PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE HÁBITAT INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PLAN TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ESTUDIO COMPARATIVA TÉCNICO Y ECONÓMICO DE PÓRTICOS ESPECIALES A MOMENTO DE 5 Y 8 PISOS DISEÑADOS CON LA NEC 2015 Y LA NUEVA PROPUESTA NEC

AUTOR:

Luis Roberto Barahona Espinoza

TUTOR

Ing. Marcelo Guerra Avendaño MSc. MDI.

QUITO DM, junio de 2026

DEDICATORIA

A mi familia, el pilar inquebrantable de mi vida y el motor de cada uno de mis pasos.

A mi querida madre, Arq. Ana Valeria Espinoza B., Msc: por ser mi mayor ejemplo de superación, constancia y profesionalismo. Tu guía, sabiduría y amor infinito han trazado el camino hacia tan gran logro, que sin ella nada de esto hubiera sido posible.

A mi querida esposa, Carla Quintana: por tu paciencia infinita, tu apoyo incondicional y por ser mi compañera idónea en nuestro viaje. Gracias por siempre caminar a mi lado.

A mi retoñito de amor, Joaquincito André: quien con su sola existencia e inocencia llena mis días de luz y se ha convertido en la mayor motivación para poder construir un futuro mejor para él. Eres mi inspiración diaria.

A mi querida abuelita, Anita María Barreno, y a mi abuelito, Luis Roberto Espinoza: por su amor puro, sus sabios consejos y su entrega incondicional en todos los momentos de mi formación profesional. Su legado y cariño viven en cada uno de mis éxitos.

Gracias a todos por ser mi refugio, mi fuerza y por creer en mí en cada etapa de la vida. Nuestra meta alcanzada es el resultado de su amor incondicional.

Luis Roberto Barahona Espinoza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

1. Introducción 13

1.2 Planteamiento del problema 14

1.2 Objetivos 15

1.2.1 Objetivo general 15

1.2.2 Objetivos específicos 16

1.3 Justificación 16

1.4 Alcance 17

MARCO TEÓRICO 18

Capítulo 1. Diseño de vigas y columnas por cortante 18

1.1 Antecedentes 18

1.1.2 El diseño de vigas y columnas por cortante 19

1.1.2 Diseño a cortante de vigas 19

1.1.3 Diseño a cortante en columnas 20

Capítulo 2. Diseño de acuerdo con la NEC actualizada, fundamentando en ACI 318-25 20

2.1.1 Marco normativo y evolución de la NEC 20

2.1.2 Filosofía de diseño estructural 21

2.2 Acciones y combinaciones de carga sobre la estructura 21

2.3 Análisis estructural 22

2.4 Control de derivas y desplazamientos 22

2.5 Diseño de pórticos especiales resistentes a momento 23

2.6 Diseño de vigas 23

2.7 Diseño de columnas 23

2.8 Detallado sísmico del refuerzo 24

Capítulo 3. Fundamentos teóricos de la cuantificación de materiales y evaluación económica en pórticos especiales a momento. 24

3.1.1 Definición y objetivos 24

3.1.2 Relevancia de la planificación y el control de proyectos 25
3.1.3 Articulación entre metrados, presupuesto y ejecución de obra 25
3.2. Materiales principales en pórticos especiales a momento 25
3.2.1 Hormigón armado 25
3.2.2 Acero de refuerzo en la ingeniería y construcción contemporánea 26
3.3 Fundamentos de evaluación económica en edificaciones estructurales 26
3.3.1 Evaluación económica en proyectos de construcción 26
3.3.2 Costos directo en estructuras a porticadas: análisis de materiales estructurales 26
3.3. Tipos de costos en la construcción y su adecuada gestión 27
3.4 Análisis de precios unitarios (APU) 27
Capítulo 4. Análisis técnico-económico de los resultados 27
4.1 Ubicación del proyecto 27
4.2 Materiales 27
4.2.1 Hormigón 27
4.3 Cargas 28
4.3.1 Cargas permanentes 28
4.3.2 Cargas variables 29
4.3.3 Cargas sísmicas 29
Edificio 8 niveles 30
Edificio 5 niveles 33
Edificio 8 niveles 34
4.4 Combinaciones de carga 35
Planta tipo edificios de 5 pisos 37
Planta tipo edificios de 8 pisos 37
4.5.1 Modelo mv_5 38
4.5.2 Inercia efectiva 38
4.5.3 Control de derivas 38
4.5.4 Control de estabilidad 40
4.5.5 Análisis del pórtico más critico 40

Chequeo manual 40
4.6 Modelo mv_8 41
4.6.1 Inercia efectiva 42
4.6.2 Control de derivas 42
4.6.4 Control de estabilidad 43
4.6.5 Análisis del pórtico más critico 44
Chequeo manual viga 44
Chequeo manual columna 45
4.7 Modelo mn_5 45
4.7.1 Inercia efectiva 46
4.7.2 Control de derivas 46
4.7.3 Control de estabilidad 48
4.7.4 Análisis del pórtico más critico 49
Chequeo manual de la viga 49
Chequeo manual columna 49
4.8 Modelo mn_8 50
4.8.2 Inercia efectiva 50
4.8.3 Control de derivas 51
4.8.4 Control de estabilidad 52
4.8.5 Análisis del pórtico más critico 53
Chequeo manual 53
Chequeo manual columna 53
4.9 Presupuesto referencial 54
4.9.1 Edificio de 5 pisos con la NEC 2015 54
4.9.2 Edificio de 8 pisos con la NEC 2015 55
4.9.3 Edificio de 5 pisos con la nueva propuesta de la NEC 55
4.9.4 Edificio de 8 pisos con la nueva propuesta de la NEC 56
4.9.5 Resumen 56
4.10 Análisis técnico económico 57

4.10.1 Análisis técnico 57
4.10.2 Análisis económico 58
Conclusiones 60
Recomendaciones 62
Referencias 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación y Cuantificación Normativa de Solicitaciones Estructurales *21*

Tabla 2. Cargas permanentes *28*

Tabla 3. Categoría de diseño sísmico *32*

Tabla 4. Categoría de riesgo..... *32*

Tabla 5. Modelos matemáticos..... *36*

Tabla 6. Modelo de 5 pisos *38*

Tabla 7. Control de derivas..... *38*

Tabla 8 Control de estabilidad..... *40*

Tabla 9 Chequeo manual viga edificio 5 pisos NEC 2015..... *40*

Tabla 10 Modelo edificio 8 pisos *41*

Tabla 11 Control de derivas..... *42*

Tabla 12 Control de estabilidad..... *43*

Tabla 13 Chequeo manual viga edificio 8 pisos NEC 2015..... *44*

Tabla 14 Modelo edificio 5 pisos *45*

Tabla 15 Fracción de la carga viva considerada en la carga sísmica reactiva *46*

Tabla 16 Control de derivas..... *46*

Tabla 17 Control de estabilidad..... *48*

Tabla 18 Chequeo manual de la viga edificio 5 pisos NEC 2026..... *49*

Tabla 19 Modelo de edificio 8 pisos *50*

Tabla 20 Fracción de la carga viva considerada en la carga sísmica reactiva *50*

Tabla 21Control de derivas..... *51*

Tabla 22 Control de estabilidad..... *52*

Tabla 23 Chequeo manual de la viga edificio 8 pisos NEC 2026..... *53*

Tabla 24 Edificio de 5 pisos con la NEC 2015 ..... *54*

Tabla 25 Edificio de 8 pisos con la NEC 2015 ..... *55*

Tabla 26 Edificio de 5 pisos con la nueva propuesta de la NEC *55*

Tabla 27 Edificio de 8 pisos con la nueva propuesta de la NEC *56*

Tabla 28 Resumen *56*

Tabla 29 Análisis técnico *57*

Tabla 30 Análisis económico *59*

Tabla 31Cuantificación de áreas *59*

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Espectro de diseño de 5 pisos NEC 2015 ..... *30*

Ilustración 2 Espectro de diseño de 8 pisos NEC 2015 ..... *32*

Ilustración 3. Espectro de diseño de 5 pisos NEC 2026 ..... *34*

Ilustración 4. Espectro de diseño de 8 pisos NEC 2026 ..... *35*

Ilustración 5 Planta tipo edificios de 5 pisos *37*

Ilustración 6 Planta tipo edificios de 8 pisos *34*

Ilustración 7 Deriva sismo estático en X y Y *39*

Ilustración 8 Deriva sismo dinámico en X y Y *36*

Ilustración 9 Diagrama de esfuerzos axiales edificio 5 pisos NEC 2015 ..... *37*

Ilustración 10 Diagrama de esfuerzos de corte edificio 5 pisos NEC 2015 ..... *37*

Ilustración 11Diagrama de esfuerzos de momento edificio 5 pisos NEC 2015 ..... *38*

Ilustración 12 Diseño de vigas a flexión edificio 5 pisos Nec2015 ..... *38*

Ilustración 13 viga a analizar *39*

Ilustración 14 Chequeo manual columna *40*

Ilustración 15 Diagrama de interacción de diseño *41*

Ilustración 16 Derivas sismo estático en X y Y *42*

Ilustración 17 Derivas sismo dinámico en X y Y *43*

Ilustración 18 Diagrama de esfuerzos axiales *44*

Ilustración 19 Diagrama de esfuerzos de corte *44*

Ilustración 20 Diagrama de esfuerzos de momento *45*

Ilustración 21 Diseño de vigas a flexión *45*

Ilustración 22 Chequeo manual viga *46*

Ilustración 23 Chequeo manual columna *47*

Ilustración 24 Diagrama de interacción de diseño *45*

Ilustración 25 Deriva en sismo estático en X y Y *47*

Ilustración 26 Deriva en sismo dinámico en X y Y *48*
Ilustración 27 Diagrama de esfuerzos axiales *51*
Ilustración 28 Diagrama de esfuerzo de corte *51*
Ilustración 29 Diagrama de esfuerzos de momento *52*
Ilustración 30 Diseño de vigas a flexión *52*
Ilustración 31 Chequeo manual de la viga *53*
Ilustración 32 Chequeo manual columna *54*
Ilustración 33 Diagrama de interacción de diseño *50*
Ilustración 34 Deriva en sismo estático en X y Y *52*
Ilustración 35 Deriva en sismo dinámico en X y Y *52*
Ilustración 36 Diagrama de esfuerzos axiales *58*
Ilustración 37 Diagrama de esfuerzo de corte *59*
Ilustración 38 Diagrama de esfuerzos de momento *59*
Ilustración 39 Diseño de vigas a flexión *60*
Ilustración 40 Chequeo manual de la viga *60*
Ilustración 41 Chequeo manual columna *61*
Ilustración 42 Diagrama de interacción de diseño *54*
Ilustración 43 Comparación de costo por metro cuadrado por número de pisos *60*

RESUMEN

La presente investigación desarrolla un estudio comparativo técnico y económico de pórticos especiales resistentes a momento de hormigón armado de 5 y 8 pisos, diseñados conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 y la nueva propuesta normativa NEC. El proyecto se ubicó en la parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha, considerando un perfil de suelo tipo D. Se modelaron cuatro estructuras: edificios de 5 y 8 pisos con la NEC 2015, edificios de 5 y 8 pisos con la nueva propuesta de la NEC. Para modelo se evaluaron parámetros dinámicos y sísmicos, como periodo fundamental, deriva máxima, coeficiente de respuesta sísmica, cortante basal y coeficiente de estabilidad. Además, se realizó el diseño de vigas y columnas, la verificación de resistencia y la cuantificación económica de hormigón y acero de refuerzo. Los resultados muestran que todos los modelos cumplen con los requisitos de deriva y estabilidad. La aplicación de la nueva propuesta de la NEC produjo una reducción del periodo fundamental, de 0.879 s a 0.848 s en el edificio de 5 pisos y de 1.095 s a 1.047 s en el edificio de 8 pisos, lo que evidencia un incremento de rigidez global. Asimismo, las derivas calculadas disminuyeron de 1.82% a 1.39% en el modelo de 8 pisos. Aunque el límite de deriva se redujo de 2% en la NEC 2015 a 1.50% en la nueva propuesta de la NEC, las estructuras conservaron un margen de cumplimiento adecuado.

En cuanto el cortante basal, se observó una disminución de 566.54 T a 502 T en el edificio de 5 pisos equivalente a una reducción aproximada del 11.3% y de 1312.36 T a 1288.18 T en el edificio de 8 pisos, correspondiente a una reducción cercana al 1.8%. Además, los modelos diseñados con la nueva propuesta de la NEC presentaron una mejor reserva de estabilidad, con una relación % θ/θ_{max} cercana al 62%, frente a valores entre 70% y 74% obtenidos con la NEC 2015.

Finalmente, se concluye que la nueva propuesta de la NEC genera estructuras con mayor rigidez, menor deriva y mejor comportamiento frente a efectos de segundo orden, sin producir un incremento técnicamente favorable y económicamente viable para pórticos especiales a momento de mediana altura.

Palabras clave: pórticos especiales a momento, NEC 2015, nueva propuesta NEC, diseño sismorresistente, cortante basal, derivas, estabilidad estructural.

ABSTRACT

This research develops a technical and economic comparative study of special reinforced concrete moment-resisting frames of 5 and 8 stories, designed in accordance with the Ecuadorian Construction Standard NEC 2015 and the new proposed NEC standard. The project was located in Conocoto parish, Quito canton, Pichincha province, considering a type D soil profile. Four structural models were developed:5 and 8 story buildings designed under NEC 2015, and 5 and 8 story buildings designed under the new proposed NEC standard. For each model, dynamic and seismic parameters were evaluated, including fundamental period, maximum drift, seismic response coefficient, base shear, and stability coefficient. In addition, beam and column design, strength verification, and the economic quantification of concrete and reinforcing steel were carried out. The results show that all models comply with drift and stability requirements. The application of the new proposed NEC standard produced a reduction in the fundamental period, from 0.879 s to 0.848 s in the 5-story building and from 1.095 s to 1.047 s in the 8-story building, indicating an increase in global stiffness. Likewise, the calculated drifts decreased from 1.82% to 1.39% in the 8-story model. Although the drift limit was reduced from 2% in NEC 2015 to 1.50% in the new proposed NEC standard, the structures maintained an adequate margin of compliance.

