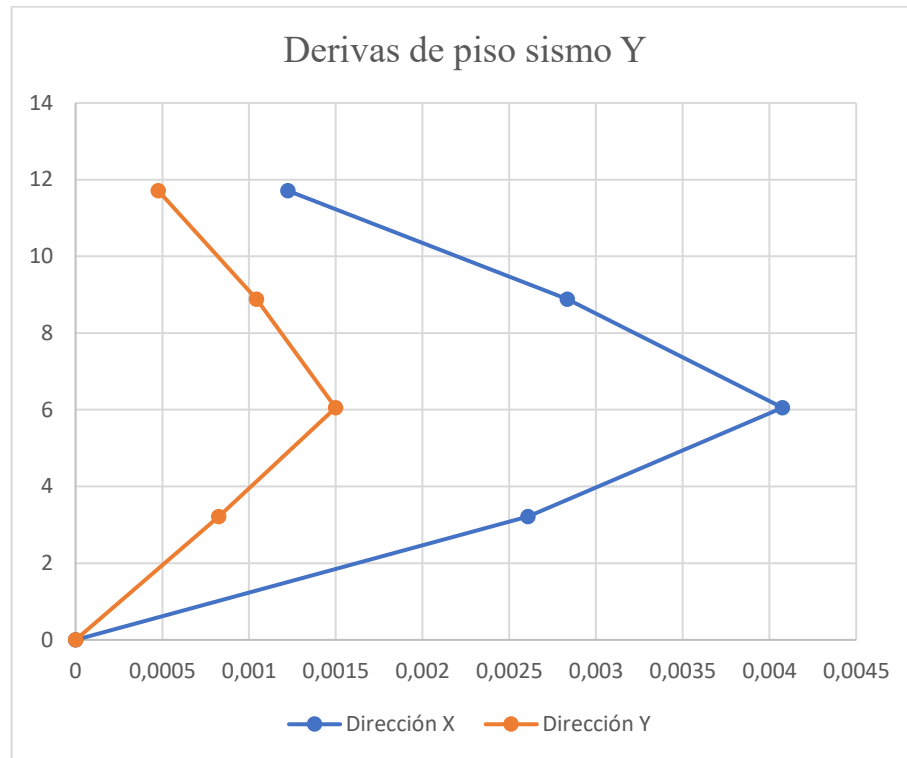
Fuente: Autor

$$\text{Deriva inelástica } X = 0.75 * R * \text{Deriva Elastica}$$

$$\text{Deriva inelástica } X = 0.75 * 8 * 0,0032096$$

$$\text{Deriva inelástica } X = 1,93 < 2\% \text{ (Cumple)}$$

Ilustración 24. Deriva elástica Y



Fuente: Autor

$$\text{Deriva inelástica } Y = 0.75 * R * \text{Deriva Elastica}$$

$$\text{Deriva inelástica } Y = 0.75 * 8 * 0,0040752$$

$$\text{Deriva inelástica } Y = 2,44 < 2\% \text{ (No cumple)}$$

Al analizar las derivas obtenidas en el modelo estructural, se evidenció que el valor de la deriva inelástica en X cumple con los requisitos mínimos, sin embargo, la deriva inelástica en Y supera el límite del 2 %. Este incumplimiento indica una vulnerabilidad significativa en el desempeño sísmico de la estructura, lo que sugiere una demanda excesiva de deformación, comprometiendo potencialmente la estabilidad global.

4.1.2.11.3 Verificación de piso blando

$$K_c < 0.7K_D$$

Planta alta 1

$$40009.356 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}} < 1836.2862 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

Planta alta 2

$$2623.266 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}} < 1805.923 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

Planta alta 3

$$2579.89 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}} < 1805.923 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

Cubierta

$$1662.589 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}} < 0$$

Los resultados obtenidos demuestran que no existe presencia de piso blando. *La Tabla 29. Rigidez de piso* muestra la rigidez de cada piso y la del superior.

Tabla 29. Rigidez de piso

N° de piso	Rigidez de piso (kg/m)	Rigidez superior	
Cubierta	1662,589	0	CUMPLE
Planta alta 3	2579,89	1163,8123	CUMPLE
Planta alta 2	2623,266	1805,923	CUMPLE
Planta alta 1	4009,356	1836,2862	CUMPLE
Base	0		
Fuente: Autor			

4.1.2.11.4 Fuerzas laterales por sismo

En la *Tabla 30. Fuerzas laterales sismo X* y la *Tabla 31. Fuerzas laterales sismo Y* muestran el cálculo de las fuerzas laterales en cada piso utilizando los datos correspondientes.

Tabla 30. Fuerzas laterales sismo X

Nivel	hi (entrepiso)	hi (m)	Mass X	Wi	Wi*hi*Kx	aix	fix
			tonf- s²/m				
4	2,83	11,71	3,0519	29,939139	667,9717694	0,13090151	4,89622702
3	2,83	8,88	15,14151	148,538213	2337,412477	0,45805951	17,1332123
2	2,83	6,05	15,14151	148,538213	1440,169065	0,28222795	10,5564262
1	3,22	3,22	15,31734	150,263105	657,3042949	0,12881102	4,81803452
				477,278671	5102,857606		

Fuente: Autor

Tabla 31. Fuerzas laterales sismo Y

Wi	Wi*hi*Ky	aiy	fiy
29,939139	663,875614	0,130744661	5,05517693
148,538213	2324,68614	0,45782718	17,70165898
148,538213	1433,70265	0,282355554	10,91713634
150,263105	655,385502	0,129072605	4,99052775
477,278671	5077,64991		

Fuente: Autor

4.1.2.11.5 Verificación de índice de estabilidad

En la *Tabla 32. Estabilidad del piso en dirección X* y la *Tabla 33. Estabilidad del piso en dirección Y*, se verifica que el índice de estabilidad es inferior a 0,3. Este valor se encuentra dentro del rango aceptable según los criterios normativos, por lo que no es necesario aplicar la verificación por efectos P-Delta.

Tabla 32. Estabilidad de piso X

Nivel	Pi (ton)	Vx (ton)	hi (m)	Des (m)	Q (Indice de estabilidad)
4	33,183	6,825	2,83	0,037035	0,063628
3	113,355	23,107	2,83	0,031980	0,055435
2	193,527	32,996	2,83	0,022436	0,046499
1	277,321	37,404	3,22	0,009498	0,021870

Fuente: Autor

$$Q < 0,3 \text{ (Cumple)}$$

Tabla 33. Estabilidad de piso Y

Nivel	Pi (ton)	Vy (ton)	hi (m)	Des (m)	Q (Indice de estabilidad)
4	33,183	6,9982	2,83	0,044086	0,044086
3	113,355	23,7773	2,83	0,037394	0,037394
2	193,527	34,0385	2,83	0,026048	0,026048
1	277,321	38,6645	3,22	0,010981	0,010981

Fuente: Autor

$$Q < 0,3 \text{ (Cumple)}$$

4.1.2.11.6 Verificación de distorsiones de piso

$$\text{Distorsión } X = \left(\frac{1,2(\text{Desplazamiento } 1 + \text{Desplazamiento } 2)}{2} \right)$$

$$\text{Distorsión } X = \left(\frac{1,2(-0,1159 - 0,1446)}{2} \right)$$

$$\text{Distorsión } X = -0,1563$$

$$-0,1563 \geq -0,1446$$

$$Distorsión Y = \left(\frac{1,2(Desplazamiento 1 + Desplazamiento 2)}{2} \right)$$

$$Distorsión Y = \left(\frac{1,2(0,0746 + 0,0966)}{2} \right)$$

$$Distorsión Y = 0,10272$$

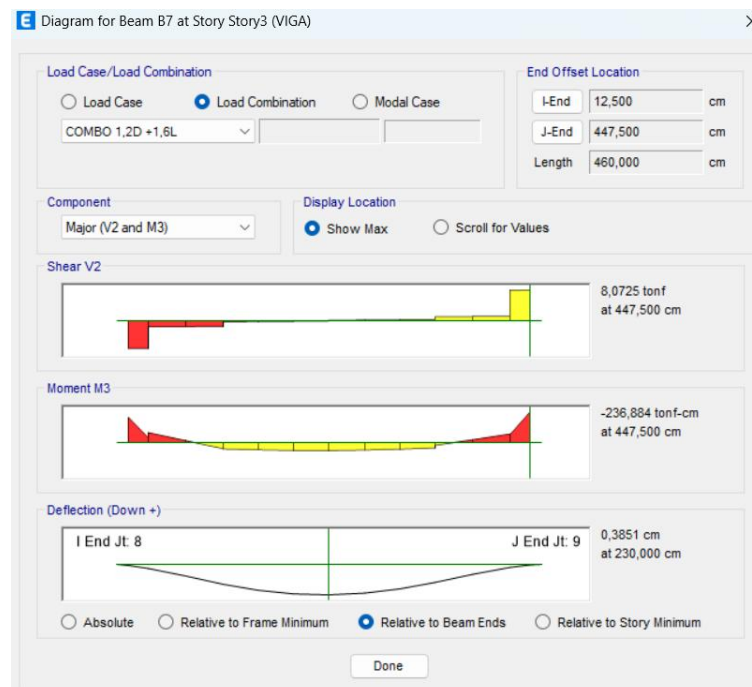
$$0,10272 \geq 0,0966$$

Los análisis realizados demuestran que la edificación no presenta distorsiones de entrepiso en ninguna de las direcciones principales, lo cual indica un comportamiento estructural adecuado frente a desplazamientos laterales.

4.1.2.11.7 Verificación de deflexiones

La *Ilustración 25. Deflexión máxima en la viga* muestra la viga más exigida estructuralmente. Tras el análisis correspondiente, se verifica que dicha deformación se encuentra dentro de los límites admisibles, cumpliendo con el criterio de servicio estipulado por la normativa.

Ilustración 25. Deflexión máxima en viga



Fuente: Autor

$$\text{Deflexión} < \frac{L}{360}$$

$$\frac{L}{360} = \frac{460 \text{ cm}}{360} = 1,27 \text{ cm}$$

$$0,3851 \text{ cm} < 1,27 \text{ cm (Cumple)}$$

4.1.2.11.8 Control de torsión

Ilustración 26. Factores de participación modal de masas para evaluación de torsión accidental

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	1,024	0,0679	0,6336	0	0,0679	0,6336	0	0,134	0,0086	0,1524
Modal	2	1,019	0,7815	0,0718	0	0,8494	0,7054	0	0,0137	0,1429	0,0017
Modal	3	0,933	0,0058	0,1503	0	0,8552	0,8557	0	0,0108	0,0052	0,6994
Modal	4	0,339	0,0018	0,08	0	0,857	0,9357	0	0,575	0,0124	0,0226
Modal	5	0,335	0,1029	0,0019	0	0,9599	0,9376	0	0,0133	0,7233	0,0001
Modal	6	0,308	0,0001	0,0236	0	0,96	0,9612	0	0,1495	0,0018	0,0811
Modal	7	0,21	0,0018	0,0235	0	0,9618	0,9647	0	0,0376	0,0028	0,0097
Modal	8	0,207	0,0331	0,0011	0	0,9949	0,9858	0	0,0018	0,0577	0,0009
Modal	9	0,192	0,0001	0,0111	0	0,995	0,9969	0	0,0284	0,001	0,0222
Modal	10	0,174	0,0024	0,0021	0	0,9974	0,999	0	0,0177	0,0235	0,0014
Modal	11	0,168	0,0025	0,0008	0	1	0,9998	0	0,0104	0,0207	0,0065
Modal	12	0,154	1,43E-05	0,0002	0	1	1	0	0,0077	2,605E-05	0,0021

Fuente: Autor

$$0,1524 * 100 = 15,24\% < 10\% \text{ (No cumple)}$$

Con los valores de la *Ilustración 26. Factores de participación modal de masas para evaluación de torsión accidental* y con los cálculos se observa que la estructura no cumple con la verificación por torsión.

4.1.2.12 Diseño de rótulas plásticas

4.1.2.12.1 Rótulas plásticas en vigas

En la *Tabla 15. Datos de viga*, se presentan las características de una de las vigas que conforman la estructura. Esta información es fundamental para el proceso de asignación de rótulas plásticas, ya que permite definir los parámetros necesarios para modelar el comportamiento no lineal del elemento. A partir de estos datos, se procederá a ubicar las

rótulas plásticas en los extremos de la viga, siguiendo los criterios establecidos por el modelo de capacidad y las recomendaciones normativas para análisis pushover.

Tabla 34. Datos de viga

L (entre eje y eje)	395 cm
b_w (ancho de viga)	30 cm
H (altura de viga)	20 cm
A_s (área acero de tensión)	4,21 cm ²
A_s' (área acero de compresión)	4,21 cm ²
f'_c (esfuerzo de compresión del hormigón)	210 kg/cm ²
r (Recubrimiento)	3 cm
F_y (esfuerzo de compresión del acero)	4200 kg/cm ²
E_c (módulo de elasticidad del concreto)	218819,7889 kg/cm ²
E_s (módulo de elasticidad del acero)	2039000 kg/cm ²
I (Inercia)	2000 cm ⁴
d (Peralte)	18,5 cm

Fuente: Autor

Factor de reducción

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'_c * 28}{7} \right)$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{210 \frac{kg}{cm^2} * 28}{7} \right) = 0,85$$

Coefficiente C

$$c = \frac{A_s * f'_y}{0,85 * f'_c * \beta_1 * b_w}$$

$$c = \frac{4,21 * 4200}{0,85 * 210 * 0,85 * 30} = 3,88$$

Profundidad del bloque de compresión

$$a = \beta_1 * c$$

$$a = 0,85 * 3,88 = 3,30$$

Momento nominal resistente

$$M_y = A_s * f'_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_y = 4,21 * 4200 * \left(18,5 - \frac{3,3}{2}\right) = 297924,365 \text{ kg} * m$$

Curvatura de fluencia

$$\theta_y = \frac{L * M_y}{6 * E_c * I}$$

$$\theta_y = \frac{395 * 297924,365}{6 * 218819,789 * 2000} = 0,004482$$

Cuantía de refuerzo a tracción

$$\rho = \frac{A_s}{b_w * d}$$

$$\rho = \frac{4,21}{30 * 18,5} = 0,00759$$

Cuantía de refuerzo a compresión

$$\rho' = \frac{A_s'}{b_w * d}$$

$$\rho' = \frac{4,21}{30 * 18,5} = 0,00759$$

Cuantía balanceada

$$\rho_{balanceado} = 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f'_y} * \left(\frac{0,003}{0,003 + \frac{f'_y}{E_s}}\right)$$

$$\rho_{balanceado} = 0,02142$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{balanceado}} = 0$$

Conforme o no conforme

El cortante gravitacional es un dato que se encuentra en el programa SAP2000 al modelar la estructura.

Cortante gravitacional = 9708

Condición 1

$$\frac{d}{3} > \text{Separación de estribo}$$

Separación de estribo a estribo = 10 cm

Se verifica si la condición cumple o no, en caso de cumplir sería CONFORME y en caso de no cumplir NO CONFORME.

$$\frac{d}{3} = \frac{18,5}{3} = 6,17$$

Según los resultados no cumple, así que es NO CONFORME, se necesita de dos CONFORME para categorizarlo de esta manera, caso contrario es NO CONFORME.

Condición 2

$$V_s = \frac{2 * \text{Área del estribo} * f' y * d}{\text{Separación de estribo a estribo}} > \frac{3}{4} * V_d$$

Área del estribo = 0,49 cm²

Se verifica si la condición cumple o no, en caso de cumplir sería CONFORME y en caso de no cumplir NO CONFORME.

$$V_s = \frac{2 * 0,49 * 4200 * 18,5}{10} = 7614,6 \text{ kg}$$

$$M_1 = M_2 = A_s * 1,25 * f' y * \left(d - \left(a * \frac{1,25}{2} \right) \right)$$

$$M_1 = M_2 = 4,21 * 1,25 * 4200 * \left(18,5 - \left(3,3 * \frac{1,25}{2} \right) \right) = 363282,7574 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$V_d = 9000 + \left(\frac{M_1 + M_2}{L} \right)$$

$$V_d = 9708 + \left(\frac{363282,7574 + 363282,7574}{395} \right) = 11547,41 \text{ kg}$$

$$\frac{3}{4} * V_d = \frac{3}{4} * 11547,41 \text{ kg} = 8660,55 \text{ kg}$$

Según los resultados no cumple, así que es NO CONFORME, se necesita de dos CONFORME para categorizarlo de esta manera, caso contrario es NO CONFORME.

Se calcula el intervalo de fórmulas para ubicarse en la tabla.

$$\frac{V_d}{b_w * d * \sqrt{f'c}} * 0,11954 = \frac{11547,41 \text{ kg}}{30 * 18,5 * \sqrt{210}} * 0,11954 = 0,17$$

Cálculo del momento ultimo.

$$M_u = M_y + a * Ec * \left(\frac{I}{L} \right) * (c - \theta_y)$$

$$M_u = 302360,2302 \text{ kg} * m$$

Con esta información ya se ubicará dentro de la *Ilustración 5. Parámetros y criterios de aceptación para procedimientos no lineales en vigas de concreto* para establecer los datos para la rótula.

Tabla 35. Datos de rótulas en vigas

a	0,02
b	0,03
c	0,2
Rotación elástica (IO)	0,005
Rotación plástica (LS)	0,02
Rotación en colapso (CP)	0,03

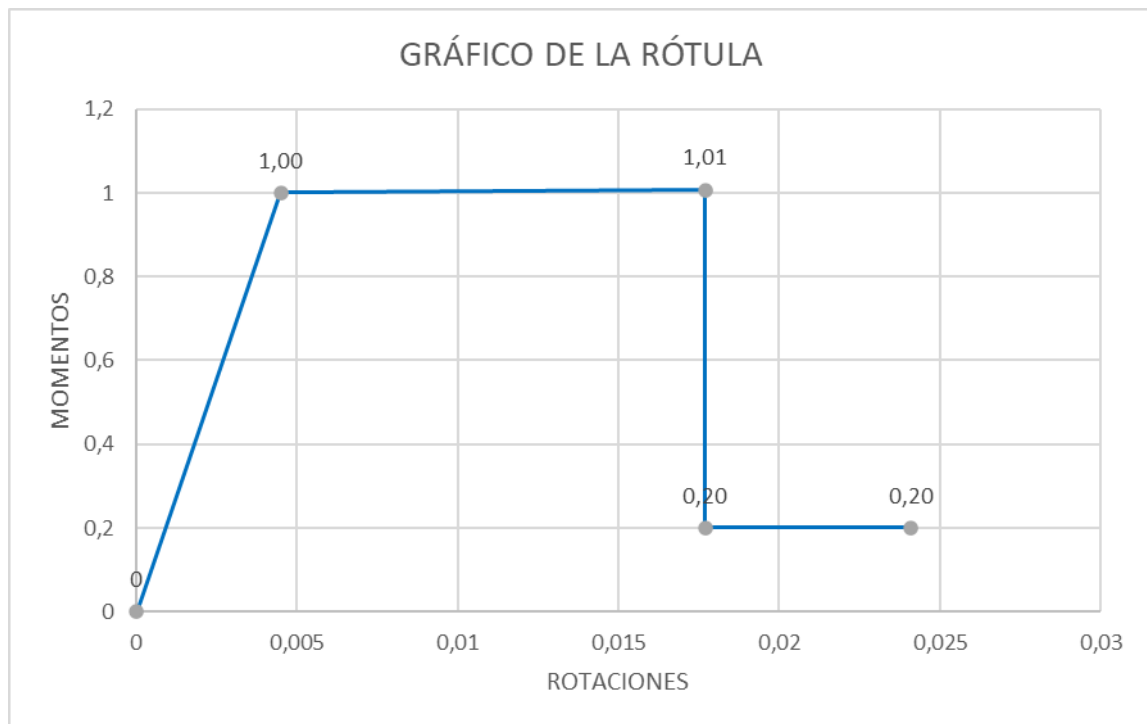
Fuente: Autor

Tabla 36. Resumen de resultados

A	0	0
B	0,0045	297924,3647
C	0,0177	299857,5415
D	0,0177	59584,87294
E	0,0241	59584,87294

Fuente: Autor

Ilustración 27. Gráfico de rótula en viga



Fuente: Autor

4.1.2.12.2 Rótulas plásticas en columnas

Carga axial máxima (Pu)

Pu= 22260 kg

Valor de β_c

$$\beta_c = \frac{d'}{d}$$

$$\beta_c = \frac{4,5}{20,5}$$

$$\beta_c = 0,22$$

Deformación de fluencia del acero (ε_y)

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\varepsilon_y = \frac{4200 \text{ kg/cm}^2}{2039000 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\varepsilon_y = 0,00206$$

Valor de α_y

$$\alpha_y = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_o}$$

$$\alpha_y = \frac{0,00206}{0,003}$$

$$\alpha_y = 0,687$$

Valor de η_0

$$\eta_0 = \frac{P_U}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

$$\eta_0 = \frac{22260 \text{ kg}}{25 \text{ cm} * 20,5 * 210 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\eta_0 = 0,207$$

Cuantía a tensión (ρ_t)

$$\rho_t = \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

$$\rho_t = \frac{4,21 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2}{25 \text{ cm} * 20,5 * 210 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\rho_t = 0,164$$

Cuantía a compresión ($\rho_{t'}$)

$$\rho_{t'} = \frac{A_s' \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f'_c}$$

$$\rho_{t'} = \frac{4,21 \text{ cm}^2 \cdot 4200 \text{ kg/cm}^2}{25 \text{ cm} \cdot 20,5 \cdot 210 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\rho_{t'} = 0,164$$

Coefficiente de corrección o ajuste

$$C_2 = 1 + \frac{0.45}{(0,84 + \rho_t)}$$

$$C_2 = 1 + \frac{0.45}{(0,84 + 0,164)}$$

$$C_2 = 1,448$$

Coefficiente K

$$k = \sqrt{(\rho_t + \rho_{t'})^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot \alpha_y^2} + (\rho_t + \beta_c \cdot \rho_{t'}) \cdot \frac{1}{\alpha_y} - (\rho_t + p_t^4) \cdot \frac{1}{2 \cdot \alpha_y}}$$

$$k = \sqrt{(0,164 + 0,164)^2 \cdot \frac{1}{4 \cdot (0,687)^2} + (0,164 + 0,22 \cdot 0,164) \cdot \frac{1}{0,687} - (0,164 + 0,164^4) \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,687}}$$

$$k = 0,3513861$$

Curvatura

$$\phi_y = \left(1,05 + (c_2 - 1,05) \cdot \frac{\eta_0}{0,03}\right) \cdot \frac{\varepsilon_y}{(1 - k) \cdot d}$$

$$\phi_y = \left(1,05 + (1,448 - 1,05) \cdot \frac{0,207}{0,03}\right) \cdot \frac{0,00206}{(1 - 0,3513861) \cdot 20,5}$$

$$\phi_y = 0,0005881 \frac{\text{rad}}{\text{cm}}$$

Deformación del concreto

$$\varepsilon_c = \phi_y \cdot d - \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_c = 0,0005881 \text{ rad/cm} \cdot 20,5 - 0,00206$$

$$\varepsilon_c = 0,01$$

$$\varepsilon_c < 0.004 \text{ (No cumple)}$$

Coefficiente de eficiencia

$$\eta = \frac{0,75}{1 + \alpha_y} \cdot \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^{0,7}$$

$$\eta = \frac{0,75}{1 + 0,687} \cdot \left(\frac{0,01}{0,003} \right)^{0,7}$$

$$\eta = 1,033$$

Factor de reducción del concreto

$$\alpha_c = (1 - \beta_c) \cdot \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_y} - \beta_c \quad \text{el resultado debe ser } \leq 1$$

$$\alpha_c = (1 - 0,22) \cdot \frac{0,01}{0,00206} - 0,22$$

$$\alpha_c = 3,57 \text{ (No cumple)}$$

S limita a 1 para evitar sobrestimar la capacidad.