Regarding base shear, a decrease from 566.54 T to 502 T was observed in the 5-story building, equivalent to an approximate reduction of 11.3%, and from 1312.36 T to 1288 T in the 8-story building, corresponding to a reduction of approximately 1.8%. Furthermore, the models designed under the new proposed NEC standard presents a better stability reserve, with a θ/θ_{max} ratio close to 62%, compared with values between 70% and 74% obtained under NEC 2015.

Finally, it is concluded that the new proposed NED standard generates structures with greater stiffness, lower drift, and better behavior against second-order effects, without producing a significant economic increase. Therefore, its application is technically favorable and economically feasible for medium-rise special moment-resisting frames.

Keywords: special moment-resisting frames, NEC 2015, new proposed NEC standard, earthquake-resistant design, base shear, drifts, structural stability.

1. Introducción

La investigación se centra en una comparación estructural y económica de pórticos especiales a momento de cinco y ocho pisos, diseñados conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) y a la nueva propuesta normativa desarrollada para el Ecuador.

El Ecuador presenta alta amenaza sísmica, lo que ha impulsado la actualización de la normativa sismorresistente. La NEC 2015 ha sido reemplazada por una nueva propuesta que ajusta los criterios de diseño para mejorar la seguridad y eficiencia de las estructuras.

Según (Aulestia, D., 2015) implementación de estas disposiciones se sustentan en el Artículo q, el cual establece como finalidad la probación, oficialización, difusión y promoción de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), cuya ejecución se delega a la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos en coordinación con otras entidades del Estado.

Los pórticos especiales a momento (SMF) son sistemas estructurales ampliamente utilizados en edificaciones de mediana altura por su capacidad de disipar energía y su comportamiento dúctil entre cargas sísmicas, lo que los convierte en un caso representativo para evaluar actualizaciones normativas.

La investigación se orienta a realizar un estudio comparativo técnico y económico de pórticos especiales resistentes a momento de 5 a 8 pisos, diseñados conforme a la NEC 2015 y a la nueva propuesta de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

La metodología se fundamenta en la modelación mediante el Método de los Elementos Finitos (FEM) empleando procedimientos elásticos, con el fin de estimar la respuesta real de las edificaciones. De forma complementaria, se desarrolla la cuantificación de materiales y el estudio de costos, lo que permite determinar el impacto económico asociado a cada código.

El documento se organiza en cuatro secciones principales. La primera presenta los fundamentos teóricos del comportamiento dinámico y los sistemas estructurales. La segunda describe la evaluación del desempeño mediante modelación numérica. La tercera desarrolla la cuantificación de materiales y el estudio económico. Finalmente, la cuarta expone los resultados, su interpretación estructural-económica, así como las conclusiones y recomendaciones.

1.2 Planteamiento del problema

En el ámbito internacional, el diseño de estructuras sismorresistentes se fundamenta en normativas como la NEC y el ACI 318 (American Concrete Institute, 2019), orientadas a garantizar la seguridad estructural (Hernandez, 2023).

El diseño de estructuras de hormigón armado se fundamenta en normativas internacionales como el IBC (2021) y el ACI 318(2019), las cuales establecen criterios de resistencia, ductilidad y desempeño sísmico (Reyes , 2025).

A pesar de los avances normativos, los terremotos concentran una elevada proporción de las pérdidas económicas estructurales en zonas urbanas, principalmente debido a deficiencias de diseño y al incumplimiento normativo (Nations, United. , 2024).

En América Latina, esta problemática se acentúa debido a la alta sismicidad del Cinturón de fuego del Pacifico. El (BID., 2025) estima que aproximadamente el 45% de edificaciones urbanas en la región presenta algún grado de vulnerabilidad estructural, lo que evidencia brechas importantes entre normativa diseño y construcción real.

En el caso del Ecuador, el problema es más crítico debido a su ubicación geológica en la zona de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana. El terremoto de Manabí (Mw 7.8) (Sánchez y Simbaña , 2024) expuso la vulnerabilidad estructural del país, generando pérdidas humanas y económicas significativas.

La NEC 2015 establece los requisitos de diseño sismorresistente en el Ecuador y actualmente se encuentra en revisión para incorporar criterios de desempeño estructural basados en estudios recientes de vulnerabilidad y microzonificación sísmica.

En este contexto, resulta pertinente desarrollar un estudio comparativo técnico y económico entre la NEC 2015 y la nueva normativa aplicada a estructuras de 5 y 8 pisos, con el fin de evaluar las variaciones en los criterios de diseño y su impacto en los costos de construcción. Los resultados permitirán determinar si las nuevas exigencias normativas se justifican en la seguridad y desempeño sísmico de las estructuras analizadas, aportando información relevante para la toma de decisiones en el sector de la construcción ecuatoriana.

Como resultado, se plantea la siguiente formulación del problema y sus respectivos subproblemas:

¿Cuáles son las diferencias técnicas y económicas en el diseño de los pórticos especiales resistentes a momento de hormigón armado de 5 y 8 pisos al aplicar la NEC 2015 y la nueva propuesta de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, y cómo inciden dichas diferencias en el comportamiento estructural, el consumo de materiales y los costos de construcción?

- ¿Qué diferencias presentan los parámetros de diseño sísmico establecidos por ambas normativas?
- ¿Cómo influyen estas diferencias en el dimensionamiento de vigas y columnas de los pórticos de hormigón armado analizados?
- ¿Qué variaciones se producen en la cantidad de acero de refuerzo y el volumen de hormigón requeridos?
- ¿Cuál es la incidencia de cada normativa en los costos de construcción de edificaciones de 5 y 8 pisos?
- ¿La nueva propuesta normativa conduce a diseños con mayores niveles de seguridad estructural y cuál es su impacto en la eficiencia económica de las edificaciones analizadas?

Por consiguiente, la investigación busca determinar si la revisión de las disposiciones técnicas genera cambios significativos en el desempeño estructural y en los costos de las edificaciones, considerando la normativa vigente y la propuesta de modificación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Realizar un estudio comparativo técnico y económico de pórticos especiales resistentes a momento de 5 a 8 pisos, diseñados conforme a la NEC 2015 y a la nueva propuesta de la norma ecuatoriana de la construcción, con el fin de cuantificar las variaciones en el comportamiento estructural y en los costos derivados de la actualización de la normativa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de diseño y los espectros de respuesta según la NEC 2015 y la nueva propuesta normativa, con el fin de identificar las variaciones en las demandas sísmicas en pórticos de mediana altura (5 y 8 pisos).
- Evaluar el comportamiento estructural y el desempeño sísmico de los modelos mediante software de elementos finitos, comparando indicadores críticos como derivas de piso, cortante basal y periodos de vibración.
- Determinar las cantidades de materiales y el presupuesto de los elementos diseñados, analizando la variación porcentual de los costos asociados a la transición hacia la nueva normativa.
- Analizar la relación técnico-económica de los resultados obtenidos para determinar la eficiencia y viabilidad de la nueva propuesta normativa NEC en edificaciones de mediana altura.

1.4 Justificación

El estudio del comportamiento de las construcciones en zomas de lata peligrosidad sísmica constituye un aporte relevante para la reducción del riesgo. La interacción tectónica asociada a la Placa de Nazca expone al país a eventos recurrentes con potencial de afectar a la población y a la infraestructura. Por ello, la evaluación de su respuesta ante diferentes niveles de demanda sísmica permite identificar vulnerabilidades y sustentar criterios de diseño orientados a mejorar la resiliencia y funcionalidad del entorno construido.

El análisis comparativo entre la NEC 2015 y su propuesta de actualización proporciona evidencia sobre la incidencia de las modificaciones normativas en el comportamiento de las construcciones. Los resultados contribuyen al fortalecimiento de los criterios de diseño y a la reducción de la vulnerabilidad, favoreciendo una mayor resiliencia del entorno construido frente a eventos naturales.

La comparación entre la NEC 2015 y su propuesta de actualización permite evaluar la incidencia de los cambios normativos en pórtico especiales resistentes a momento (SMF) de cinco y ocho pisos. Para ello, se analizan parámetros relacionados con el comportamiento global, las derivas, el dimensionamiento de los componentes y los requerimientos de refuerzo, generando evidencia para la valoración de los criterios de diseño establecidos.

Se evidencia el efecto de las actualizaciones normativas en el contexto ecuatoriano, en un campo con limitada producción científica especializada, mediante el análisis de la respuesta de las estructuras bajo distintos marcos normativos y la evolución de los criterios de diseño en su aplicación profesional. La consistencia de los resultados se garantiza mediante la implementación de herramientas computaciones especializadas, lo que permite una comparación objetiva e interpretación rigurosa del comportamiento estructural.

La viabilidad del estudio se fundamenta en la disponibilidad de recurso técnicos y marcos normativos adecuados. El uso de herramientas informáticas especializadas en ingeniería permite analizar modelos estructurales complejos con alto nivel de precisión. Asimismo, el acceso a la normativa vigente y a propuestas en proceso de evaluación facilita una comparación técnica detallada. Finalmente, la elección de edificaciones de cinco y ocho pisos delimita el alcance del análisis, garantizando un seguimiento riguroso de los parámetros de diseño estructural.

El alcance es comparativo y descriptivo, orientado al comportamiento de pórticos especiales a momento (SMF) de cinco y ocho pisos diseñados bajo la NEC 2015 y su propuesta de actualización de la normativa. Se integra la modelación de los sistemas, la respuesta ante solicitaciones, la estimación de costos y cuantificación de materiales mediante presupuestos referenciales, lo que permite la valoración del impacto de los cambios normativos. En este marco, se contrasta la optimización en eficiencia sin comprender la viabilidad de edificaciones de mediana altura, aportando criterios para la toma de decisiones en ingeniería.

1.5 Alcance

El alcance es comparativo y descriptivo, orientado al comportamiento y factibilidad de pórticos especiales a momento (SMF) de cinco y ocho pisos diseñados bajo la NEC 2015 y su propuesta de modificación. Se integra la modelación de los sistemas, la respuesta ante solicitaciones, la

estimación de costos y la cuantificación de materiales mediante presupuestos referenciales, lo que permite una evaluación integral del impacto de los cambios normativos. En este marco, se determina si la modificación del reglamento mejora la eficiencia sin comprometer la factibilidad de edificaciones de mediana altura, aportando criterios para la toma de decisiones en ingeniería.

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1. Diseño de vigas y columnas por cortante

1.1 Antecedentes

El diseño sismorresistente en Ecuador atraviesa una fase de actualización normativa basada en la incorporación de lecciones de eventos sísmicos recientes y avances en ingeniería estructural. La NEC-SE-DS-2015 ha sido el principal marco de referencia; no obstante, la revisión de modelos de peligrosidad y criterios de ductilidad ha impulsado nuevas propuestas orientadas a mejorar el desempeño del entorno construido. En este contexto, los pórticos especiales a momento (SMF) destacan por su amplia aplicación urbana y flexibilidad arquitectónica, aunque el incremento de exigencias técnicas incide en el consumo de materiales y en los costos de ejecución.

En el ámbito internacional, Abril Camino et al. (2025) presentan un análisis comparativo técnico-económico de pórticos especiales a momento de hormigón armado y acero estructural bajo las normativas ACI 318-25, AISC y NEC-SE-DS 2015, centrado en su respuesta ante solicitaciones dinámicas y eficiencia material. El estudio aborda la disipación de energía mediante la formación de rótulas plásticas en vigas, mecanismo que permite una respuesta inelástica controlada y la estabilidad global del sistema bajo acciones laterales, en configuraciones planas sin elementos de rigidez lateral (Abril, 2023).

Los resultados evidencian un desempeño adecuado en la disipación de energía y destacan la pertinencia de sistemas basados en vigas y columnas para mejorar la respuesta frente a cargas laterales, aportando criterios para el diseño de estructuras con mayor resistencia sísmica.

En el ámbito nacional se identifican investigaciones vinculadas a edificaciones bajo la NEC-SE 2015 y su propuesta de actualización 2024, incluyendo la tesis de Denisse Gabriela Briceño

Álvarez y Anderson Germán Vargas Vásquez, que evidencian una compresión limitada del impacto de los cambios normativos en pórticos especiales a momento. Se destaca la falta de evaluaciones integrales de variables como demanda sísmica, derivas, solicitaciones internas y consumo de materiales, lo que dificulta establecer sus efectos y los requerimientos de diseño. En este contexto, se plantea un análisis comparativo técnico y cuantitativo para identificar diferencias entre la NEC-SE 2015 y la NEC-SE 2024 (Briceño Álvarez y Vargas Vásquez, 2025).

A continuación, se presenta otro objeto de investigación de carácter nacional: la comparación entre la NEC-SE-DS-2015 y el borrador del capítulo sísmico aplicado a edificaciones en la ciudad de Quito, en un contexto asociado a la seguridad estructural evidenciada tras el terremoto de Pedernales (2016), que motivó el ajuste de los espectros de diseño y parámetros de demanda sísmica. La brecha técnica condujo a la formulación de una propuesta que incorpora mapas de amenaza y coeficientes de sitio actualizados, lo que sustenta su contraste con la normativa vigente en un entorno geológico complejo para evaluar la respuesta de las estructuras en términos de ductilidad, resistencia y desempeño. En este marco, se analiza la respuesta estructural y la eficiencia económica de pórticos especiales a momento (SMF) frente a la transición de los espectros de diseño en edificaciones de la ciudad de Quito (Velata , 2025).