Momento máximo de fluencia

$$M_y = 0,5 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2 \cdot ((1 + \beta_c - \eta) \cdot \eta_0 + (2 - \eta) \cdot \rho_t + (\eta - 2 \cdot \beta_c) \cdot \alpha_c \cdot \rho_t')$$

$$M_y = 0,5 \cdot 210 \text{ kg/cm}^2 \cdot 25 \text{ cm} \cdot 20,5^2 \cdot ((1 + 0,22 - 1,033) \cdot 0,207 + (2 - 0,22) \cdot 0,164 + (1,03 - 2 \cdot 0,22) \cdot 1 \cdot 0,164$$

$$M_y = 324933,57 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Valor de rotación de fluencia

$$\theta_y = \frac{L \cdot M_y}{9 \cdot E_c \cdot I}$$

$$\theta_y = \frac{268 \text{ cm} \cdot 324933,57 \text{ kg/cm}}{9 \cdot 218819,79 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 32552,083 \text{ cm}^4}$$

$$\theta_y = 0,00204$$

4.1.2.12.2.1 Condición I

$$\frac{P_u}{A_g \cdot f'_c}$$

$$\frac{22260 \text{ kg}}{625 \text{ cm}^2 \cdot 210 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\frac{P_u}{A_g \cdot f'_c} = 0,17$$

$$\rho = \frac{A_v}{b \cdot s}$$

$$\rho = \frac{4,021 \text{ cm}^2}{25 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm}}$$

$$\rho = 0,016$$

4.1.2.12.2.2 Condición II

$$\frac{v \cdot 0,11954}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}}$$

$$\frac{9708 \text{ kg} \cdot 0,11954}{25 \text{ cm} \cdot 20,5 \cdot \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$\frac{v \cdot 0,11954}{b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}} = 0,1563$$

Se toma el valor más bajo de las condiciones establecidas, este permite identificar los parámetros adecuados para representar la rótula plástica de la columna.

$$\theta_u = \theta_y + a$$

$$\theta_u = 0,00204 + 0,0315$$

$$\theta_u = 0,03354$$

Calcular el momento último

$$M_U = M_y + 0,05 \cdot \varepsilon_c \cdot I(\theta_u - \theta_y)$$

$$M_U = 324933,57 + 0,05 \cdot 0,01 \cdot 32552,083(0,03354 - 0,00204)$$

$$M_U = 437121,45 \frac{kg}{cm}$$

Tabla 37. Datos de rótulas en columnas

a	0,0315
b	0,0279
c	0,2
Rotación elástica (IO)	0,005
Rotación plástica (LS)	0,0186
Rotación en colapso (CP)	0,0279

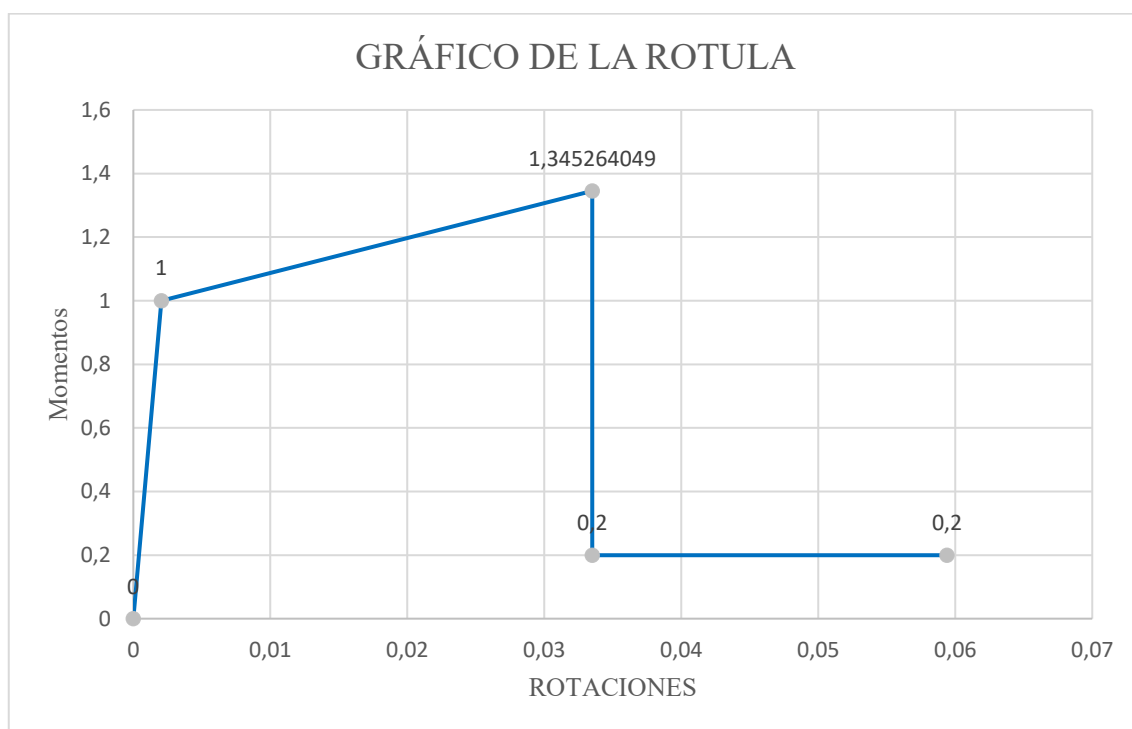
Fuente: Autor

Tabla 38. Resumen de resultados

A	0	0
B	0,00204	1
C	0,0335	1,34526
D	0,0335	0,2
E	0,0594	0,2

Fuente: Autor

Ilustración 28. Gráfico de rótula en columnas

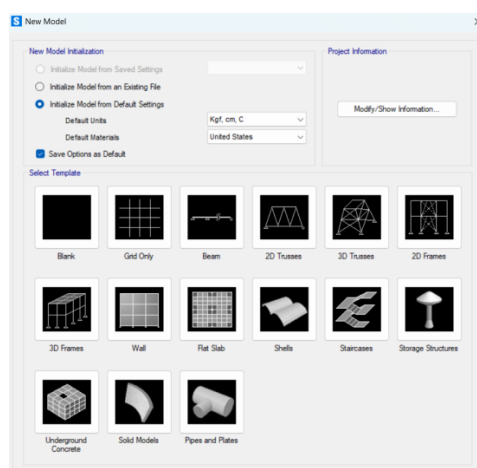


Fuente: Autor

4.1.2.13 Modelación

Se empieza asignando las unidades con las que se trabajarán en este caso kg, cm y C, después se escoge la plantilla a utilizar. Esto se encuentra al abrir el programa, clic en “File” y luego en “New Model” (Ver *Figura 14*).

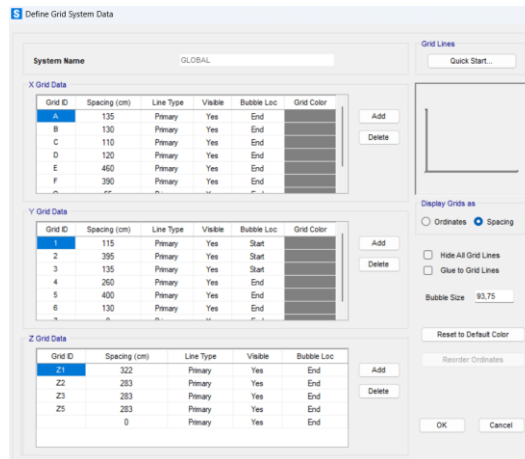
Figura 14. Selección de unidades y plantilla



Fuente: Autor

Seguidamente aparece la siguiente ventana, donde se debe modificar la grilla según las dimensiones de la estructura con los datos verificados en campo, tanto en planta como en elevación (Ver *Figura 15*).

Figura 15. Creación de grillas



Fuente: Autor

Se definen las propiedades de los materiales a utilizar siendo así concreto y acero. Para aquello, se debe dar clic en “Material Property Data”, esto desplegará una ventana donde se detallan propiedades como el nombre del material, su peso específico, módulo de elasticidad, entre otras características relevantes. Estos parámetros varían según el tipo de material seleccionado como se ilustra en las siguientes figuras (Ver *Figura 16 y 17*).

Figura 16. Propiedades del concreto

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fc=210 kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Grade: fc 3000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,400E-03

Mass per Unit Volume: 2,447E-06

Units

Kg, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 218819,79

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 91174,91

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 210,

Expected Concrete Compressive Strength: 210,

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Fuente: Autor

Figura 17. Propiedades del acero

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fy=4200 kg/cm2

Material Type: Rebar

Material Grade: Grade 60

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,850E-03

Mass per Unit Volume: 8,005E-06

Units

Kg, cm, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2039000,

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 4200,

Minimum Tensile Stress, Fu: 6300,

Expected Yield Stress, Fye: 4200,

Expected Tensile Stress, Fue: 6300,

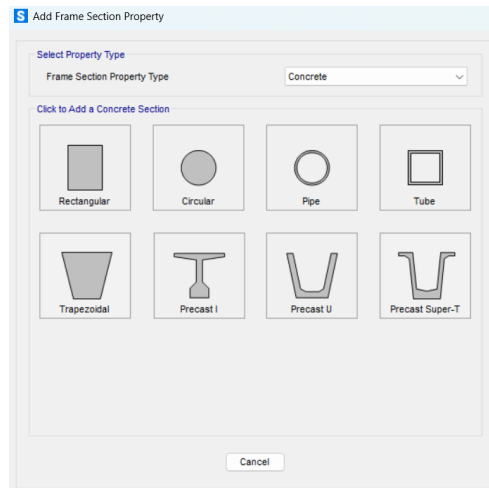
☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Fuente: Autor

Se definen las secciones de vigas y de columnas de acuerdo a la estructura, en este caso de concreto y rectangular. Esto se encuentra en la pestaña “Define”, dando clic en “Section Properties” y luego “Frame sections” (Ver *Figura 18*).

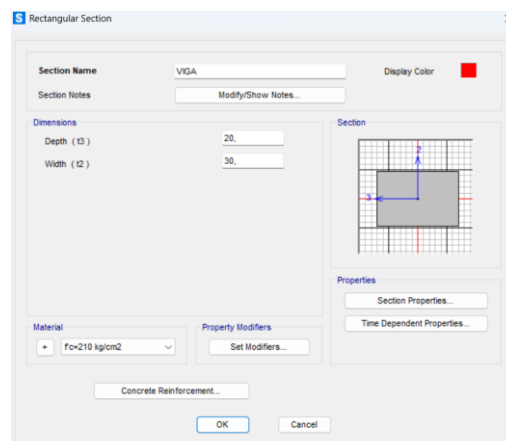
Figura 18. Tipo de elemento



Fuente: Autor

Automáticamente aparece una pestaña donde se guarda el nombre del elemento “VIGA” y “vigüeta”, la base y altura del mismo siendo estas de 30cm por 20cm y 10cm por 20cm respectivamente. Por otro lado, en la parte inferior de esta pestaña se selecciona la resistencia a compresión definida del elemento como es en este caso un f'_c de 210 kg/cm² (Ver *Figura 19 y 20*).

Figura 19. Viga 30x20



Fuente: Autor

Figura 20. Vigueta 20x10

Fuente: Autor

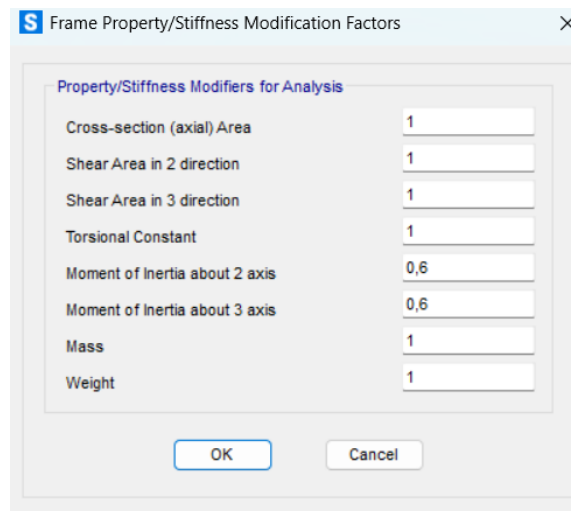
El acero de refuerzo en las vigas se distribuye de manera distinta al utilizado en las columnas, ya que en las vigas este se dispone en los extremos superior e inferior de acuerdo con las necesidades de resistencia en cada zona de la sección transversal. En la sección de “Concrete Cover Longitudinal Rebar Center”, se coloca el valor de 4,5 cm ya que es valor pertenece a la suma del recubrimiento, con el estribo y la mitad de la varilla (Ver *Figura 21*).

Figura 21. Reforzamiento viga

Fuente: Autor

En la opción de “Property Modifiers” se tomó en cuenta que para el cálculo de rigidez y derivas máximas se deben considerar los valores de inercias agrietadas en estos elementos estructurales siendo en este caso 0.6 para vigas y viguetas (Ver *Figura 22*).

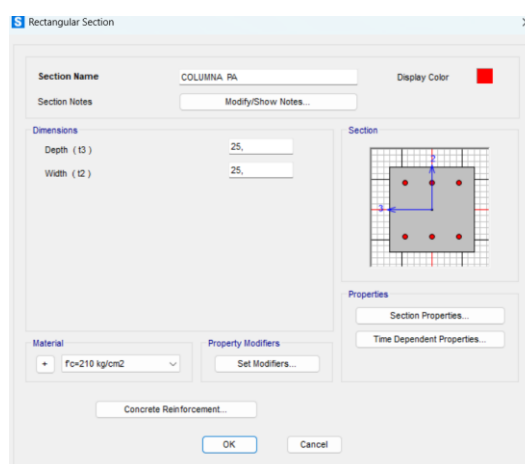
Figura 22. Inercias agrietadas vigas



Fuente: Autor

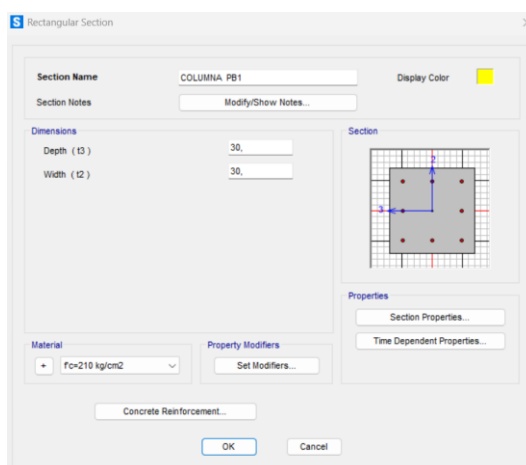
Se guarda el nombre del elemento “COLUMNA PA” y “COLUMNA PB1”, la base y altura del mismo siendo estas de 25cm por 25cm y 30cm por 30cm respectivamente. Por otro lado, en la parte inferior de esta pestaña se selecciona la resistencia a compresión definida del elemento como es en este caso un $f'c$ de 210 kg/cm² (Ver *Figura 23 y 24*).

Figura 23. Columna 25x25



Fuente: Autor

Figura 24. Columna 30x30



Fuente: Autor

Se definen los refuerzos longitudinales y transversales en la opción de “Concrete Reinforcement”, en este caso el elemento estructural cuenta con 6 varillas de 14 mm y con estribos de 8 mm, se tiene en cuenta que en este apartado se asigna el tipo de elemento y su forma, además se selecciona la propiedad definida para el acero de refuerzo siendo un f_y de 4200 kg/cm² (Ver *Figura 25*).

Figura 25. Refuerzo longitudinales

Fuente: Autor

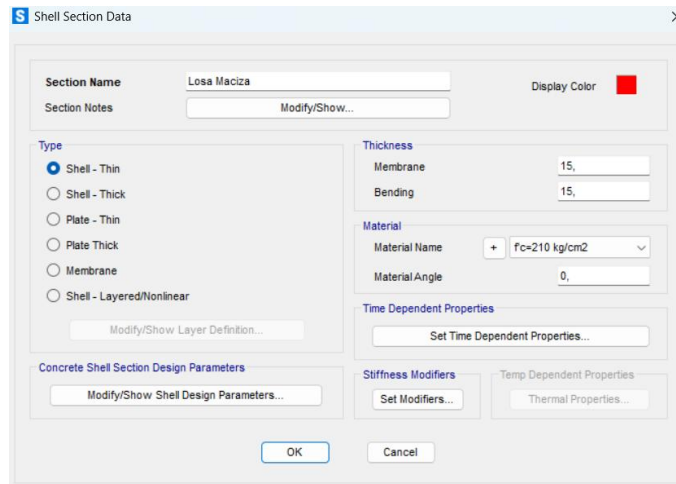
En la opción de “Property Modifiers” se tomó en cuenta que para el cálculo de rigidez y derivas máximas se deben considerar los valores de inercias agrietadas en estos elementos estructurales siendo en este caso 0.8 para columnas (Ver *Figura 26*).

Figura 26. Inercias agrietadas columnas

Fuente: Autor

En un inicio la losa contaba con una losa aligerada, sin embargo, se calculó una losa maciza equivalente de 15 cm de espeso, esta equivalencia se determinó por medio de las inercias de los elementos (Ver *Figura 27* y *28*).

Figura 27. Definicion de losa maciza



Fuente: Autor

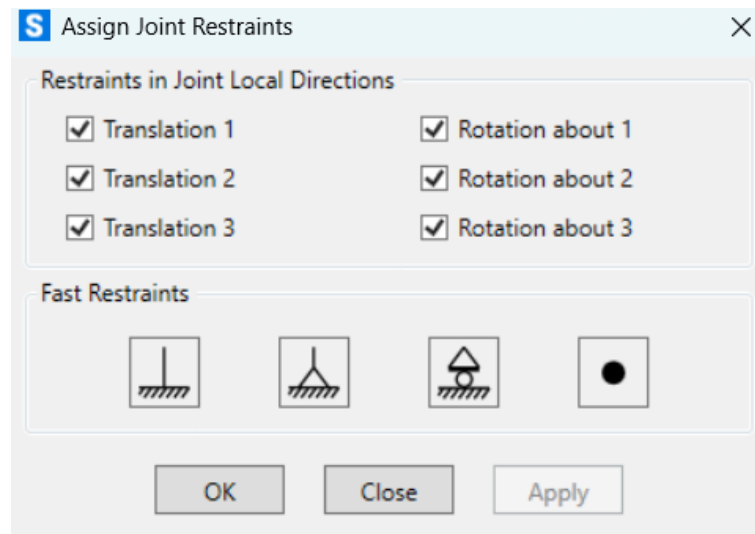
Figura 28. Diseño de losa maciza

Elemento	Área (	y (cm)	Ay	Io (cm4)	d2	It (cm4)
1	150	7,5	1125	2812,5	39,0625	8671,875
2	150	7,5	1125	2812,5	39,0625	8671,875
3	500	17,5	8750	1041,7	14,0625	8072,9167
Σ	800		11000			25416,667
CG		13,75				
Altura de losa maciza		15,00				

Fuente: Autor

Asignar las restricciones de empotramiento en la base de la estructura en el apartado de “Joint” y “Restraints” seleccionando todas las restricciones para que cumpla el empotramiento. (Ver *Figura 29*).

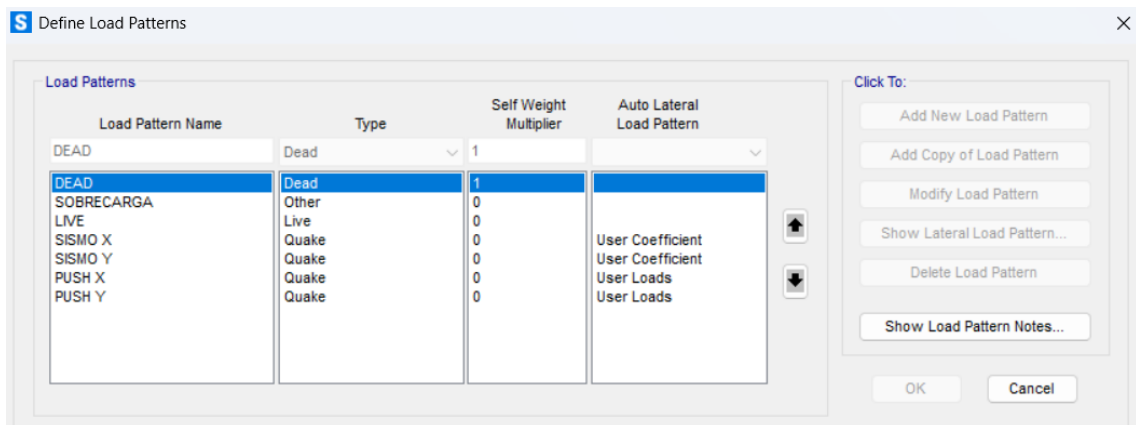
Figura 29. Restricciones



Fuente: Autor

La definición de los patrones de carga se realiza mediante la opción “Load Pattern”, incorporando las cargas muertas, las cargas vivas y el peso propio del sistema estructural. Adicionalmente, se incluyeron acciones sísmicas en las direcciones "x" y "y", aplicando los coeficientes sísmicos correspondientes (Ver Figura 30).

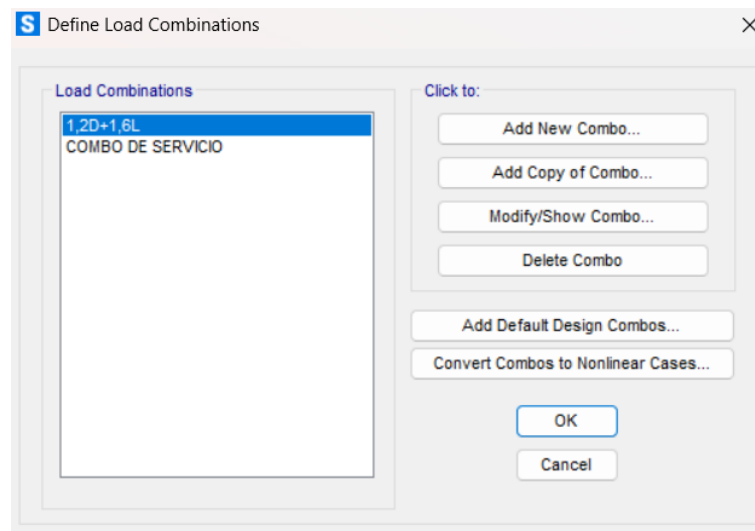
Figura 30. Definición de patrones de carga



Fuente: Autor

Se definieron las combinaciones de carga correspondientes mediante el uso de factores de carga y resistencia (LRFD). Estas combinaciones se configuraron a través de la opción “Load Combinations” dentro del menú “Define” (Ver Figura 31).

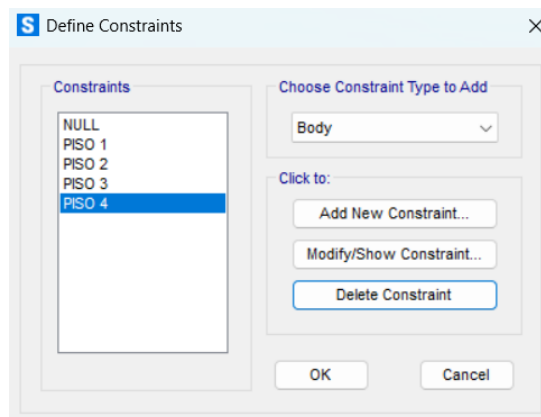
Figura 31. Combinaciones de cargas



Fuente: Autor

Crear las restricciones de piso con ayuda de la opción “Joint” y “Constraints”, creando el número de diafragmas según el número de pisos que tenga la estructura. Esto asegura que todas las juntas se comporten como un diafragma plano, rígido frente a deformaciones de membrana (Ver *Figura 32*).

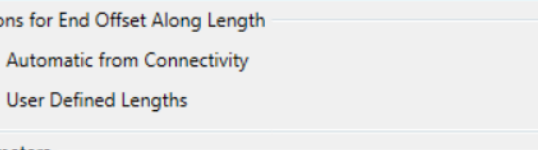
Figura 32. Diafragmas



Fuente: Autor

En cada conexión viga-columna, se asigna un nudo rígido con la ayuda de la opción “Frame” y luego en “End (Lenght) Offsets” colocando un factor de 0 a 1, pero en el presente trabajo se usará un valor correspondiente a 1 (Ver *Figura 33*).

Figura 33. Nudo rígido



S Assign Frame End Length Offsets

Options for End Offset Along Length

- ☒ Automatic from Connectivity
- ☐ User Defined Lengths

Parameters

User Defined Length Offset at End-I	Auto
User Defined Length Offset at End-J	Auto
Rigid Zone Factor	1

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Fuente: Autor

4.1.2.14 Formación de rotulas en el sentido X-X y Y-Y

En la *Ilustración 29. Formación de rótulas X-X* y la *Ilustración 30. Formación de rótulas Y-Y* se observa que se formaron un total de 624 rótulas plásticas por dirección. Las tablas permiten visualizar la evolución del comportamiento individual de las rótulas a lo largo del análisis, reflejando un desempeño estructural que, a nivel de elementos, se mantiene mayoritariamente dentro de los rangos de seguridad aceptables.