1.1.1 El diseño de vigas y columnas por cortante

El diseño a cortante en concreto armado busca garantizar la integridad estructural frente a fuerzas transversales que pueden generar fallas frágiles, asegurando el desempeño, la durabilidad y la eficiencia de vigas y columnas conforme al ACI 318 (ACI, 2025).

1.1.2 Diseño a cortante de vigas

A la hora de diseñar un pórtico especial resistente a momento deben considerarse todos los requisitos aplicables a los elementos que los conforman: vigas, columnas y nudos. Además, otros componentes como los diafragmas y la cimentación merecen estudio cuidadoso por parte del ingeniero que se encargue de diseñar. El diseño sísmico para solicitaciones de cortante para considerar la contribución de las cargas gravitacionales y de la plastificación en los extremos de la viga. Esta última, aparece bajo el criterio viga débil/columna fuerte y se cuantifican teniendo en

cuenta el desarrollo de las resistencias probables a flexión en cada uno de los extremos del elemento. El análisis se desarrolla en cada dirección, en el plano del pórtico, para obtener la fuerza cortante última que se usara para detallar el refuerzo transversal (INESA TECH, s.f.).

1.1.3 Diseño a cortante en columnas

Siguiendo la filosofía del diseño por capacidad para el diseño sísmico de columnas sometidas a cortante (lograr una falla por flexión en vez de una falla por corte), es necesario asegurar que la resistencia de diseño a cortante de la columna, Vu, sea igual o mayor a la fuerza cortante que existe en la columna cuando esta se encuentre en su máxima capacidad a flexión durante el evento sísmico (Valentino , 2025).

Capítulo 2. Diseño de acuerdo con la NEC actualizada, fundamentando en ACI 318-25

En zonas de alta sismicidad como Ecuador, el desarrollo de edificaciones requiere fundamentos técnicos que aseguren un desempeño adecuado frente a acciones sísmicas severas. L actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) incorpora lineamientos alineados con la ACI 318, orientados al comportamiento del hormigón armado.

El análisis se enfoca en el comportamiento estructural de pórticos especiales a momento de cinco y ocho pisos, considerados el objeto de estudio.

2.1.1 Marco normativo y evolución de la NEC

La NEC 2015 ha constituido la base del cálculo estructural en el país; sin embargo, su actualización introduce mejoras orientadas al comportamiento sísmico mediante el incremento de la ductilidad, el fortalecimiento del criterio por capacidad y el control de zonas críticas. La incorporación de los criterios del ACI 318 refuerza una estrategia basada en la disipación de energía y la reducción de mecanismos de falla frágil, integrando además consideraciones de interacción suelo-estructura para optimizar el desempeño global en entornos de alta sismicidad (Fernández & Chamorro , 2023).

2.1.2 Filosofía de diseño estructural

El método de carga y resistencia (LRFD), o estado límite, se fundamentan en la amplificación de acciones y la reducción de propiedades para considerar incertidumbres en el comportamiento estructural, empleando coeficientes que relacionan demanda y respuesta, mientras que el de esfuerzos admisibles (ASD) adopta un tratamiento determinista más conservador, y el diseño por capacidad establece una jerarquía al control del colapso, promoviendo el criterio de columna fuerte-viga débil para concentrar la formación de rótulas plásticas en elementos específicos y garantizar la estabilidad global del sistema (Shumak , 2023).

2.2 Acciones y combinaciones de carga sobre la estructura

Las cargas constituyen acciones externas e internas que generan esfuerzos y deformaciones en los sistemas estructurales, condicionando su respuesta y estabilidad. Su clasificación en permanentes, variables y dinámicas es esencial para el dimensionamiento adecuado y la evaluación del desempeño estructural en términos de seguridad.

Tabla 1. *Clasificación y Cuantificación Normativa de Solicitaciones Estructurales.*

Tipo de carga	**Descripción**	**Características especiales**	**Ejemplo / Consideraciones**
Cargas muertas	Correspondientes al peso propio de los elementos estructurales y no estructurales.	Permanentes y fácilmente cuantificables, con comportamiento estable en el tiempo.	Peso de vigas, losas, muros y cubiertas; su estimación incorrecta compromete la seguridad
Cargas vivas impuestas)	Relacionadas con la ocupación y uso de la estructura	Magnitud y distribución dependientes del uso funcional del sistema.	Personas, mobiliario, vehículos y equipos según la tipología de ocupación.
Cargas de viento	Fuerzas horizontales inducidas por la acción del viento sobre la estructura.	Dependientes de la altura, geometría y velocidad del viento.	Puede generar desplazamientos, vibraciones o

			inestabilidad en estructuras esbeltas.
Cargas de nieve	Cargas verticales generadas por la acumulación de nieve sobre la estructura	Dependen del clima, la inclinación de la cubierta y las propiedades de la nieve.	Diseño de cubierta en zonas frías para evitar sobrecargas y fallas estructurales
Cargas sísmicas	Fuerzas inducidas por el movimiento del suelo durante un evento sísmico.	De naturaleza variable e incierta, generan efectos laterales y verticales significativos.	Requieren diseño sismorresistente con capacidad de ductilidad y disipación de energía.
Cargas especiales	Acciones no convencionales asociadas a condiciones particulares del proyecto.	Requieren análisis específico según su naturaleza y magnitud.	Incluyen impactos, vibraciones de maquinaria, presión del terreno y efectos térmicos (UltraTech, 2021)

Nota: *La tabla presenta la clasificación de cargas estructurales-muertas, vivas, de viento, de nieve, sísmicas y especiales-según su origen, variabilidad y condiciones de servicio en la respuesta estructural.*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

2.3 Análisis estructural

El análisis constituye una etapa esencial del diseño, al permitir la evaluación del comportamiento del sistema frente a las cargas actuantes mediante procedimientos estático equivalente. La normativa vigente prioriza este enfoque, especialmente en estructuras de mediana altura consideradas en el presente estudio (NEC, 2016).

2.4 Control de derivas y desplazamientos

El control de desplazamiento laterales es esencial para garantizar la estabilidad y el desempeño del sistema, siendo la deriva un parámetro crítico asociado a la acción de fuerzas horizontales. Su

verificación en estructuras de mayor altura requiere la incorporación de elementos resistentes como muros de crote y losas, cuya capacidad frente a solicitaciones sísmicas y gravitacionales es determinante para preservar la integridad en el tiempo (Rahaman , 2026).

2.5 Diseño de pórticos especiales resistentes a momento

Los pórticos especiales a momento son sistemas resistentes a cargas laterales mediante la interacción de vigas y columnas, caracterizados por alta ductilidad, disipación de energía y formación controlada de rótulas plásticas. Su clasificación (OMRF, IMRF Y SMRF), conforme a la ASCE y ACI 318, establece requisitos detallado y diseño por capacidad para garantizar el desempeño sísmico (Sameer , 2023).

2.6 Diseño de vigas

El desarrollo de pórticos especiales a momento requiere el cumplimiento de requerimientos normativos en elementos principales y la verificación de sistemas complementarios en diafragmas y cimentaciones, considerando la interacción entre cargas gravitacionales y la formación de rótulas plásticas en zonas críticas bajo el principio de columna fuerte-viga débil y la evaluación de capacidades probables a nivel resisten; este procedimiento se aplica en ambas direcciones para estimar la fuerza última utilizada en el dimensionamiento del refuerzo transversal, con énfasis en la resistencia estructural y detallado sísmico en los extremos para garantizar comportamiento dúctil (Correa , 2024).

2.7 Diseño de columnas

Las columnas se diseñan considerando la interacción entre carga axial y momento flector. El procedimiento inicia con la identificación de cargas permanentes, variables y, cuando corresponde, efectos de viento o sismo, a partil de los cuales se establecen combinaciones normativas para definir escenarios críticos. Se determina propiedades del material, incluyendo límite de fluencia, módulo de elasticidad y geometría, con fin de evaluar la estabilidad frente a pandeo por flexión en función de esbeltez, condiciones de apoyo y longitud efectiva (Laurin , 2026).

El confinamiento en zonas críticas incrementa la ductilidad y la capacidad de deformación, reduciendo la probabilidad de fallas frágiles. La actualización normativa fortalece el desempeño frente a solicitaciones sísmicas mediante el control detallado y la verificación de estabilidad global.

2.8 Detallado sísmico del refuerzo

El hormigón constituye un factor determinante frente a solicitaciones sísmicas, al influir en el desempeño y la reducción de la vulnerabilidad; la incorporación de aisladores, dispositivos de disipación y materiales avanzados ha fortalecido la ductilidad y el control pasivo, cuya efectividad depende de su integración con estudios geotécnicos y condiciones constructivas, mientras que la respuesta global resulta de la articulación entre diseño, ejecución y cumplimiento normativo (Industries, BFS , 2026).

El diseño por capacidad establece una jerarquía resistente orientada a la formación controlada de rotulas plásticas, concentrando la inelasticidad en zonas específicas para garantizar un comportamiento dúctil y predecible. Este enfoque limita la ocurrencia de mecanismos frágiles mediante el control de la sobre resistencia y la protección de elementos vulnerables.

La normativa vigente refuerza la aplicación de este criterio mediante disposiciones más estrictas de detallado y verificación, lo que contribuye a mejorar el desempeño sísmico global del sistema estructural (Gea , 2020).

Desde esta perspectiva, la actualización normativa basada en el ACI 318 constituye un avance en la seguridad estructural al incorporar un enfoque integral frente a solicitaciones sísmicas, proporcionando una base técnica consistente para la comparación con la NEC 2015 y la evaluación de sus implicaciones estructurales y económicas.

Capítulo 3. Fundamentos teóricos de la cuantificación de materiales y evaluación económica en pórticos especiales a momento.

3.1 Cuantificación de materiales

3.1.1 Definición y objetivos

La cuantificación de materiales constituye una etapa esencial en planificación, al permitir la identificación precisa de los requerimientos para la ejecución de una obra y aportar información técnica y financiera que sustenta la toma de decisiones en las distintas fases. Este proceso facilita la definición de los componentes asociados a cada elemento constructivo, estableciendo bases para presupuestos, evaluaciones económicas y procesos de seguimiento en ingeniería (Autodesk, 2026).

En términos generales, contribuyen a la optimización de costos y tiempos, al proporcionar una base confiable para la administración del proyecto.

3.1.2 Relevancia de la planificación y el control de proyectos

La planificación de proyectos constituye un proceso estructurado orientado a transformar resultados verificables a partir de la definición de objetivos SMART, la delimitación del alcance, la estructuración del trabajo en EDT y la programación con diagramas de Gantt, incorporando ajustes y revisiones continuas ante cambios; en términos generales, permite la organización sistemática de actividades, la gestión del tiempo y la mitigación de riesgos, mejorando el cumplimiento de plazos, el control presupuestario y la calidad de los entregables (UNIR , 2023).

3.1.3 Articulación entre metrados, presupuesto y ejecución de obra

La planificación de proyectos de construcción depende de la precisión en los metrados, la estructuración del presupuesto y el seguimiento de las actividades, constituyéndose en la base de una gestión organizada al permitir la anticipación de recursos y tiempos de ejecución: los metrados corresponden a la cuantificación de partidas, mientras que la estimación económica integra el análisis en función de precios y rendimientos, facilitando el control financiero y la toma de decisiones; en conjunto, su integración con herramientas tecnológicas y sistemas de información contribuye a optimizar medios, reducir desviaciones y mejorar la eficiencia del proyecto (Baugan , 2024).

3.2. Materiales principales en pórticos especiales a momento

3.2.1 Hormigón armado

El hormigón armado es un material clave en la ingeniería civil contemporánea, empleado en infraestructuras de alta exigencia en edificaciones, puentes y túneles, donde la interacción entre matriz cementicia y acero optimiza el comportamiento mecánico del sistema, resistiendo compresiones, tracciones y flexiones. Su uso se sustenta en su durabilidad, versatilidad y respuesta en condiciones de servicio severas, además de su adecuado desempeño frente al fuego y su relación costo-beneficio, consolidándose como solución constructiva de amplio alcance (HOLCIM, 2026).

3.2.2 Acero de refuerzo en la ingeniería y construcción contemporánea

Según (Monterrey Max Acero , 2025), el componente estructural es esencial en la ingeniería civil contemporánea, al mejorar la respuesta de las estructuras a flexión, compresión y esfuerzo de tracción incrementado estabilidad, seguridad y durabilidad. En el sistema de hormigón armado, la matriz resiste principalmente compresiones, mientras que el elemento complementario optimiza el comportamiento ante dichas acciones, permitiendo una distribución más eficiente de las cargas internas y reduciendo la susceptibilidad a fisuración. Su relación depende de propiedades mecánicas como el límite de fluencia, la resistencia a esfuerzos de tensión y el peso lineal, asegurando el cumplimiento de las condiciones de servicio.

3.3 Fundamentos de evaluación económica en edificaciones estructurales

3.3.1 Evaluación económica en proyectos de construcción

La evaluación de viabilidad constituye una herramienta esencial en los proyectos de ingeniería civil, al permitir determinar la factibilidad técnica, administrativa y social de una propuesta constructiva mediante el análisis de costo, beneficio, condiciones de incertidumbre e indicadores económicos como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), facilitando la toma de decisiones. Este procedimiento integra la definición del alcance, la estimación de presupuesto de ejecución y operación, y la valoración de impacto sociales y ambientales, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia del proyecto (Constructivo, 2026).

3.3.2 Costos directo en estructuras a porticadas: análisis de materiales estructurales

En el ámbito de la ingeniería y en palabras de (Carmona, 2025), establece que la identificación de los componentes económicos directos asociados a los materiales constructivos es calve en la planificación, el control y la evaluación de proyectos de edificación. En estructuras porticadas, estos se relacionan con insumos de sistemas resistentes y su imputación a partidas presupuestarias. Su análisis, basado en propiedades técnicas, rendimientos y consumos unitarios, permite mejorar la precisión de las estimaciones, reduce desviaciones económicas y optimizar la asignación de recursos, fortaleciéndola coherencia entre programación técnica y ejecución constructiva.

3.3. Tipos de costos en la construcción y su adecuada gestión

El control presupuestario constituye un componente fundamental en los proyectos de construcción, debido a su influencia en la viabilidad y el cumplimiento de los objetivos establecidos, El proceso integra la planificación de gastos directos e indirectos asociados a materiales, mano de obra, equipos, actividades administrativas y supervisión. Asimismo, el seguimiento continuo del presupuesto permite identificar desviaciones, evaluar su impacto e implementar medidas correctivas oportunas, En este contexto, contribuye a optimizar la asignación de recursos, reducir incertidumbres y fortalecer la sostenibilidad durante la ejecución del proyecto (EDTECH EDUCA , 2026).

3.4 Análisis de precios unitarios (APU)

El Análisis de Precios Unitarios (APU) es una herramienta utilizada para la evaluación económica de actividades constructivas mediante la integración de materiales, mano de obra, equipos y costos indirectos. Su aplicación permite establecer precios unitarios, mejorar la precisión presupuestaria y sustentar decisiones técnicas y financieras. Asimismo, contribuye al control económico, la optimización de recursos y la coherencia de las estimaciones en procesos de ejecución, contratación y licitación, fortaleciendo la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción (OneEstimate , 2026).

Capítulo 4. Análisis técnico-económico de los resultados

4.1 Ubicación del proyecto

El presente proyecto se ubica en la parroquia de Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha, Ecuador. Se asume un perfil de suelo tipo D.

4.2 Materiales

4.2.1 Hormigón

Para todos los elementos estructurales de los edificios de cinco niveles se utilizó hormigón $f'c = 240\ kg/cm^2$.

Para todos los elementos estructurales de los edificios de ocho niveles se utilizó hormigón $f'c = 240\ kg/cm^2$.

El módulo de elasticidad de hormigón se calculó de acuerdo con (Cabrera , 2014)utilizando la siguiente expresión.

$$f'c = 12400\sqrt{f'c}$$

Donde $f'c$ está en kg/cm^2

4.2.2 Acero de refuerzo

Las varillas de refuerzo utilizadas para todos los modelos son de calidad ASTM A706 Gr. 60, $fy = 4200\ kg/cm^2$

4.3 Cargas

4.3.1 Cargas permanentes

Tabla 2. *Cargas permanentes*

ENTREPISO TÍPICO USO RESIDENCIAL	
DESCRIPCIÓN	CARGA $\boldsymbol{T/cm^2}$
Losa alivianada 25cm	0.402
Paredes	0.200
Masillados	0.088
Instalaciones	0.010
Acabados	0.044
TOTAL	0.744
CUBIERTA INACCESIBLE	-
DESCRIPCIÓN	CARGA $\boldsymbol{T/cm^2}$
Losa alivianada 25cm	0.402
Paredes	-
Masillados	-

Instalaciones	0.010
Acabados	-
TOTAL	0.412

Nota: *Cargas permanentes para diseño*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.3.2 Cargas variables

Tabla3. *Cargas Variables*

Descripción	**Carga T/cm^2**
Residencia	0.200
Cubierta inaccesible	0.070

Nota: *Cargas variables para diseño*

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

4.3.3 Cargas sísmicas

Norma vigente de la NEC 2015

Edificio 5 niveles

Se utilizo el método 2 de la NEC 2015, considerando que este periodo se ajusta mejor al periodo calculando mediante análisis modal

$T_a = 1.3 * C_t * h_n^x = 0.055 * 17.16^{0.9} = 0.923$

Donde:

$\eta = 2.48$

$Z = 0.40$

$F_a = 1.20$

$F_d = 1.19$

$F_s = 1.28$

$$T_c = 0.55F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.698 \approx 0.70$$

$$r = 1$$

$$R = 8$$

El edificio no presenta irregularidades en planta ni elevación: $\emptyset_P = 1$ & $\emptyset_E = 1$

De acuerdo con el uso residencial del edificio, la categoría de importancia se ubica en otras estructuras, entonces s $I = 1.0$.

$$T_a > T_c$$

Entonces:

$$S_a(T_a) = \eta Z F_a * (\frac{T_c}{T})^r = 0.90$$

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \emptyset_P * \emptyset_E} * W = \frac{1 * 0.90}{8 * 1 * 1} * W$$

$$V = 0.113 * W$$

$$k = 0.75 + 0.5T_a = 1.212$$

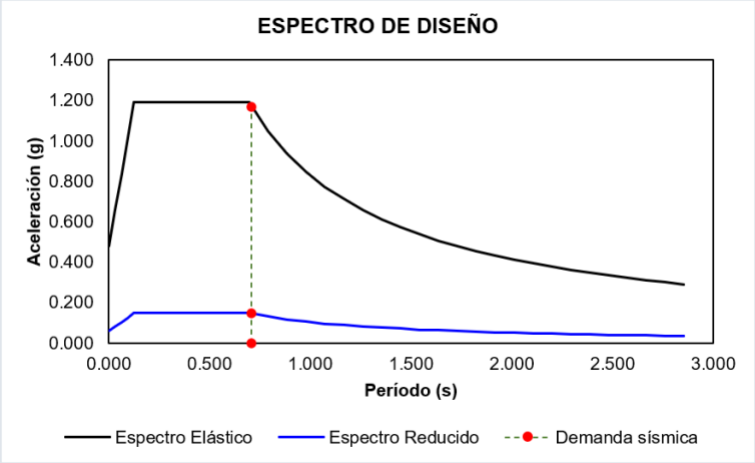


Ilustración 1 *Espectro de diseño de 5 pisos NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Edificio 8 niveles

Se utilizo el método 1 de la NEC 2015, considerando que este periodo se ajusta mejor al periodo calculado mediante análisis nodal.

$T_a = C_t * h_n^x = 0.055 * 26.88^{0.9} = 1.064$

Donde:

$\eta = 2.48$

$Z = 0.40$

$F_a = 1.20$

$F_d = 1.19$

$F_s = 1.28$

$T_c = 0.55F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.698 \approx 0.70$

$r = 1$

$R = 8$

El edificio no presenta irregularidades en planta ni elevación $\emptyset_P = 1$ & $\emptyset_E = 1$

De acuerdo con el uso residencial del edificio, la categoría de importancia se ubica en otras estructuras, entonces $I = 1.0$

$T_a > T_c$

Entonces:

$S_a(T_a) = \eta Z F_a * (\frac{T_c}{T})^r = 0.781$

$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \emptyset_P * \emptyset_E} * W = \frac{1 * 0.781}{8 * 1 * 1} * W$

$V = 0.098 * W$

$k = 0.75 + 0.5T_a = 1.282$

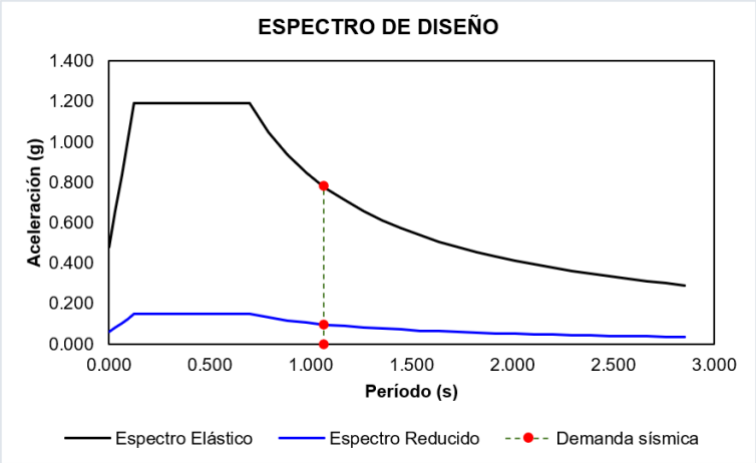


Ilustración 2 *Espectro de diseño de 8 pisos NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

De acuerdo con el uso residencial de los edificios, la categoría de riesgo es II.

$ZF_a = 0.524$

Categoría de diseño sísmico $CDS = EF$

Tabla 3. *Categoría de diseño sísmico*

Criterio	Categoría de diseño sísmico (CDS)
$ZF_a \leq 0.33$	C
$0.33 < ZF_a \leq 0.0.2$	D
$ZF_a > 0.5$	EF

Edificaciones dentro de la categoría de riesgo IV

Nota: *Categoría de diseño sísmico (CDS)*

Fuente: *NEC 2026*

Considerando la categoría de riesgo II, el factor de importancia sísmica es $I_e = 1.0$

Tabla 4. *Categoría de riesgo*

Categoría de Riesgo	Factor de Importancia Sísmica, I_e
I	1.00
II	1.00
III	1.25
IV	1.50

Nota: *Categoría de riesgo y factor de importancia sísmica*
Fuente: *NEC 2026*

Edificio 5 niveles

$T_a = C_t * h_n^x = 0.0466 * 17.16^{0.9} = 0.602$

Periodo para el cálculo del cortante basal, V, y otros cálculos de resistencia:

$T = C_u T_a = 1.4 * 0.602 = 0.843$

Donde:

$Z = 0.46$

$F_a = 1.14$

$F_d = 1.15$

$F_s = 1.32$

$T_0 = 0.1 F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.133$

$T_c = 0.4 F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.533$

$T_L = 2.4 F_d = 2.76$

$r = 1$ (Provincias de la Sierra y Oriente)

$R = 8$

$\Omega_o = 3$

$C_d = 5.5$

$T_c < T < T_L$

Entonces:

$S_{aT} = 2.4 Z F_a * (\frac{T_c}{T})^r = 0.796$

$V = \frac{I_e * S_{aT}}{R} * W = \frac{1 * 0.796}{8} * W$

$V = 0.099 * W$

$k = 0.75 + 0.5T = 1.171$

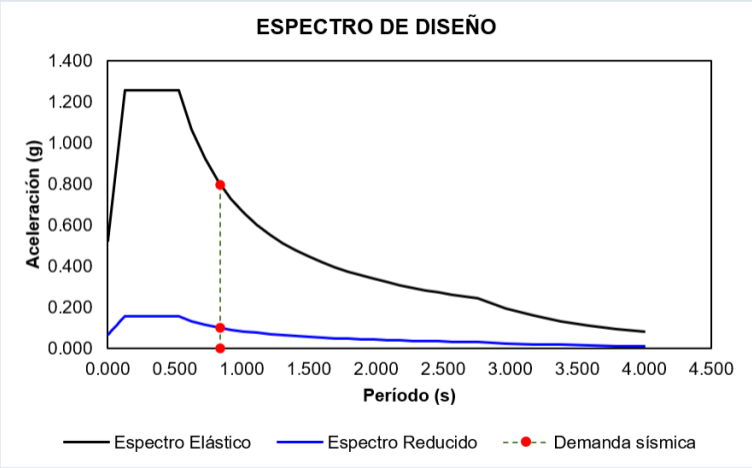


Ilustración 3. *Espectro de diseño de 5 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Edificio 8 niveles

$T_a = C_t * h_n^x = 0.0466 * 26.88^{0.9} = 0.901$

Periodo para el cálculo del cortante basal, V, y otros cálculos de resistencia:

$T = T_a = 0.901$

Donde:

$Z = 0.46$

$F_a = 1.14$

$F_d = 1.15$

$F_s = 1.32$

$T_0 = 0.1F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.133$

$T_c = 0.4F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.533$

$T_L = 2.4F_d = 2.76$

$r = 1$ (Provincias de la Sierra y Oriente)

$R = 8$

$\Omega_o = 3$

$C_d = 5.5$

$T_c < T < T_L$

Entonces:

$$S_{aT} = 2.4ZF_a * (\frac{T_c}{T})^r = 0.744$$

$$V = \frac{I_e * S_{aT}}{R} * W = \frac{1*0.744}{8} * W$$

$$V = 0.094 * W$$

$$k = 0.75 + 0.5T = 1.201$$

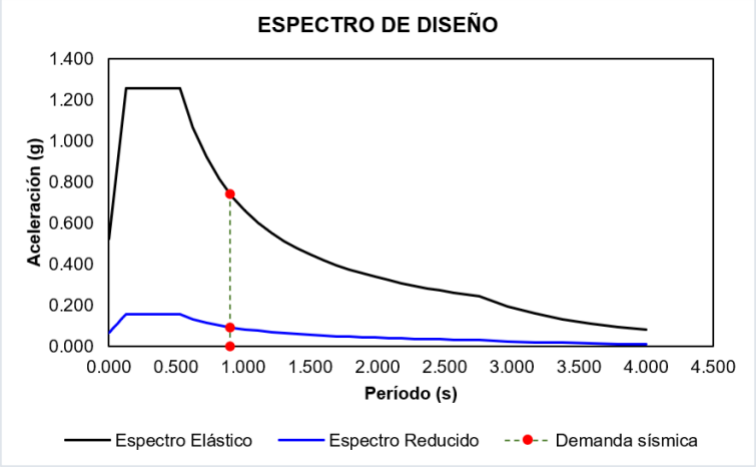


Ilustración 4*. Espectro de diseño de 8 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.4 Combinaciones de carga

De acuerdo con el numeral 3.4.3 de la NEC-SE-CG, para el diseño por ultima resistencia se usó las siguientes combinaciones:

1.4D

1.2+1.6L

1.2D+0.5L+E

0.9+E

DONDE:

D: Carga permanente

E: Carga símica

L: Sobrecarga

Lr: Sobrecarga sobre cubierta

R: Carga de lluvia

S: Carga de granizo

W: Carga de viento

4.5 Modelos matemáticos

Tabla 5. *Modelos matemáticos*

Nombre de modelo	Descripción
mv_5	Modelo de cinco niveles utilizando la normativa vigente
mv_8	Modelo de ocho pisos utilizando la normativa vigente
mn_5	Modelo de cinco niveles utilizando la nueva propuesta
mn_8	Modelo de ocho niveles utilizando la nueva propuesta