Ilustración 29. Formación de rótulas X-X

[illegible]

Fuente: Autor

Ilustración 30. Formación de rótulas Y-Y

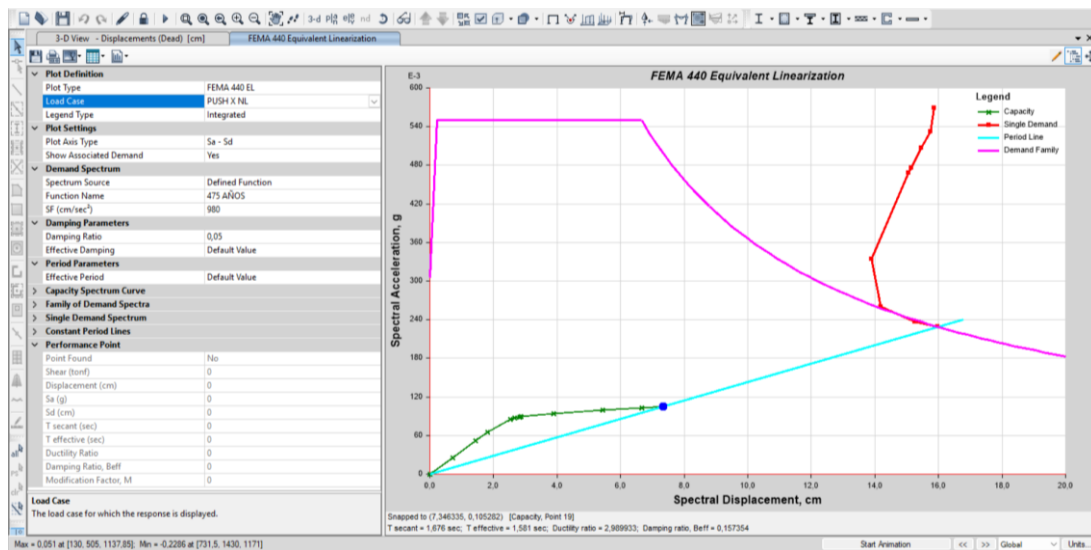
A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
624	0	0	0	0	624	0	0	0	624
623	1	0	0	0	624	0	0	0	624
601	23	0	0	0	624	0	0	0	624
594	30	0	0	0	624	0	0	0	624
592	32	0	0	0	624	0	0	0	624
591	33	0	0	0	624	0	0	0	624
590	34	0	0	0	596	28	0	0	624
588	36	0	0	0	596	28	0	0	624
586	38	0	0	0	596	22	6	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624
585	38	1	0	0	596	15	13	0	624

Fuente: Autor

4.1.2.15 Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido X-X y Y-Y

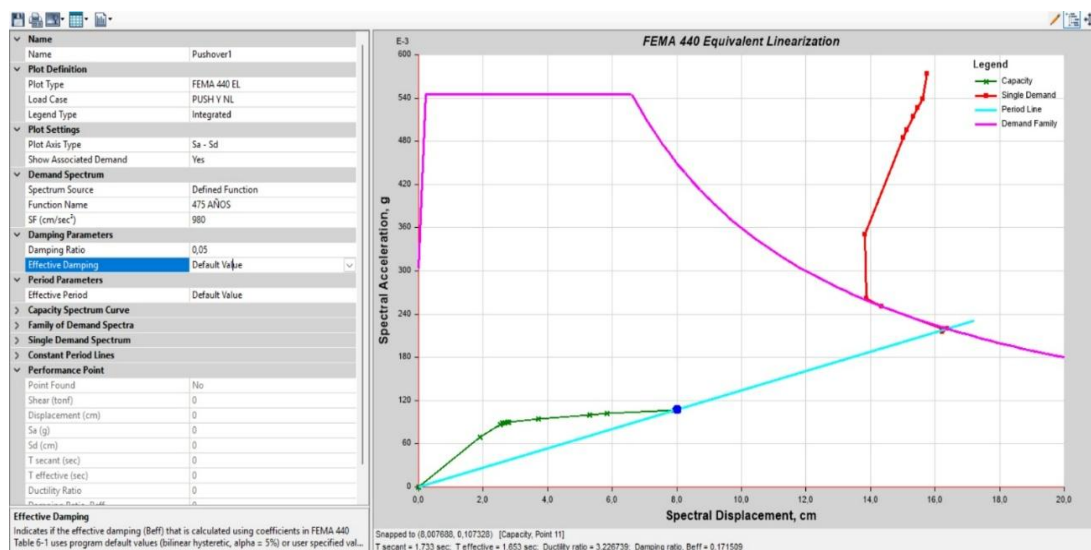
En el presente análisis pushover, utilizando la metodología de linearización equivalente según FEMA 440 (FEMA 440 EL), no fue posible identificar un punto de desempeño ya que la curva de capacidad no alcanzó a interceptar la curva de demanda espectral correspondiente a un periodo de retorno sísmico de 475 años (Ver *Ilustración 31 y 32*). Esta situación muestra un comportamiento con bajo desarrollo plástico, lo que indica que la estructura posee una capacidad limitada de deformación inelástica antes de alcanzar mecanismos de colapso tanto en X-X y Y-Y.

Ilustración 31. Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido X-X



Fuente: Autor

Ilustración 32. Espectro demanda/capacidad y punto de desempeño en el sentido Y-Y



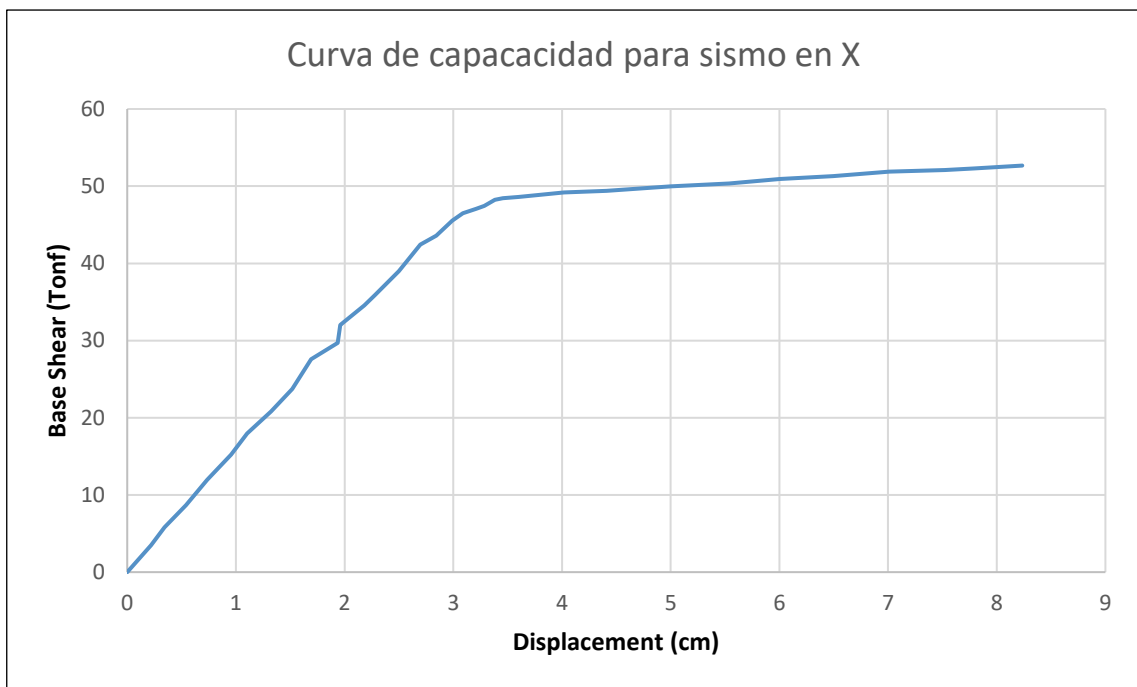
Fuente: Autor

4.1.2.16 Curva de capacidad

Las curvas de capacidad obtenidas para ambas direcciones representan gráficamente la relación entre la fuerza cortante basal (Base Shear) y el desplazamiento lateral del edificio (Displacement), proporcionando información clave sobre el comportamiento estructural no lineal ante solicitaciones sísmicas crecientes.

En la *Ilustración 33. Curva de capacidad para sismo en X*, se observa un comportamiento elástico inicial casi lineal hasta aproximadamente los 3 cm de desplazamiento, alcanzando una fuerza cortante basal cercana a las 48 tonf. A partir de este punto, la pendiente de la curva disminuye, indicando el inicio del comportamiento inelástico de la estructura, es decir, la formación de rótulas plásticas.

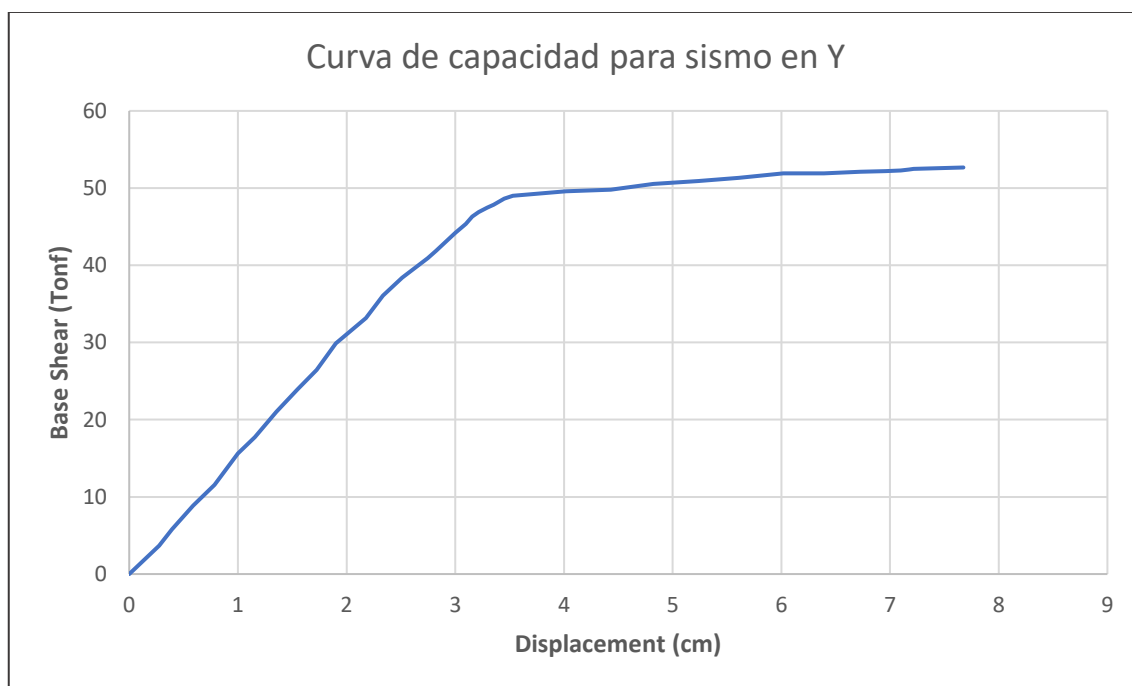
Ilustración 33. Curva de capacidad para sismo en X



Fuente: Autor

En la *Ilustración 34. Curva de capacidad para sismo en Y*, la curva muestra un patrón similar. La respuesta inicial es también elástica y lineal hasta un desplazamiento cercano a los 3.5 cm, donde se alcanza un cortante basal de alrededor de 50 tonf. Posteriormente, se presenta una zona con una pendiente reducida, lo cual evidencia la formación progresiva de mecanismos de plastificación en los elementos estructurales.

Ilustración 34. Curva de capacidad para sismo en Y



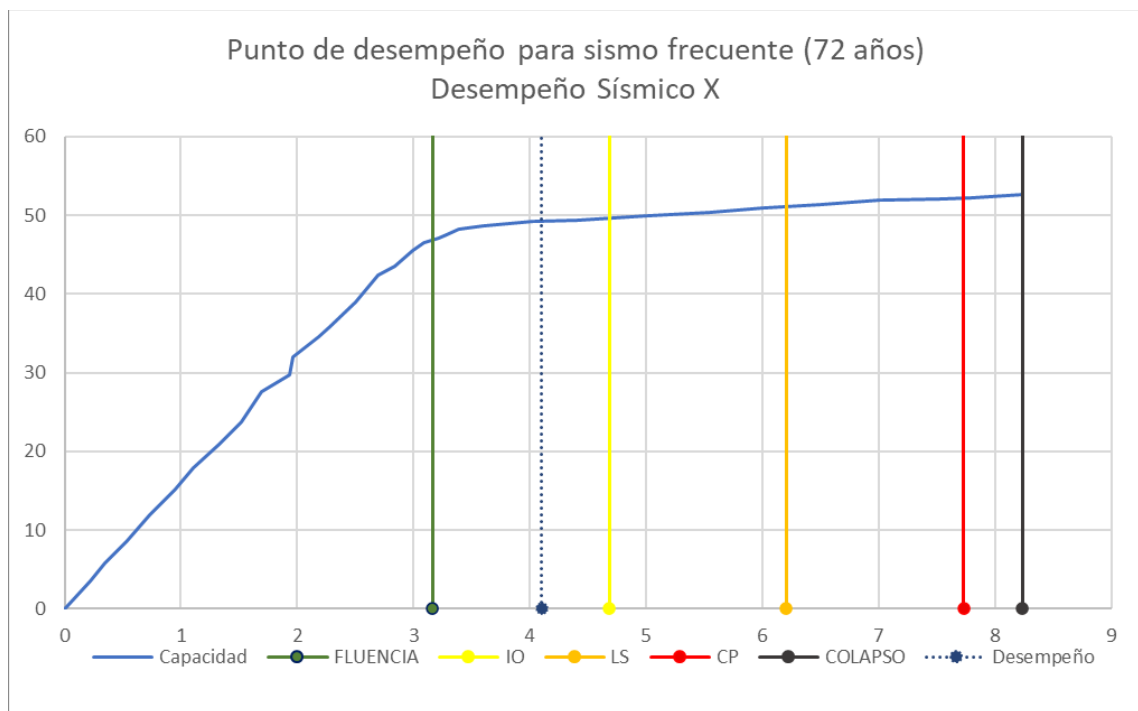
Fuente: Autor

4.1.2.17 Curva de capacidad y Demandas sísmicas

4.1.2.17.1 Desempeño sísmico en X

En la Ilustración 35. Desempeño sísmico en X para sismo frecuente (72 años) el análisis demuestra que, bajo la acción de un sismo frecuente (72 años), el punto de desempeño se ubica después del umbral de fluencia y antes de la zona de desempeño inmediato (IO), lo que evidencia un comportamiento estructural satisfactorio y funcional, sin daños relevantes ni compromisos estructurales. La estructura conserva su integridad y puede continuar siendo utilizada sin requerir intervenciones mayores.