Nota: *Descripción de modelos a utilizar*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Planta tipo edificios de 5 pisos

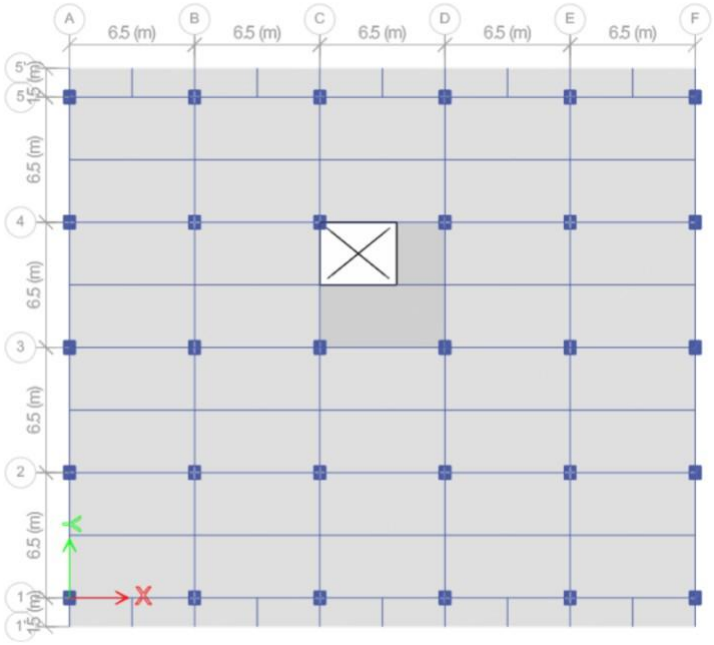


Ilustración 5 *Planta tipo edificios de 5 pisos*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Planta tipo edificios de 8 pisos

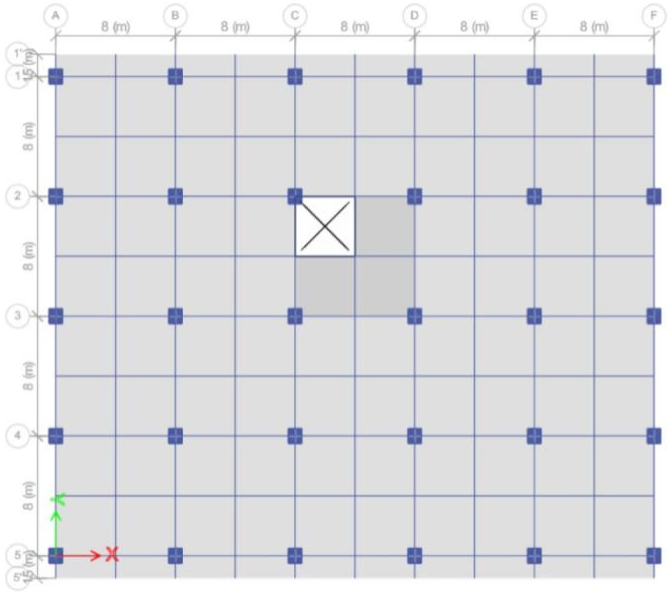


Ilustración 6 *Planta tipo edificios de 8 pisos*
Fuente*: Elaboración propia (2026)*

4.5.1 Modelo mv_5

Tabla 6. *Modelo de 5 pisos*

Nivel	Columnas	Vigas principales	Vigas secundarias	Losas
5	C 50X60	V 35X50	V 25X50	L 25
4	C 50X60	V 45X65	V 25X50	L 25
3	C 50X60	V 45X65	V 25X50	L 25
2	C 60X70	V 55X75	V 25X50	L 25
1	C 60X70	V 55X75	V 25X50	L 25

Nota: *Modelo de 5 pisos con la NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.5.2 Inercia efectiva

Columnas $I_e = 0.80 * I$

Vigas $I_e = 0.50 * I$

Losa $I_e = 0.25 * I$

4.5.3 Control de derivas

Tabla 7. *Control de derivas*

Estructuras de:	$\Delta_M$máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: *Valores para controlar derivas*
Fuente: *NEC 2015*

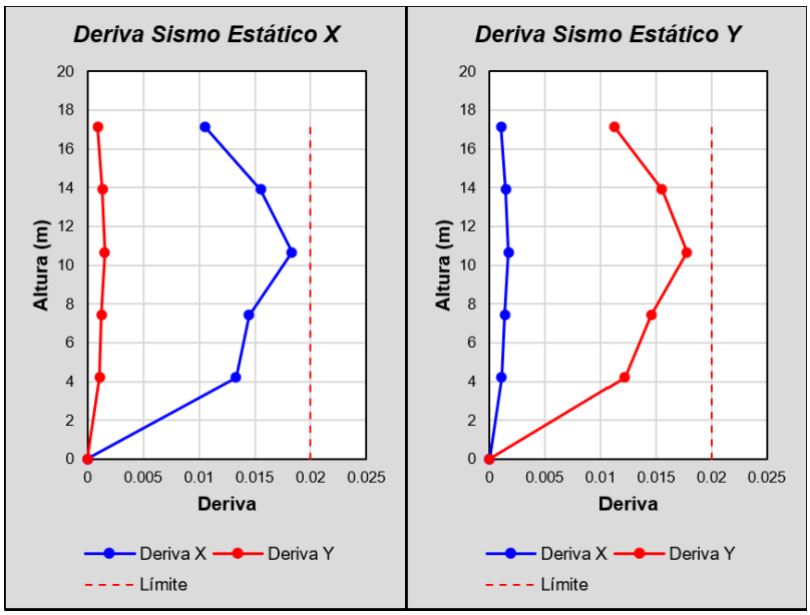


Ilustración 7 *Deriva sismo estático en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

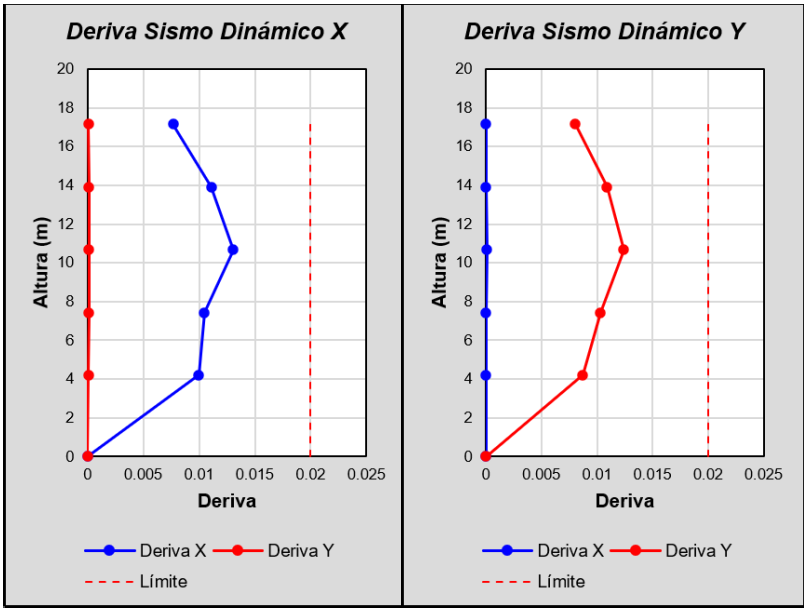


Ilustración 8 *Deriva sismo dinámico en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.5.4 Control de estabilidad

Tabla 8 *Control de estabilidad*

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
1	4.20	1335.9	9.37	44.6	0.067	0.091	Cumple
2	3.24	1306.9	7.83	86.9	0.036	0.091	Cumple
3	3.24	1200.0	9.88	123.3	0.030	0.091	Cumple
4	3.24	1200.0	8.38	170.0	0.018	0.091	Cumple
5	3.24	756.8	5.68	141.7	0.009	0.091	Cumple

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
1	4.20	1335.93	8.51	44.6	0.061	0.091	Cumple
2	3.24	1306.90	7.86	86.9	0.036	0.091	Cumple
3	3.24	1199.96	9.60	123.3	0.029	0.091	Cumple
4	3.24	1199.96	8.38	170.0	0.018	0.091	Cumple
5	3.24	756.77	6.05	141.7	0.010	0.091	Cumple

Nota: *Control de estabilidad edificio 5 pisos NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.5.5 Análisis del pórtico más critico

Se analizo el pórtico 1.

Chequeo manual

Tabla 9 *Chequeo manual viga edificio 5 pisos NEC 2015*

Tramo	D	L	E	1.2D+1.6L	1.2D+0.5L+E	0.9D+E	ENVELOPE
Inicio	-9.79	-1.8	-31.78	-14.63	-44.43	-40.59	-44.43
Mitad	7.11	1.35	-1.27	10.69	7.94	5.13	10.69
Final	-7.94	-1.43	-34.67	-11.82	-44.91	-41.82	-44.91
Mu (T*m)	**b (cm)**	**h (cm)**	**d (cm)**	$f'c(\frac{kg}{cm^2})$	$fy(\frac{kg}{cm^2})$	$As_{min}(cm^2)$	$As(cm^2)$
44.43	55	75	69.1	240	4200	12.67	17.87
10.69	55	75	69.1	240	4200	12.67	12.67
44.91	55	75	69.1	240	4200	12.67	18.08

Nota: *Valores para chequeo en vigas*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

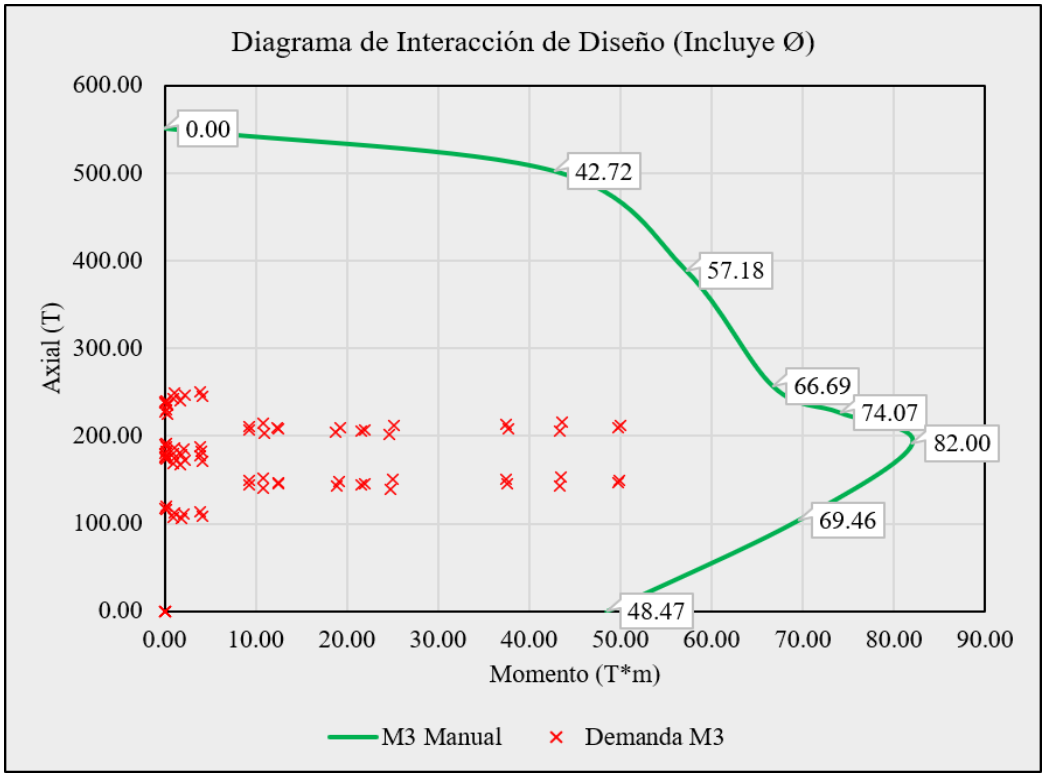


Ilustración 9 *Diagrama de interacción de diseño*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

La demanda se encuentra por debajo de la capacidad de diseño de la columna, por lo tanto, es adecuado.

4.6 Modelo mv_8

Tabla 10 *Modelo edificio 8 pisos*

Nivel	Columnas	Vigas principales	Vigas secundarias	Losas
8	C 60X70	V 35X60	V 25X60	L25
7	C 70X80	V 55X65	V 25X60	L25
6	C 70X80	V 55X65	V 25X60	L25
5	C 80X90	V 65X75	V 25X60	L25

4	C 80X90	V 65X75	V 25X60	L25
3	C 80X90	V 65X75	V 25X60	L25
2	C 90X100	V 65X75	V 25X60	L25
1	C 90X100	V 80X110	V 25X60	L25

Nota: *Modelo edificio 8 pisos NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.6.1 Inercia efectiva

Columnas $I_e = 0.80 * I$

Vigas $I_e = 0.50 * I$

Losa $I_e = 0.25 * I$

4.6.2 Control de derivas

Tabla 11 *Control de derivas*

Estructuras de:	**$\Delta_M$máxima (sin unidad)**
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: *Valores para control de derivas*
Fuente: *NEC 2015*

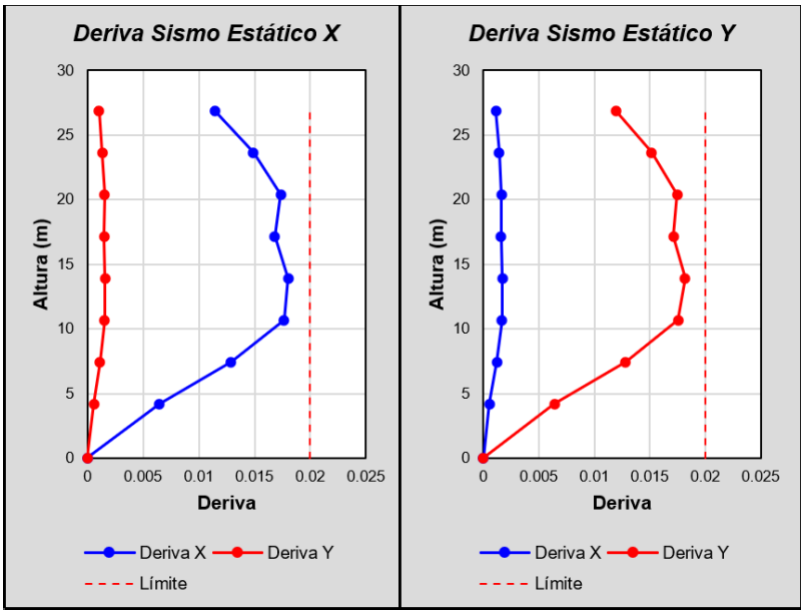


Ilustración 10 *Derivas sismo estático en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

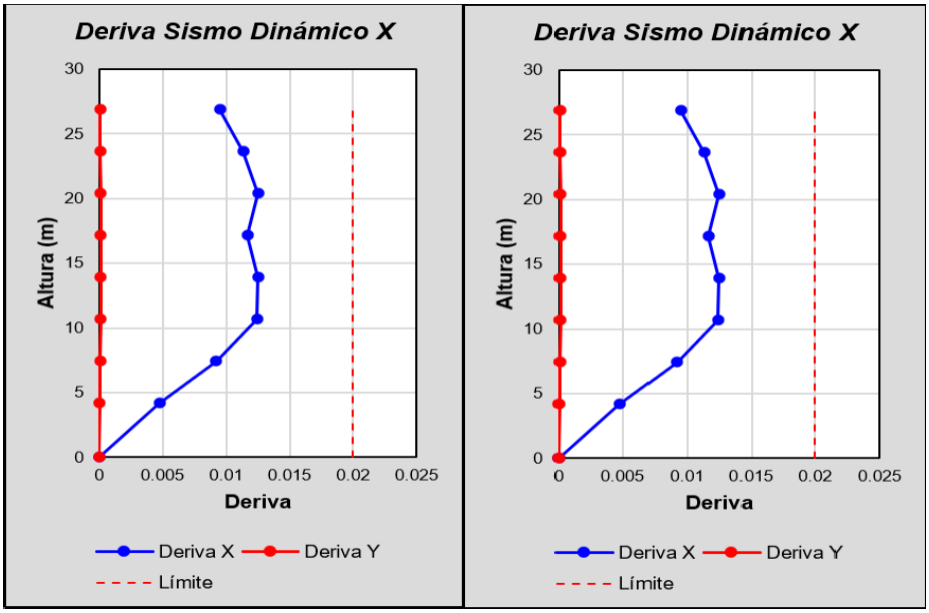


Ilustración 11 *Derivas sismo dinámico en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.6.4 Control de estabilidad

Tabla 12 *Control de estabilidad*

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
8	3.24	1172.3	6.18	215.26	0.010	0.091	Cumple
7	3.24	1867.3	8.04	280.32	0.017	0.091	Cumple
6	3.24	1867.3	9.38	234.46	0.023	0.091	Cumple
5	3.24	2009.6	9.07	202.43	0.028	0.091	Cumple
4	3.24	2009.6	9.74	156.48	0.039	0.091	Cumple
3	3.24	2009.6	9.53	111.42	0.053	0.091	Cumple
2	3.24	2045.6	6.95	70.70	0.062	0.091	Cumple
1	4.20	2433.3	4.56	41.31	0.064	0.091	Cumple
Piso	**Entrepiso (m)**	**P_x (tonf)**	**Δ_{xe}(mm)**	**v_x(tonf)**	**θ (rad)**	**θ_{max}(rad)**	**Check**

8	3.24	1172.3	6.44	215.26	0.011	0.091	Cumple
7	3.24	1867.3	8.19	280.32	0.017	0.091	Cumple
6	3.24	1867.3	9.44	234.46	0.023	0.091	Cumple
5	3.24	2009.6	9.25	202.43	0.028	0.091	Cumple
4	3.24	2009.6	9.82	156.48	0.039	0.091	Cumple
3	3.24	2009.6	9.48	111.42	0.053	0.091	Cumple
2	3.24	2045.6	6.92	70.70	0.062	0.091	Cumple
1	4.20	2433.3	4.49	41.31	0.063	0.091	Cumple

Nota: *Control de estabilidad edificio 8 pisos NEC 2015*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.6.5 Análisis del pórtico más critico

Se analizo el pórtico 1.

Chequeo manual viga

Tabla 13 *Chequeo manual viga edificio 8 pisos NEC 2015*

Tramo	**D**	**L**	**E**	**1.2D+1.6L**	**1.2D+0.5L+E**	**0.9D+E**	**ENVELOPE**
Inicio	-23.3	-3.59	-104.31	-33.70	-134.07	-125.28	-134.07
Mitad	16.03	2.57	2.62	23.35	23.14	17.05	23.35
Final	-22.1	-3.16	-98.32	-31.58	-126.42	-118.21	-126.42
Mu (T*m)	**b (cm)**	**h (cm)**	**d (cm)**	$f'c(\frac{kg}{cm^2})$	$fy(\frac{kg}{cm^2})$	$As_{min}(cm^2)$	$As(cm^2)$
134.07	80	110	104	240	4200	27.73	35.68
23.35	80	110	104	240	4200	27.73	27.73
126.42	80	110	104	240	4200	27.73	33.55

Nota: *Valores para chequeo en vigas*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Chequeo manual columna

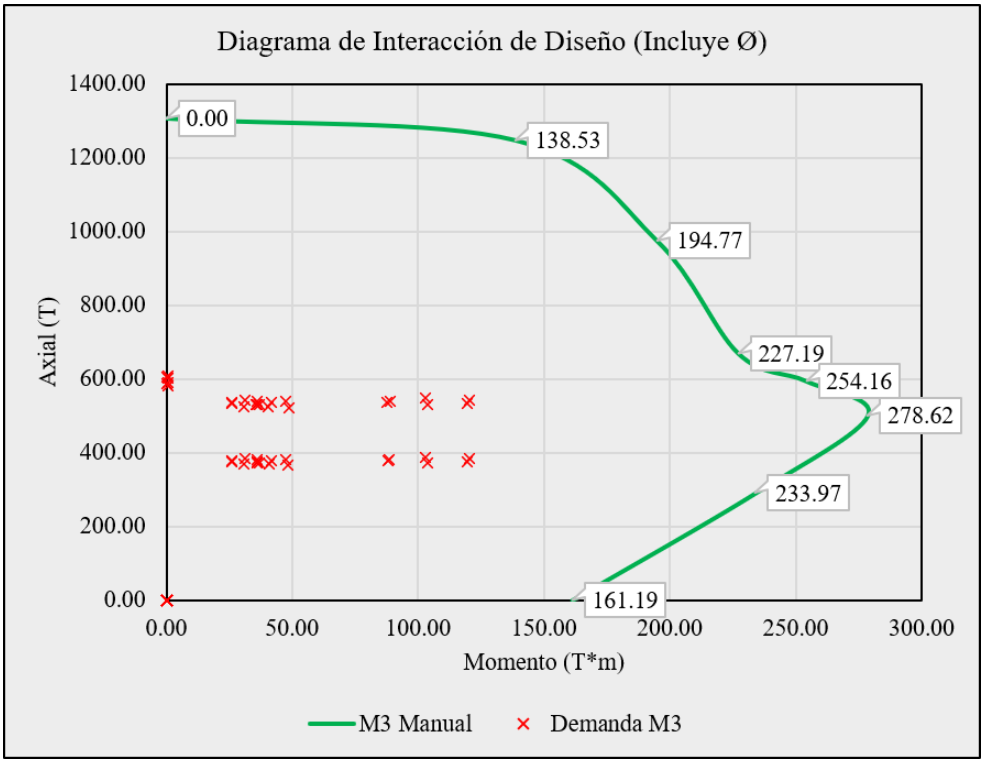


Ilustración 12 *Diagrama de interacción de diseño*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

La demanda se encuentra por debajo de la capacidad de diseño de la columna, por lo tanto, es adecuado.

4.7 Modelo mn_5

Tabla 14 Modelo edificio 5 pisos

Nivel	**Columnas**	**Vigas principales**	**Vigas secundarias**	**Losas**
5	C 55X60	V 35X50	V 25X50	L 25
4	C 55X60	V 45X65	V 25X50	L 25
3	C 55X60	V 45X65	V 25X50	L 25
2	C 65X70	V 55X75	V 25X50	L 25

1	C 65X70	V 55X75	V 25X50	L 25

Nota: *Modelo edificio 5 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Tabla 15 *Fracción de la carga viva considerada en la carga sísmica reactiva*

Descripción	X_L
Azoteas, marquesinas y techos.	0.00
Edificaciones para uso residencial, de oficinas, hoteles o restaurantes.	0.15
Edificaciones destinadas al sector de salud, educación o similares.	0.25
Edificaciones destinadas a bodegas, salas de archivos o almacenamiento.	0.25
Edificaciones destinadas para cines, teatros, salas de reuniones o de congresos, centros comerciales, estacionamientos o construcciones que tenga alta probabilidad de aglomeración de personas.	0.30

Nota: *Valores para la fracción de la carga viva*
Fuente: *NEC 2026*

4.7.1 Inercia efectiva

Columnas $I_e = 0.80 * I$

Vigas $I_e = 0.50 * I$

Losa $I_e = 0.25 * I$

4.7.2 Control de derivas

Tabla 16 *Control de derivas*

Estructura	**Categoría de riesgo**		
	I o II	**III**	**IV**
Sistemas de resistencia a carga lateral en edificaciones con paredes interiores flexibles, constituidas por perfiles livianos de acero o madera recubiertos con paneles de yeso, fibrocemento, o similar.	0.018	0.015	0.012
	0.015	0.012	0.01

Sistemas de resistencia a carga lateral en edificaciones con paredes interiores rígidas de bloque de cemento o de ladrillo de arcilla.			
Pórticos resistentes a momento constituidos por vigas de acero y columnas tubulares de acero rellenas de hormigón, con cualquier tipo de divisiones interiores.	0.01	N.P	N.P

Nota: *Valores para el control de las derivas*
Fuente: *NEC 2026*

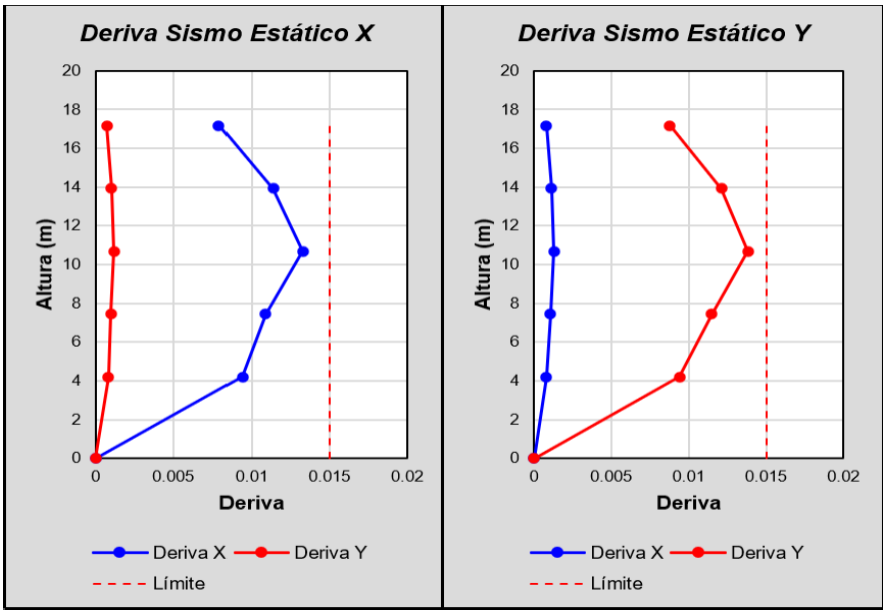


Ilustración 13 Deriva en sismo estático en X y Y
Fuente: Autoría propia

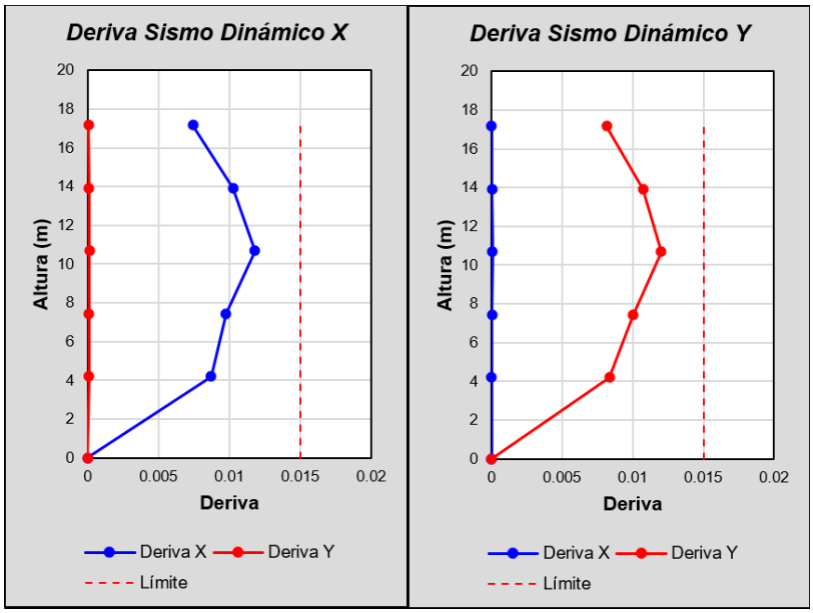


Ilustración 14 *Deriva en sismo dinámico en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.7.3 Control de estabilidad