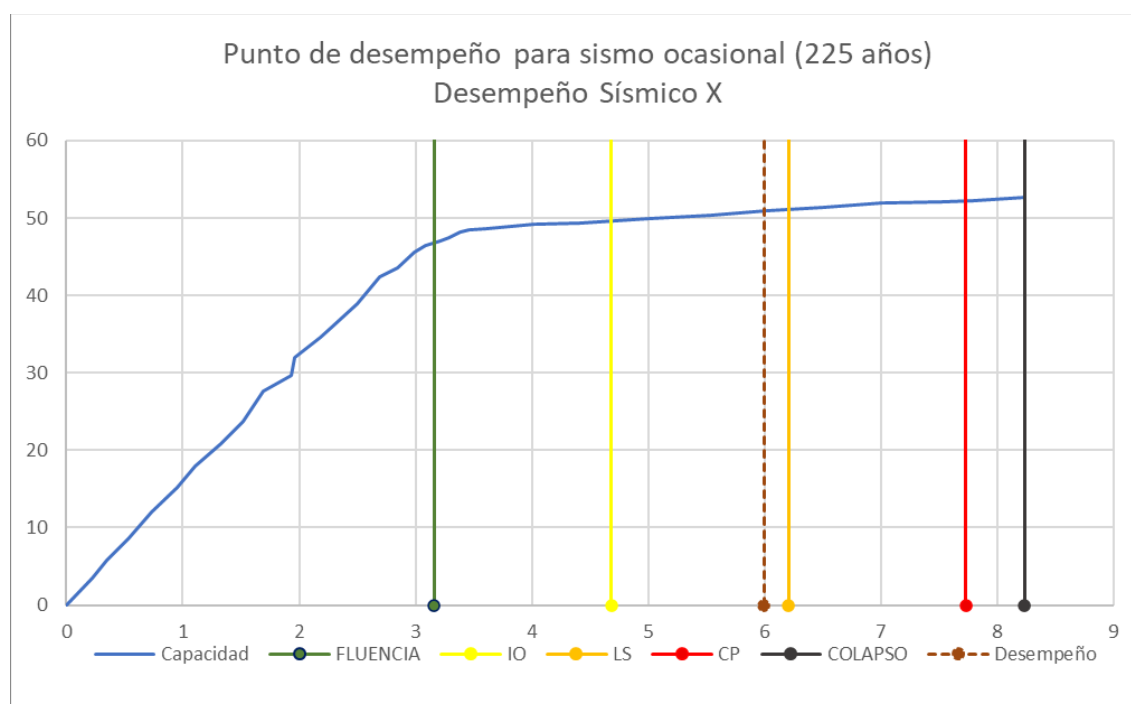
Ilustración 35. Desempeño sísmico en X para sismo frecuente (72 años)



Fuente: Autor

En la *Ilustración 36. Desempeño sísmico en X para sismo ocasional (225 años)* se muestra la curva de capacidad en dirección X frente a un sismo frecuente con periodo de retorno de 225 años. El punto de desempeño se encuentra en el umbral de los niveles de Ocupación Inmediata (IO) y Seguridad de Vida (LS). Esto indica que la estructura puede sufrir daños moderados o severos afectando su funcionalidad. Si bien cumple con los criterios de seguridad, no garantiza funcionalidad posterior, por lo que se recomienda evaluar medidas de refuerzo si se busca mejorar su desempeño estructural.

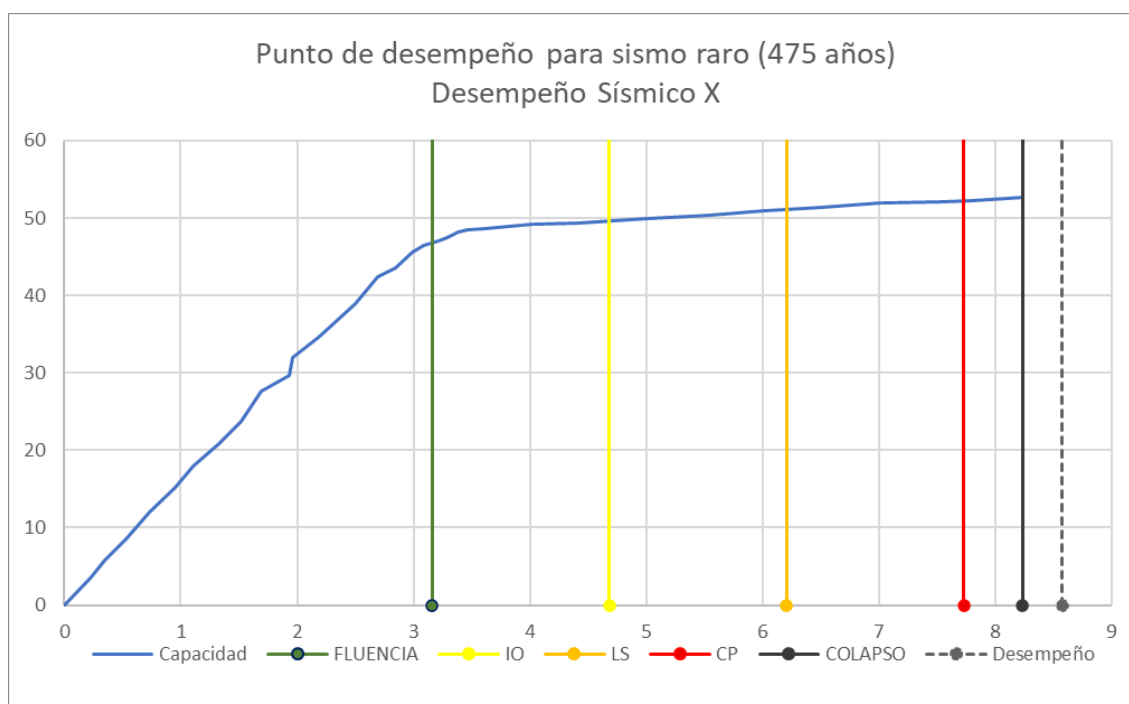
Ilustración 36. Desempeño sísmico en X para sismo ocasional (225 años)



Fuente: Autor

En la *Ilustración 37. Desempeño sísmico en X para sismo ocasional (475 años)* se muestra el comportamiento estructural frente a un sismo ocasional (475 años) en dirección X. El punto de desempeño se ubica más allá del umbral de colapso, lo que indica que la estructura no cumple con los criterios mínimos de seguridad para este nivel de amenaza sísmica. La demanda sísmica supera la capacidad estructural, lo que implica un riesgo elevado de colapso o falla global, por lo que se requiere una revisión estructural profunda y posibles medidas de reforzamiento.

Ilustración 37. Desempeño sísmico en X para sismo frecuente (475 años)



Fuente: Autor

Dado que el desempeño ante un sismo de 475 años ya excede el límite de seguridad estructural, no fue necesario representar la curva correspondiente al sismo de 2500 años, ya que se asume un comportamiento crítico e inadmisibles para ese escenario.

El análisis de desempeño sísmico en dirección X, complementado con la evaluación de ductilidades como se demuestra en la *Tabla 39. Diagnóstico de estructura en X*, indica que solo ante un sismo de 72 años la edificación es habitable, ya que la ductilidad de reserva (1,34) supera a la de demanda (1,26), indicando capacidad suficiente para disipar la energía sísmica sin daño estructural relevante. Para los sismos de 225, 475 y 2500 años, la demanda supera ampliamente la reserva, volviéndose incluso negativa, lo que refleja incapacidad estructural y riesgo elevado de daño o colapso.

Tabla 39. Diagnóstico de estructura en X

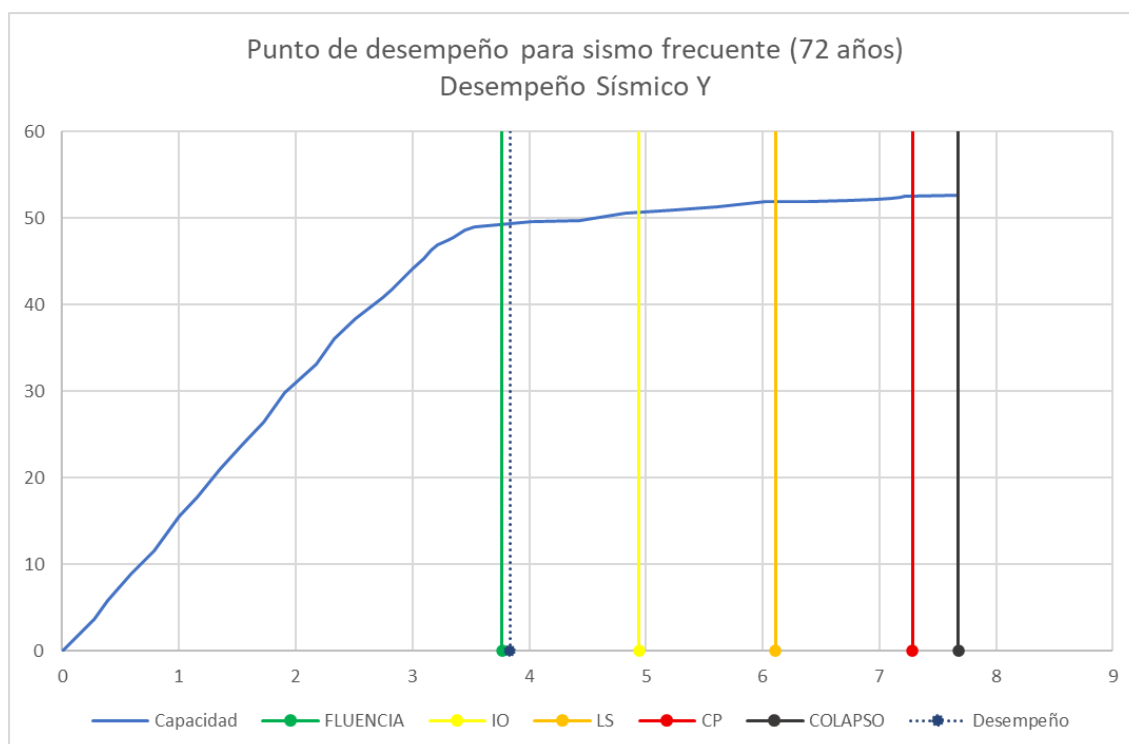
Sismos	Ductilidad de demanda	Ductilidad de reserva	Diagnóstico
72 años	1,261298716	1,343819594	Habitable
225 años	1,844060009	0,761058301	No habitable
475 años	2,637156776	-0,032038466	No habitable
2500 años	4,203271701	-1,598153391	No habitable

Fuente: Autor

4.1.2.17.2 Desempeño sísmico en Y

En la Ilustración 38. Desempeño sísmico en Y para sismo frecuente (72 años) se muestra la curva de capacidad estructural en la dirección Y ante un sismo de periodo de retorno de 72 años. El punto de desempeño se ubica ligeramente después del umbral de fluencia y antes del estado de Ocupación Inmediata (IO), lo cual indica que la estructura presenta mínimas deformaciones inelásticas, sin comprometer su integridad ni su funcionalidad. Por tanto, el edificio se mantiene plenamente operativo y habitable, cumpliendo con los criterios de desempeño establecidos para esta amenaza sísmica.