Tabla 17 *Control de estabilidad*

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
1	4.20	1345.3	7.23	41.3	0.056	0.091	Cumple
2	3.24	1318.8	6.41	78.6	0.033	0.091	Cumple
3	3.24	1206.1	7.82	110.2	0.026	0.091	Cumple
4	3.24	1206.1	6.70	150.2	0.017	0.091	Cumple
5	3.24	763.2	4.67	122.5	0.009	0.091	Cumple

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
1	4.20	1345.28	7.18	41.3	0.056	0.091	Cumple
2	3.24	1313.83	6.77	78.6	0.035	0.091	Cumple
3	3.24	1206.08	8.15	110.2	0.028	0.091	Cumple
4	3.24	1206.08	7.13	150.2	0.018	0.091	Cumple

5	3.24	763.24	5.18	122.5	0.010	0.091	Cumple

Nota: *Control de estabilidad edificio 5 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.7.4 Análisis del pórtico más critico

Se analizo el pórtico 1

Chequeo manual de la viga

Tabla 18 *Chequeo manual de la viga edificio 5 pisos NEC 2026*

Tramo	**D**	**L**	**E**	**1.2D+1.6L**	**1.2D+0.5L+E**	**0.9D+E**	**ENVELOPE**
Inicio	-8.17	-1.49	-29.15	-12.19	-39.70	-36.50	-39.70
Mitad	6.94	1.32	1.04	10.44	10.03	7.29	10.44
Final	-9.47	-1.74	-27.13	314.15	-39.36	-35.65	-39.36
Mu (T*m)	**b (cm)**	**h (cm)**	**d (cm)**	$f'c(\frac{kg}{cm^2})$	$fy(\frac{kg}{cm^2})$	$As_{min}(cm^2)$	$As(cm^2)$
39.70	55	75	69.1	240	4200	12.67	15.88
10.44	55	75	69.1	240	4200	12.67	12.67
39.36	55	75	69.1	240	4200	12.67	15.74

Nota: *Valores para chequeo viga*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Chequeo manual columna

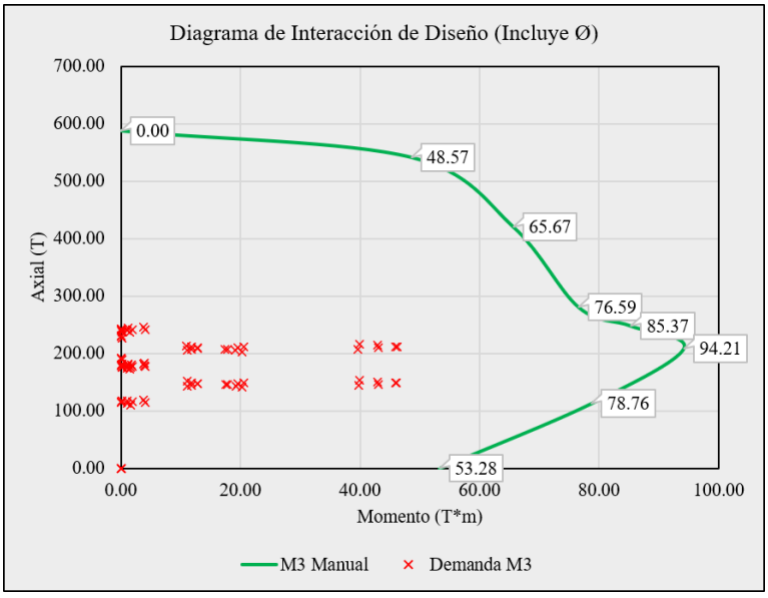


Ilustración 15 *Diagrama de interacción de diseño*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

La demanda se encuentra por debajo de la capacidad de diseño de la columna, por lo tanto, es adecuado.

4.8 Modelo mn_8

Tabla 19 *Modelo de edificio 8 pisos*

Nivel	Columnas	Vigas principales	Vigas secundarias	Losas
8	C 60X70	V 35X60	V 25X60	L25
7	C 70X80	V 55X70	V 25X60	L25
6	C 70X80	V 55x70	V 25X60	L25
5	C 80X90	V 65X80	V 25X60	L25
4	C 80X90	V 65X80	V 25X60	L25
3	C 80X90	V 65X80	V 25X60	L25
2	C 90X100	V 65X80	V 25X60	L25
1	C 90X100	V 80X110	V 25X60	L25

Nota: *Modelo de edificio 8 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Tabla 20 *Fracción de la carga viva considerada en la carga sísmica reactiva*

Descripción	X_L
Azoteas, marquesinas y techos.	0.00
Edificaciones para uso residencial, de oficinas, hoteles o restaurantes.	0.15
Edificaciones destinadas al sector de salud, educación o similares.	0.25
Edificaciones destinadas a bodegas, salas de archivos o almacenamiento.	0.25
Edificaciones destinadas para cines, teatros, salas de reuniones o de congresos, centros comerciales, estacionamientos o construcciones que tenga alta probabilidad de aglomeración de personas.	0.30

Nota: *Valores para la fracción de la carga viva*
Fuente: *NEC 2026*

4.8.2 Inercia efectiva

Columnas $I_e = 0.80 * I$

Vigas $I_e = 0.50 * I$

Losa $I_e = 0.25 * I$

4.8.3 Control de derivas

Tabla 21 *Control de derivas*

Estructura	Categoría de riesgo		
	I o II	**III**	**IV**
Sistemas de resistencia a carga lateral en edificaciones con paredes interiores flexibles, constituidas por perfiles livianos de acero o madera recubiertos con paneles de yeso, fibrocemento, o similar.	0.018	0.015	0.012
Sistemas de resistencia a carga lateral en edificaciones con paredes interiores rígidas de bloque de cemento o de ladrillo de arcilla.	0.015	0.012	0.01
Pórticos resistentes a momento constituidos por vigas de acero y columnas tubulares de acero rellenas de hormigón, con cualquier tipo de divisiones interiores.	0.01	N.P	N.P

Nota: *Valores para el control de derivas*
Fuente: *NEC 2026*

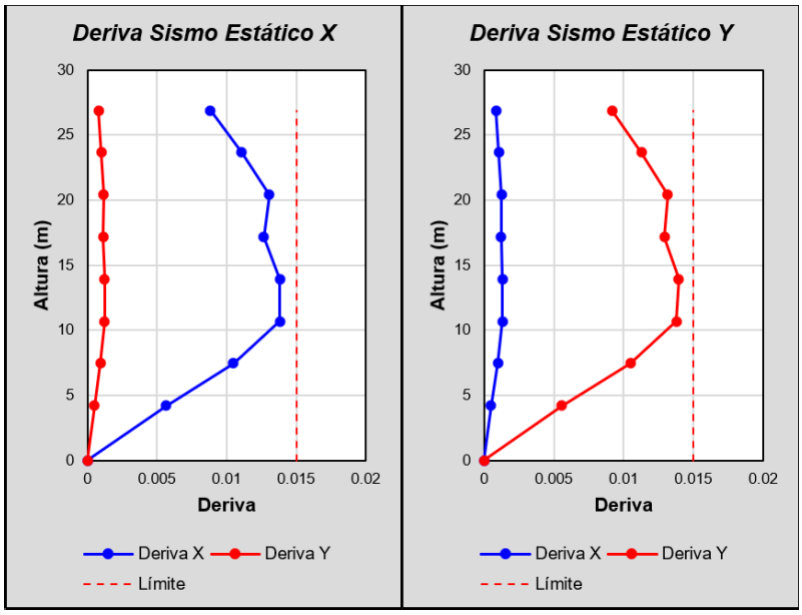


Ilustración 16 *Deriva en sismo estático en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

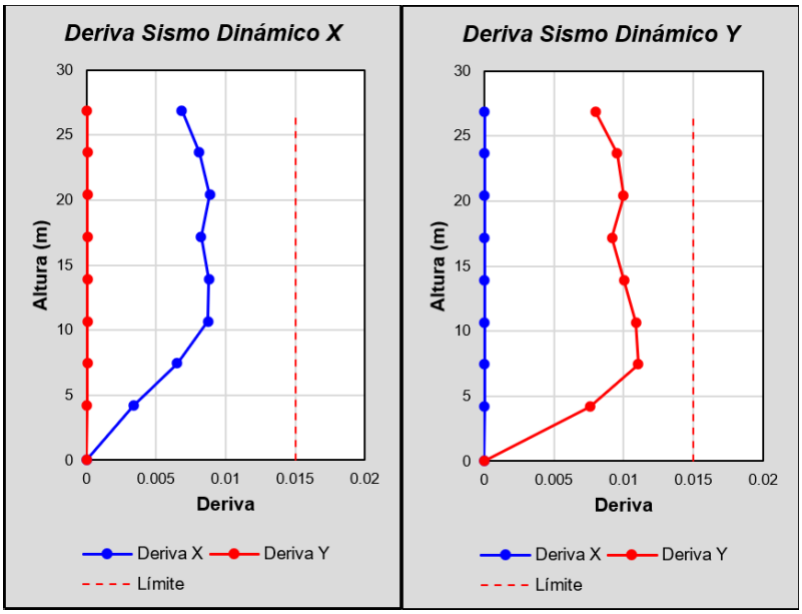


Ilustración 17 *Deriva en sismo dinámico en X y Y*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.8.4 Control de estabilidad

Tabla 22 *Control de estabilidad*

Piso	Entrepiso (m)	P_x (tonf)	Δ_{xe}(mm)	v_x(tonf)	θ (rad)	θ_{max}(rad)	Check
8	3.24	1172.3	5.20	299.75	0.009	0.091	Cumple
7	3.24	1890.8	6.52	269.82	0.014	0.091	Cumple
6	3.24	1890.8	7.70	228.30	0.020	0.091	Cumple
5	3.24	2036.9	7.47	199.76	0.023	0.091	Cumple
4	3.24	2036.9	8.14	156.99	0.033	0.091	Cumple
3	3.24	2036.9	8.14	114.20	0.045	0.091	Cumple
2	3.24	2072.6	6.19	74.58	0.053	0.091	Cumple
1	4.20	2433.3	4.34	44.78	0.056	0.091	Cumple
Piso	**Entrepiso (m)**	**P_x (tonf)**	**Δ_{xe}(mm)**	**v_x(tonf)**	**θ (rad)**	**θ_{max}(rad)**	**Check**
8	3.24	1172.3	5.40	199.75	0.010	0.091	Cumple
7	3.24	1890.8	6.64	269.82	0.014	0.091	Cumple
6	3.24	1890.8	7.74	228.30	0.020	0.091	Cumple
5	3.24	2036.9	7.62	199.76	0.024	0.091	Cumple
4	3.24	2036.9	8.21	156.99	0.033	0.091	Cumple
3	3.24	2036.9	8.11	114.20	0.045	0.091	Cumple
2	3.24	2072.6	6.17	74.58	0.053	0.091	Cumple

1	4.20	2433.3	4.26	44.78	0.055	0.091	Cumple

Nota: *Control de estabilidad edificio 5 pisos NEC 2026*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.8.5 Análisis del pórtico más critico

Se analizó el pórtico 1.

Chequeo manual

Tabla 23 *Chequeo manual de la viga edificio 8 pisos NEC 2026*

Tramo	D	L	E	1.2D+1.6L	1.2D+0.5L+E	0.9D+E	ENVELOPE
Inicio	-23.33	-3.59	-97.77	-33.74	-127.56	-118.77	-127.56
Mitad	16.02	2.57	2.92	23.34	23.43	17.34	23.43
Final	-22.08	-3.16	-92.23	-31.55	-120.31	-112.10	-120.31
Mu (T*m)	**b (cm)**	**h (cm)**	**d (cm)**	$f'c(\frac{kg}{cm^2})$	$fy(\frac{kg}{cm^2})$	$As_{min}(cm^2)$	$As(cm^2)$
127.56	80	110	104.1	240	4200	27.76	33.83
23.43	80	110	104.1	240	4200	27.76	27.76
120.31	80	110	104.1	240	4200	27.76	31.83

Nota: *Valores para chequeo viga*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Chequeo manual columna

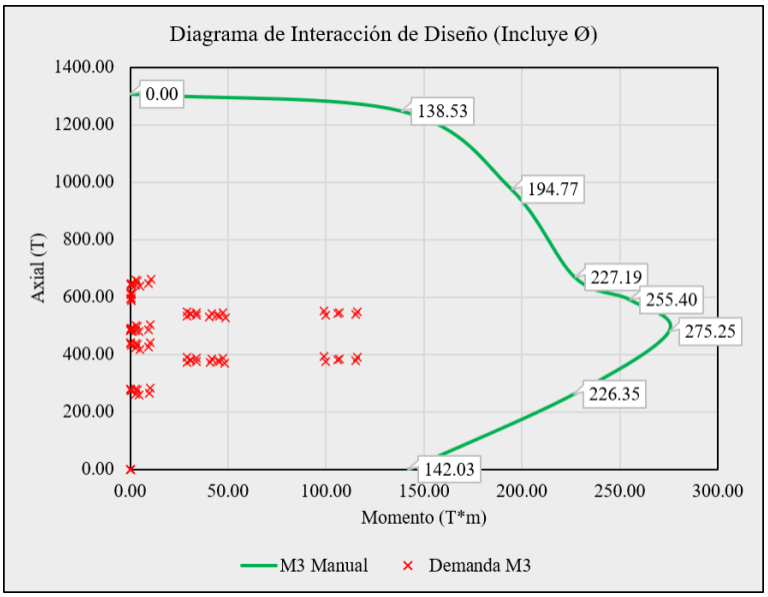


Ilustración 18 *Diagrama de interacción de diseño*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

La demanda se encuentra por debajo de la capacidad de diseño de la columna, por lo tanto, es adecuado.