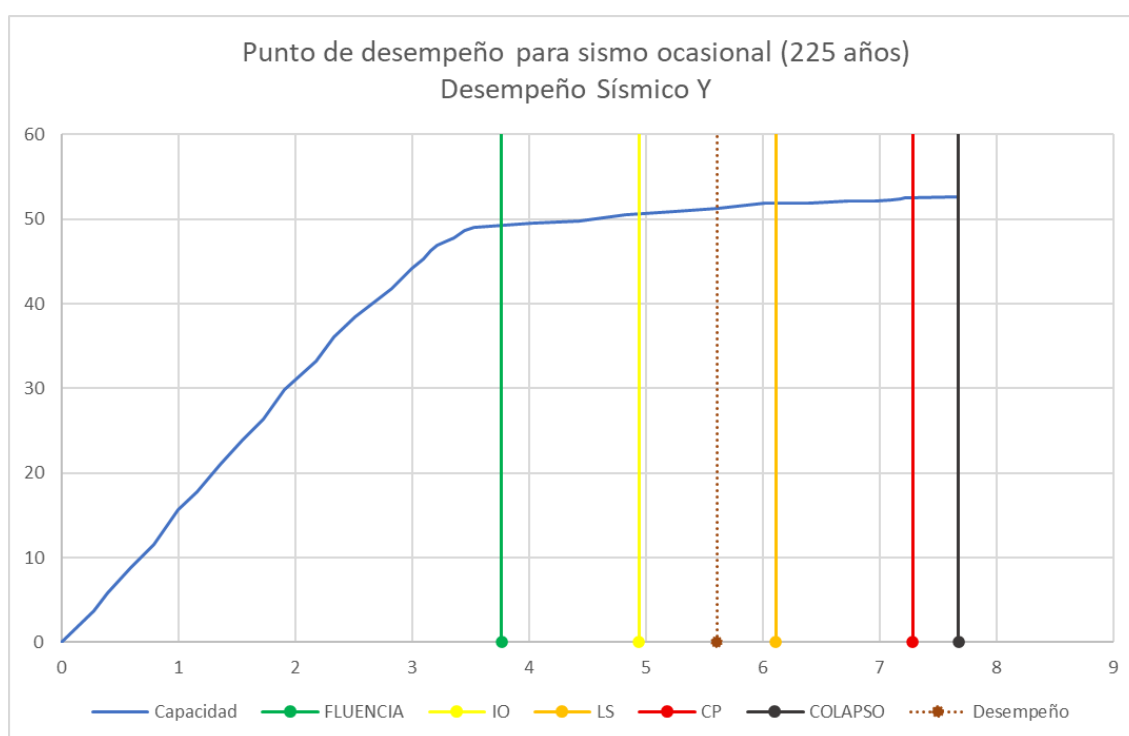
Ilustración 38. Desempeño sísmico en Y para sismo frecuente (72 años)



Fuente: Autor

En la *Ilustración 39. Desempeño sísmico en Y para sismo ocasional (225 años)* se presenta la curva de capacidad estructural en la dirección Y bajo un sismo ocasional con período de retorno de 225 años. El punto de desempeño se ubica entre los umbrales de Seguridad de Vida (LS) y Prevención de Colapso (CP), lo que indica que la estructura sufriría daños moderados a severos, comprometiendo su funcionalidad, pero sin alcanzar aún el colapso estructural. Aunque se conserva la estabilidad global, el edificio no sería habitable tras el evento sísmico, y se requerirían intervenciones estructurales para su recuperación.

Ilustración 39. Desempeño sísmico en Y para sismo ocasional (225 años)

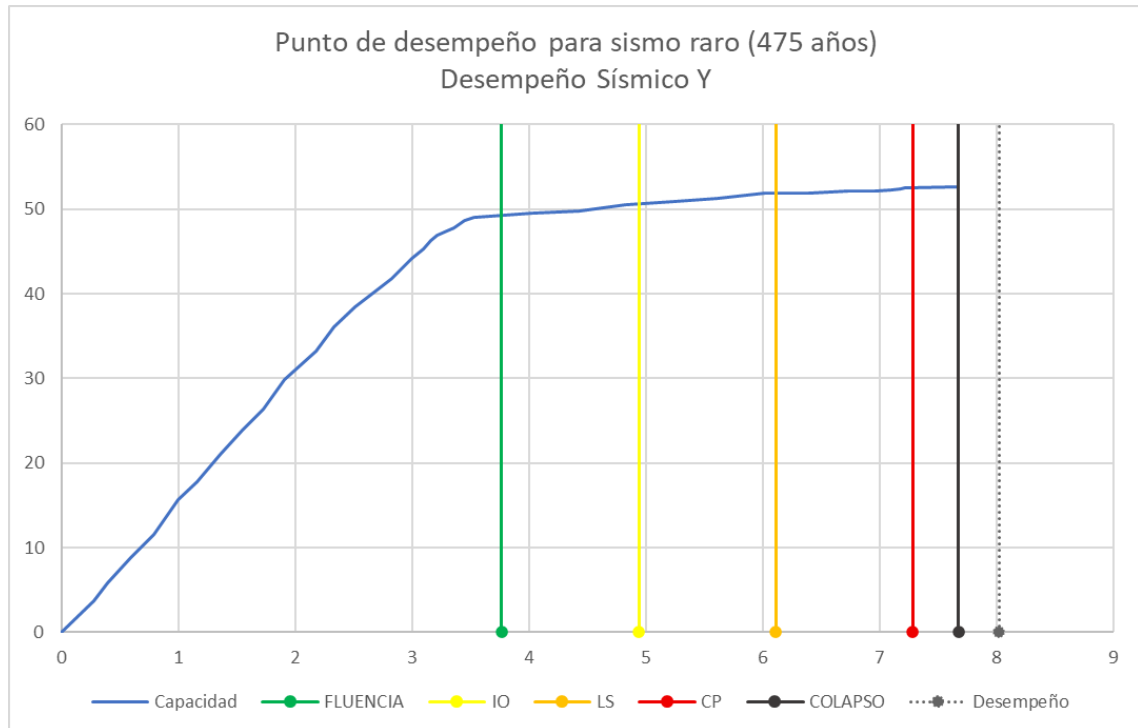


Fuente: Autor

En la *Ilustración 40. Desempeño sísmico en Y para sismo raro (475 años)* se observa la curva de capacidad estructural en la dirección Y frente a un sismo raro con un período de retorno de 475 años. El punto de desempeño se encuentra más allá del umbral de colapso, lo que indica que la demanda sísmica supera la capacidad resistente de la estructura, situándola en un escenario de alto riesgo estructural con posibilidad de falla global. Por

tanto, el comportamiento estructural bajo este nivel de amenaza es inadmisible, requiriéndose medidas de reforzamiento para mejorar la respuesta sísmica.

Ilustración 40. Desempeño sísmico en Y para sismo raro (475 años)



Fuente: Autor

Dado que la estructura no es capaz de resistir adecuadamente el sismo de 475 años, no se consideró necesario incluir el análisis para el sismo de 2500 años, ya que el comportamiento frente a ese escenario se asume claramente colapsado.

El análisis del desempeño sísmico en dirección Y revela que solo ante el sismo de 72 años la edificación es habitable, ya que, como se muestra en la *Tabla 40. Diagnóstico de estructura en Y*, la ductilidad de reserva (1,037) supera a la de demanda (1,000), lo que indica que la estructura puede disipar la energía sísmica sin comprometer su estabilidad. A partir del sismo de 225 años, esta relación se invierte: la demanda (1,46) excede ampliamente la reserva (0,58), evidenciando una pérdida significativa de capacidad estructural. Para los sismos de 475 y 2500 años, la ductilidad de reserva se vuelve negativa, señal clara de incapacidad estructural y riesgo crítico de colapso.

Tabla 40. Diagnóstico de estructura en Y

Sismos	Ductilidad de demanda	Ductilidad de reserva	Diagnóstico
72 años	1,000438072	1,037289261	Habitable
225 años	1,462697464	0,575029869	No habitable
475 años	2,091809372	-0,054082039	No habitable
2500 años	3,334581176	-1,296853843	No habitable
Fuente: Autor			

5. CAPITULO V: CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos gracias a la metodología integral desarrollada mediante la revisión de artículos científicos, se observan las siguientes conclusiones las cuales están relacionadas estrictamente con los objetivos específicos de este trabajo de titulación:

- Como resultado del análisis de la literatura científica, se definió una estrategia metodológica comparativa que incluye tanto herramientas de evaluación visual como técnicas de simulación estructural. Se optó por aplicar las planillas de FEMA P-154 y la NEC, reconocidas por su utilidad en inspecciones rápidas, y contrastar sus resultados con los obtenidos mediante análisis pushover en SAP2000 y ETABS. Esta comparación no solo permitió validar la confiabilidad de los métodos empíricos, sino también identificar posibles discrepancias entre la percepción visual del riesgo y el comportamiento estructural simulado, aportando así a una comprensión más completa de la vulnerabilidad sísmica.
- El proceso de inspección visual y la revisión documental de los planos estructurales permitió diagnosticar las condiciones actuales de la estructura, revelando diferencias sustanciales entre el diseño proyectado y la realidad construida. En particular, se constató la adición de un piso no contemplado en los planos, lo cual altera las condiciones de carga, rigidez y distribución de masas, generando posibles implicaciones en la respuesta sísmica del edificio. Este

hallazgo resalta la importancia de contrastar la documentación técnica con observaciones de campo para garantizar una evaluación estructural precisa.

- La metodología integral aplicada permitió evaluar de forma completa el nivel de desempeño estructural de la edificación y su susceptibilidad frente a amenazas sísmicas de distintas intensidades. La combinación entre la evaluación visual mediante formularios técnicos y el análisis estático no lineal (pushover) permitió no solo validar el estado actual de la estructura, sino también proyectar su comportamiento ante sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros. Si bien la edificación cumple con varios criterios estructurales fundamentales, se identificaron ciertas debilidades asociadas al comportamiento frente a solicitaciones específicas, como la torsión y el exceso de deriva en dirección Y. Además, la existencia de un piso adicional no considerado en el diseño original justificó la necesidad de realizar un análisis estructural detallado mediante simulación computacional. El análisis pushover y la evaluación de ductilidades mostraron que solo ante un sismo frecuente (72 años) la edificación mantiene un desempeño aceptable y condiciones de habitabilidad. A partir del sismo de 225 años, la demanda estructural supera la capacidad de reserva, lo que representa una pérdida progresiva de funcionalidad y estabilidad.
- Durante la fase de inspección visual, ambas planillas aplicadas, FEMA P-154 y la versión adaptada por la NEC, coincidieron en que la edificación cumple con el umbral mínimo de seguridad estructural. Sin embargo, se evidenció que el puntaje obtenido mediante la NEC fue ligeramente mayor que el de la FEMA P-154. Esta diferencia puede atribuirse a que la NEC incorpora una clasificación normativa más detallada y adaptada al contexto sísmico y tipológico del Ecuador, mientras que la FEMA P-154, al ser una herramienta de carácter general internacional, presenta ciertos vacíos en cuanto a parámetros locales. Por otro lado, al comparar los modelos estructurales desarrollados en SAP2000 y ETABS, se comprobó que no existen diferencias significativas en los resultados, validando así la consistencia del modelado estructural.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda actualizar los planos estructurales de la edificación incorporando el piso adicional detectado en la inspección en campo, a fin de garantizar la coherencia entre la documentación técnica y la realidad construida. Esta actualización permitirá realizar modelaciones estructurales más precisas y evaluar con mayor confiabilidad la respuesta sísmica del sistema resistente actual.
- Considerando que los formularios FEMA P-154 y NEC arrojaron resultados diferentes debido a los criterios normativos, se recomienda emplear preferentemente herramientas adaptadas al contexto local, en este caso el formato NEC, para estudios similares en edificaciones del medio ecuatoriano, con el fin de asegurar una calificación más representativa de las condiciones normativas y constructivas del país.
- Se recomienda considerar la implementación de sistemas de reforzamiento estructural en elementos críticos, especialmente en la dirección Y donde se identificó exceso de deriva, así como mecanismos de control torsional. Estas medidas deben diseñarse con base en los resultados del análisis pushover y orientarse a mejorar la ductilidad global y la capacidad de disipación de energía de la edificación ante eventos sísmicos de recurrencia ocasional y rara.
- Se recomienda priorizar el uso de metodologías de evaluación visual adaptadas al contexto nacional, como la versión NEC del formulario FEMA P-154, debido a su mayor precisión diagnóstica en relación con las condiciones sísmicas y tipológicas del Ecuador. Además, se valida la confiabilidad del modelado estructural en SAP2000 y ETABS, por lo que ambos programas pueden ser usados indistintamente en evaluaciones similares.

BIBLIOGRAFIA

- Arcos díaz, d., díaz, s. a., pinzón, l. a., mora-ortiz, r. s., & hiram jesús. (2022). seismic performance assessment based on the interstory drift of steel buildings. *latin american journal of solids and structures*, 19(2), e431. <https://doi.org/10.1590/1679-78256583>
- Atkinson, g. m. (2020). the intensity of ground motions from induced earthquakes with implications for damage potential. *bulletin of the seismological society of america*, 110(5), 2366–2379. <https://doi.org/10.1785/0120190166>
- Cañon buitrago, e. d., vargas vargas, w. e., & gómez guacaneme, c. a. (2020). methodology of control of settlements before, during and after the demolition of the north wing of the nursing tower, located on the campus of the universidad nacional de colombia—bogotá seat. *revista de topografía azimuth*, 11(1), 26–35.
- Cardenas serrano, c., lopez, n., rojas rosales, d., & vaquin malladares, b. (s/f). *deflexiones* (p. 22). universidad nacional de ingeniería. <https://n9.cl/s5qza>
- Chalco barahona, e. j., & viera arroba, l. p. (2023). propuesta de aislamiento para mampostería de bloques de concreto en pórticos de hormigón armado. *ingenio*, 6(2), 82–93. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v6i2.4288>
- Criado-rodríguez, d. m., pacheco-vergel, w. a., & afanador-garcía, n. (2020). vulnerabilidad sísmica de centros poblados: estudio de caso. *revista ingenio*, 17(1), 43–48. <https://doi.org/10.22463/2011642x.2441>
- Cunalata vásquez, f. e., & caiza sánchez, p. e. (2022). estado del arte de estudios de vulnerabilidad sísmica en ecuador. *revista politécnica*, 50(1), 55–64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- De mora-gaibor, m. d. l., vallejo-ilijama, m. t., & pazmiño-zabala, c. (2022). vulnerabilidad física estructural de unidades educativas ante la amenaza de sismos. *sociedad & tecnología*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.51247/st.v6i1.321>
- Flores vega, e. m. (2021). evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante análisis estático no lineal pushover: estudio de caso. *journal boliviano de ciencias*, 17(50), 56–90. <https://doi.org/10.52428/20758944.v17i50.20>
- García vinctes, l. j., palacios rodríguez, j., escobar molina, a. m., & zambrano cevallos, l. d. (2021). análisis estructural y propuesta de reforzamiento del edificio de facultad de ciencias humanísticas de la universidad técnica de manabí. *revista de investigaciones en energía, medio ambiente y tecnología: riemat issn: 2588-0721*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.33936/riemat.v6i1.3686>
- González ríos, j. a. (2022). *edificios con cargas ortogonales y no ortogonales modelados según especificaciones nec-2015 y asce7-16 con forma regular e irregular* [universidad estatal península de santa elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8438/1/upse-tic-2022-0031.pdf>

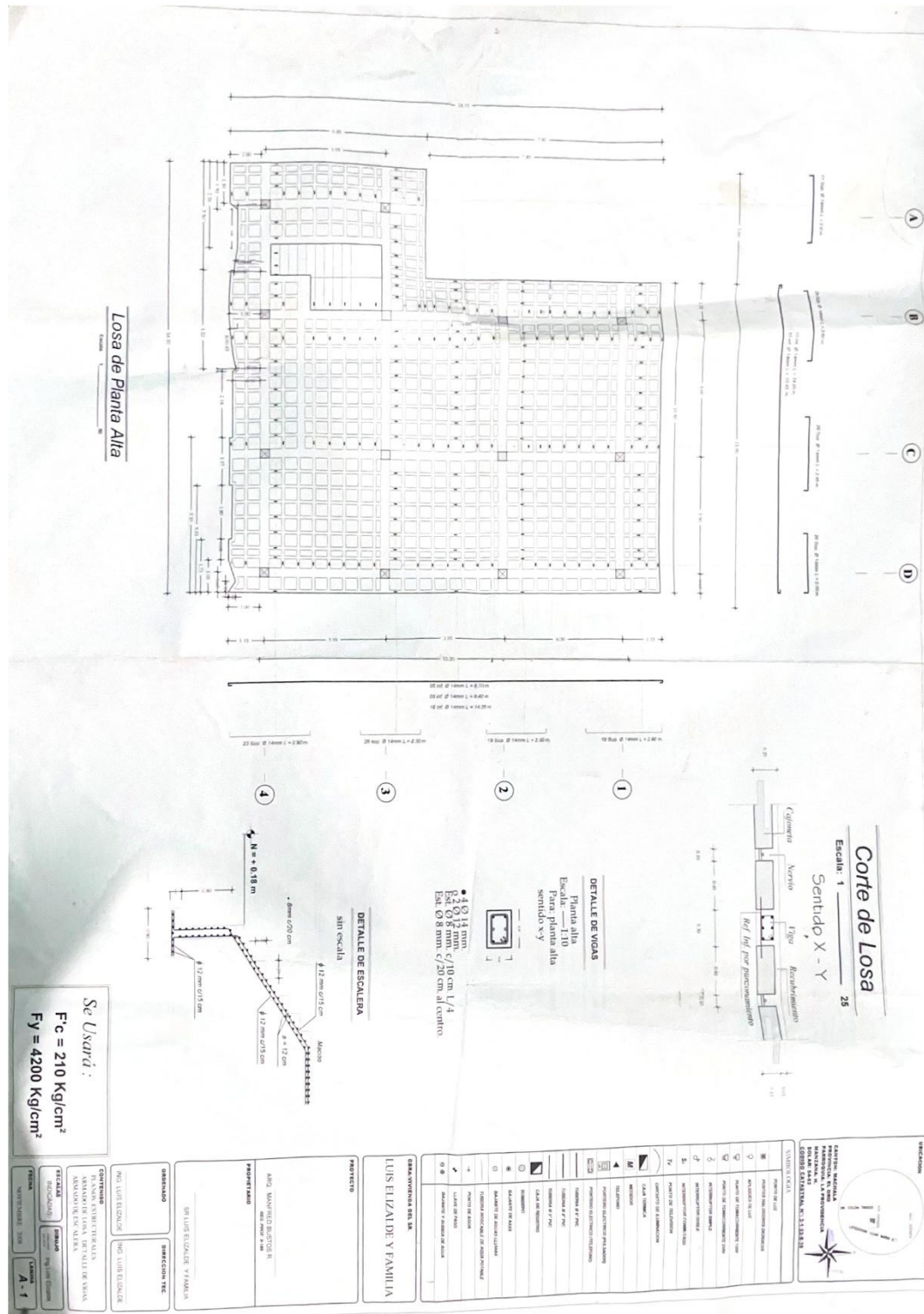
- González-rivera, v., serrano-castro, a., gonzález-rivera, m., & bayas-morejón, f. (2024). evaluación de la vulnerabilidad física y social de las viviendas del cantón guaranda, ecuador, después del terremoto del 16 de abril de 2016. *revista de estudios latinoamericanos sobre reducción del riesgo de desastres reder*, 8(2), 5. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.154>
- Guerrero cuasapaz, d. p., & maza diaz, g. j. (2022). análisis no lineal de estructuras regulares de acero con pórticos especiales resistentes a momento utilizando opensees y ceinci-lab. *green world journal*, 5(1), 013. <https://doi.org/10.53313/gwj51013>
- Guzmán, r. c., & peredo layme, c. b. (2022). espectros de diseño elásticos para los departamentos de bolivia, en base al análisis de peligro sísmico probabilístico realizado por el observatorio san calixto. *brazilian journal of development*, 8(9), 63542–63559. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-209>
- Hernández-cid, m., cerón-carballo, j. e., beltrán-martínez, y. s., pérez-isidro, e., guerrero-rodríguez, m., & cerón-castelán, c. a. (2024). nivel de evaluación del mecanismo de falla en una construcción de 20 años de edad. *pädi boletín científico de ciencias básicas e ingenierías del icbi*, 11(22), 129–137. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11i22.11067>
- Iñiguez jiménez, g. p. (2024). incidencia de la vulnerabilidad sísmica en la funcionalidad y economía de instituciones públicas del cantón el empalme, ecuador. *revista científica y tecnológica upse*, 11(1), 42–52. <https://doi.org/10.26423/rctu.v11i1.776>
- Jaimes, m. a., niño, m., & godínez rojano, f. a. (2024). fragilidad sísmica de estructuras de primer piso débil con amortiguadores de inercia rotacional con embrague sujetos a excitaciones sísmicas de banda angosta. *revista ingeniería sísmica*, 113, 26–54. <https://doi.org/10.18867/ris.113.639>
- Kim, t., & han, s. w. (2021). seismic collapse performance of steel special moment frames designed using different analysis methods. *earthquake spectra*, 37(2), 988–1012. <https://doi.org/10.1177/8755293020970969>
- Lloor-loor, e., palma-zambrano, w., & garcía-vinces, l. (2021). vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso santa marianita – manta – ecuador. *revista científica ingeniar: ingeniería, tecnología e investigación*, 4(7), 2–16. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i7.0018>
- Lopez lopez, l., yépez intriago, a., barrera moreno, e. a., & gómez machado, y. a. (2025). análisis estructural del desempeño sísmico del edificio del hospital universitario de la universidad técnica de ambato, mediante la medición de vibraciones. *revista científica y arbitrada del observatorio territorial, artes y arquitectura: finibus*, 8(15), 16–29. <https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.002>
- Lopez sánchez, b. l., sanchez ruales, j. a., frías córdova, c. f., & villegas suarez, e. s. (2024). análisis estático no lineal (push over) con aisladores sísmicos en los talleres de la universidad técnica de ambato. *ciencia digital*, 8(1), 75–98. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i1.2836>

- Malavé-laínez, j., & pinoargote-rovello, v. (2023). análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la parroquia manglaralto del cantón santa elena, provincia de santa elena. *593 digital publisher ceit*, 8(1–1), 122–143. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1542>
- Mali, a. a., & mohite, p. m. (2023). seismic behaviour of building with soft storey: review. *international journal for research in applied science and engineering technology*, 11(1), 227–232. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.48499>
- Mentari, s. (2021). study of inelastic behaviour steel structure of special moment frame (smf) and eccentrically braced frame (ebf) with pushover analysis. *iop conference series: earth and environmental science*, 622(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/622/1/012027>
- Morales zuñiga, h. r., ramírez cabrera, w. j., guerrero zuñiga, m. c., morales miranda, a. d., & morales miranda, s. a. (2025). estudio del comportamiento sísmico de la interacción suelo-cimentación en una estructura de acero-parte 1. *ciencia latina revista científica multidisciplinar*, 8(6), 5914–5946. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15293
- Néstor gonzalo, i. c., & ramírez cabrera, w. j. (2023). *determinación del desempeño sísmico económico de un edificio en acero, mediante la metodología del fema p-58 y su programa pact*. [universidad técnica de ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/f292cff2-0323-4038-afa1-6d1adea5c1f9>
- Norma ecuatoriana de la construcción (nec). (2015). peligro sísmico diseño sismo resistente. en *peligro sísmico diseño sismo resistente* (p. 42). ministerio de desarrollo urbano y vivienda (miduvi).
- Ponce-regalado, d. s., & villavicencio-cedeño, e. g. (2024). evaluación probabilística de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del campus los ángeles de la universidad estatal del sur de manabí. *mqrinvestigar*, 8(3), 1707–1734. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.3.2024.1707-1734>
- Razo carrasco, d. g., & domínguez, o. g. (2020). evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *revista de ingeniería sísmica*, 104, 51–71. <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>
- Requena-garcia-cruz, m.-v., morales-esteban, a., & durand-neyra, p. (2021). optimal ductility enhancement of rc framed buildings considering different non-invasive retrofitting techniques. *engineering structures*, 242, 112572. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112572>
- Romero gonzález, r. r., nieto cárdenas, j. x., & naspud uruchima, p. r. (2022). análisis estructural comparativo de pórticos especiales a momento con conexiones monolíticas y mixtas. *green world journal*, 5(3), 044–044. <https://doi.org/10.53313/gwj53044>
- Rubina, v., & morales, a. (2021). yield displacement of slender cantilever rc walls as a function of the seismic demand features. *obras y proyectos*, 29, 31–41. <https://doi.org/10.4067/s0718-28132021000100031>

- Ruiz-jiménez, a. f., pérez-márquez, f., & barrientos-monsalve, e. j. (2020). prototipo a escala de un modelo de resonancia en edificaciones diseñadas con figuras geométricas. *sostenibilidad, tecnología y humanismo*, 11(2), 107–114. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.100>
- Rupay vargas, m. j., vasquez lamilla, l. s., felix pat o, j. e., francisco luiz, j. c., cuba ccente, d., & soto salazar, f. j. (2023). análisis estructural de una tienda comercial de cuatro niveles mediante el software etabs en chanchamayo. *ciencia latina revista científica multidisciplinar*, 7(3), 4645–4668. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6506
- Sánchez carmona, f., ordaz hernández, a., bar  suárez, j. e., & balderas plata, m.  . (2022). cartografía de la respuesta sísmica local: una contribución a la gestión del riesgo en la zona metropolitana del valle de toluca. *anales de geografía de la universidad complutense*, 42(2), 529–551. <https://doi.org/10.5209/aguc.85182>
- Sánchez moreno, f., gómez galindo, n. b., lagos bayona, f. j., pira ruíz, j. m., & sánchez mill n, s. p. (2024). propuesta metodológica para análisis e intervención del sistema estructural en edificios patrimoniales. *revista boletín redipe*, 13(12), 112–132. <https://doi.org/10.36260/p0yw1e86>
- Sivanantham, p., gurupatham, b. g. a., roy, k., rajendiran, k., & pugazhlendi, d. (2022). plastic hinge length mechanism of steel-fiber-reinforced concrete slab under repeated loading. *journal of composites science*, 6(6), 164. <https://doi.org/10.3390/jcs6060164>
- Velarde cruz, f., bojórquez mora, j., & bojórquez mora, e. (2022). confiabilidad estructural de edificios de concreto reforzado y sistema dual. *revista de ingeniería sísmica*, 107, 74–90. <https://doi.org/10.18867/ris.107.626>

ANEXOS

Anexo 1. Planos estructurales – Losa, viga y escalera



[illegible]

Anexo 3. Planos arquitectónicos - Planta baja y planta alta