4.9 Presupuesto referencial

El análisis económico cuenta únicamente con los rubros asociados a los elementos estructurales de la superestructura, específicamente del hormigón y del acero de refuerzo. No se incluyen rubros correspondientes a instalaciones hidrosanitarias, eléctricas o mecánicas, acabados arquitectónicos, cimentaciones, mampostería, excavaciones ni otros componentes no estructurales. Esta delimitación tiene como objetivo evaluar exclusivamente la influencia de los cambios normativos en el diseño estructural y cuantificar su efecto sobre las cantidades de obra y los costos asociados a los elementos estructurales.

4.9.1 Edificio de 5 pisos con la NEC 2015

Tabla 24 *Edificio de 5 pisos con la NEC 2015*

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Precio
Hormigón columnas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 156.77	181.2	$ 28,410.85
Hormigón vigas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 154.40	587.09	$ 90,644.89
Hormigón losas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obre y equipos).	m^3	$ 154.61	568.58	$ 87,905.47
Acero de refuerzo $fy = 4200\frac{kg}{cm^2}$	m^3	$ 2.20	79497.41	$ 174,894.31
				$ 381,855.51

Nota: *Presupuesto referencial*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.9.2 Edificio de 8 pisos con la NEC 2015

Tabla 25 *Edificio de 8 pisos con la NEC 2015*

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Precio
Hormigón columnas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 159.84	534.60	$285,451.00
Hormigón vigas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 157.47	1815.30	$ 285,846.45
Hormigón losas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obre y equipos).	m^3	$ 154.61	1352.74	$ 218,826.69
Acero de refuerzo $fy = 4200\ \frac{kg}{cm^2}$	m^3	$ 2.20	217927.91	$ 479,441.54
				$ 1’069,565.68

Nota: *Presupuesto referencial*

Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.9.3 Edificio de 5 pisos con la nueva propuesta de la NEC

Tabla 26 *Edificio de 5 pisos con la nueva propuesta de la NEC*

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Precio
Hormigón columnas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 156.77	197.78	$ 31,006.99
Hormigón vigas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 154.40	584.72	$ 90,277.81

Hormigón losas $f'c = 240\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obre y equipos).	m^3	$ 154.61	568.58	$ 87,905.47
Acero de refuerzo $fy = 4200\frac{kg}{cm^2}$	m^3	$ 2.20	80917.39	$ 178,018.26
				$ 387,208.53

Nota: *Presupuesto referencial*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.9.4 Edificio de 8 pisos con la nueva propuesta de la NEC

Tabla 27 *Edificio de 8 pisos con la nueva propuesta de la NEC*

Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Precio
Hormigón columnas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 159.84	534.60	$285,451.00
Hormigón vigas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obra y equipos).	m^3	$ 157.47	1815.30	$ 285,846.45
Hormigón losas $f'c = 280\frac{kg}{cm^2}$ (Material, mano de obre y equipos).	m^3	$ 161.77	1352.74	$ 218,826.69
Acero de refuerzo $fy = 4200\frac{kg}{cm^2}$	m^3	$ 2.20	217927.91	$ 479,441.54
				$ 1’088,101.07

Nota: *Presupuesto referencial*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

4.9.5 Resumen

Tabla 28 *Resumen*

Edifico	Presupuesto	Área de construcción (m^2)	Costo/m^2
5 pisos NEC 2015	$ 381,855.51	4712.5	$ 81.03

8 pisos NEC 2015	$ 1'069,565.68	11200	$ 95.50
5 pisos nueva propuesta NEC	$ 387,208.53	4712.5	$ 82.17
8 pisos nueva propuesta NEC	$ 1'088,101.07	11200	$ 97.15

Nota: *Resumen de los presupuestos*
Fuente: *Elaboración propia (2006)*

4.10 Análisis técnico económico

4.10.1 Análisis técnico

Los resultados muestran que los edificios diseñados tanto con la NEC 2015 como con la nueva propuesta de la NEC cumplen satisfactoriamente los requisitos normativos de deriva y estabilidad. Sin embargo, se observan diferencias en la respuesta estructural derivadas de las modificaciones introducidas por la nueva propuesta de la NEC.

Tabla 29 *Análisis técnico*

Parámetros	**Unidad**	**NEC 2015**		**Nueva propuesta de la NEC**	
		5 pisos	**8 pisos**	**5 pisos**	**8 pisos**
Periodo fundamental	s	0.879	1.095	0.848	1.047
Deriva calculada, δ	-	1.83%	1.82%	1.38%	1.39%
Deriva máxima permitida, δ_{max}	-	2%	2%	1.50%	1.50%
$\% \, \delta/\delta_{max}$	%	92%	91%	92%	93%
Coeficiente de respuesta sísmica, C_s	-	0.113	0.098	0.099	0.093
Peso considerado, W	T	5035.7	13438.85	5054.27	13855.97
Cortante basal	T	566.54	1312.36	502.68	1288.18
Coeficiente de estabilidad, θ	-	0.067	0.064	0.056	0.056
Coeficiente de estabilidad permitido, θ_{max}	-	0.091	0.091	0.091	0.091
$\% \, \theta/\theta_{max}$	%	74%	70%	62%	62%

Nota: *Comparación de resultados con ambas normas*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

En primer lugar, los períodos fundamentales presentan una ligera reducción en los modelos diseñados con la nueva propuesta de la NEC. Para el edificio de 5 pisos, el período disminuye de 0.879 s a 0.848 s, mientras que para el edificio de 8 pisos de 1.095 s a 1.047 s. Este comportamiento

puede atribuirse al incremento en las dimensiones de los elementos estructurales para satisfacer las nuevas exigencias de la normativa, lo que produce un aumento de la rigidez global de la estructura y, por consiguiente, una disminución de su período de vibración.

Respecto a las derivas de entrepiso, todos los modelos cumplen con los límites establecidos por la normativa correspondiente. Los edificios diseñados con la NEC 2015 utilizan entre el 90.9% y 91.5% y 92.9% de dicho límite. Esto indica que a pesar de la reducción del límite normativo de deriva de 0.02 a 0.015, las estructuras continúan manteniendo un margen adecuado de cumplimiento, constituyendo un parámetro de referencia importante para evaluar la eficiencia de diseño.

Asimismo, se observa una disminución del coeficiente de respuesta sísmica C_s en los edificios diseñados con la nueva propuesta de la NEC. Paralelamente, el peso sísmico considerando aumenta ligeramente debido al incremento de las dimensiones de los elementos estructurales. Como resultado de la interacción entre ambos parámetros, el cortante basal presenta una reducción en comparación con los modelos diseñados najo la NEC 2015. Para el edificio de 5 pisos, el cortante disminuye de 566.54T a 502.68T, equivalente a una reducción aproximada del 11.3%, mientras que para el edificio de 8 pisos la disminución es de 1312.36T 1288.18t, correspondiente a una reducción cercana al 1,8%.

Finalmente, todos los modelos cumplen los requisitos de estabilidad establecidos por la normativa, ya que los coeficientes de estabilidad calculados son inferiores al límite permitido. No obstante, los edificios diseñados con la nueva propuesta de la NEC presentan una relación θ/θ_{max} cercana al 62%, mientras que los modelos con la NEC 2015 alcanzan valores entre 70% y 74%. Esto evidencia que las estructuras diseñadas con la nueva propuesta de la NEC disponen de una mayor reserva de estabilidad frente a los efectos de segundo orden, reflejando un comportamiento global más favorable desde el punto de vista de la estabilidad estructural.

4.10.2 Análisis económico

La comparación de costos estructural entre los diseños desarrollados con la NEC 2015 y la nueva propuesta de la NEC muestra un incremento moderado asociado a la actualización normativa, véase la tabla 30. Para el edificio de 5 pisos, el costo estructural aumenta de USD 381,855.51 a

USD 387,208.53; Lo que representa un incremento de USD 5,353.02 (1.40%). De manera similar, para el edificio de 8 pisos, el costo se incrementa de USD 1’069,565.68 a USD 1’088,101.07 equivalente a USD 18,535.39 (1.73%).

Tabla 30 *Análisis económico*

Pisos	NEC 2015	Nueva propuesta de la NEC	Diferencia	% de aumento
5	$381,855.51	$387,208.53	$5,353.02	1.40%
8	$1'069,565.68	$1'088,101.07	$18,535.39	1.73%

Nota: *Comparación económica con ambas normas y edificios*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

Los resultados evidencian que la aplicación de la nueva propuesta produce un aumento en el costo de la estructura; sin embargo, dicho incremento es inferior al 2% en ambos casos analizados. Además, se observa que el impacto económico es ligeramente mayor en el edificio de mayor altura, lo que sugiere que las modificaciones introducidas por la nueva normativa tienen una incidencia más significativa a medida que aumenta la demanda estructural del edificio.

Considerando exclusivamente los rubros estructurales, el incremento de costo puede considerarse reducido en relación con la magnitud total de la inversión, por lo que la adopción de los nuevos requisitos normativos no representa una variación económica significativa, aunque si puede contribuir a mejorar el desempeño estructural esperado de las edificaciones.

El costo estructural por metro cuadrado constituye un indicador complementario de gran utilidad, ya que permite comparar proyectos de diferentes dimensiones mediante una referencia común, véase en la tabla 31. Asimismo, puede emplear como parámetro preliminar para la estimación y extrapolación de costos estructurales en proyectos futuros, facilitando estudios de factibilidad y evaluaciones económicas en etapas iniciales de diseño.

Tabla 31*Cuantificación de áreas*

Edifico	Presupuesto	Área de construcción (m^2)	Costo/m^2
5 pisos NEC 2015	$ 381,855.51	4712.5	$ 81.03
8 pisos NEC 2015	$ 1'069,565.68	11200	$ 95.50
5 pisos nueva propuesta NEC	$ 387,208.53	4712.5	$ 82.17
8 pisos nueva propuesta NEC	$ 1'088,101.07	11200	$ 97.15

Nota: *Comparar cual es el área de construcción*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

El análisis del costo estructural por unidad de área confirma esta tendencia. Los valores aumentan de USD 81.03/m^2 a USD 82.17/m^2 para el edificio de 5 pisos y de USD 95.50/m^2 a USD 97.15/m^2 para el edificio de 8 pisos, véase en la ilustración 43. Además, se observa que las edificaciones de mayor altura presentan costos estructurales unitarios más elevados, debido a las mayores demandas estructurales asociadas a carga gravitacionales y acciones sísmicas.

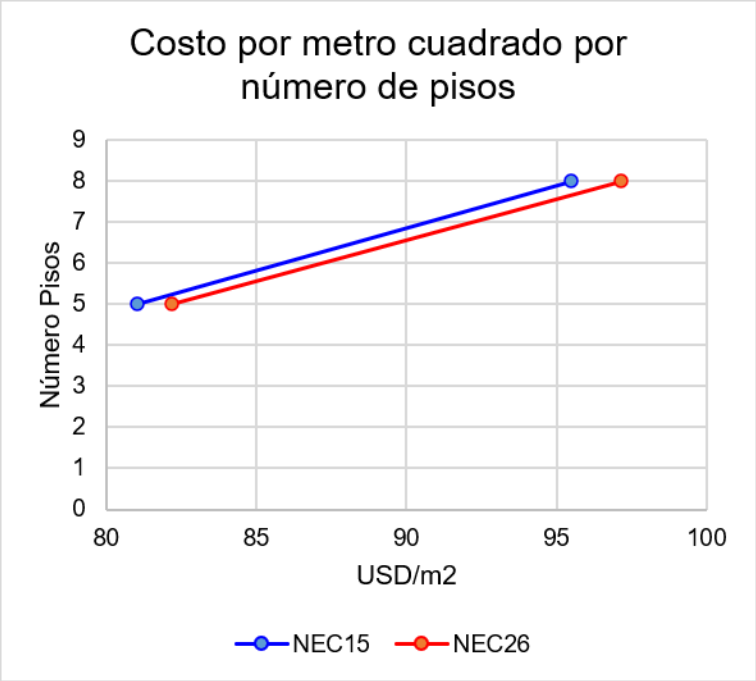


Ilustración 19 *Comparación de costo por metro cuadrado por número de pisos*
Fuente: *Elaboración propia (2026)*

En conjunto, los resultados muestran que la adopción de la nueva propuesta de la NEC implica un incremento económico limitado, manteniendo costos estructurales unitario y totales similares a los obtenidos con la NEC 2015.

Conclusiones

El estudio comparativo técnico y económico de pórticos especiales resistentes a momento de hormigón armado de 5 y 8 pisos, diseñados conforme a la NEC 2015 y a la nueva propuesta NEC, permitió determinar que ambas normativas conducen a estructuras que cumplen los requisitos de

deriva, estabilidad y resistencia. Sin embargo, la nueva propuesta NEC genera una respuesta estructural más rígida, con menores desplazamientos lateral9es y mejor reserva frente a efectos de segundo orden, sin producir un incremento económico significativo en el costo estructural de la superestructura.

Respecto al establecimiento del parámetro de diseño y espectros de respuesta, se concluye que la NEC 2015 y la nueva propuesta NEC presentan diferencias relevantes en la definición de los parámetros sísmicos, particularmente en el coeficiente de respuesta sísmica, el control de derivas y los criterios de clasificación del sistema estructural. En la nueva propuesta, los pórticos especiales resistentes a momento de hormigón armado se mantienen como sistemas de alta ductilidad, con valores normativos asociados a factores de modificación de respuesta, sobre resistencia y amplificación de deflexiones.

En relación con el comportamiento estructural, todos los modelos analizados cumplieron con las verificaciones de deriva y estabilidad. No obstante, los modelos diseñados con la nueva propuesta NEC presentaron menores diseñados con la nueva propuesta NEC presentaron menor valores de coeficiente de estabilidad. En el edificio de 5 pisos, el coeficiente disminuyó de 0.067 a 0.056, mientras que el edificio de 8 pisos pasó de 0.064 a 0.056. Esto representa una mejor respuesta frente a efectos P-Delta y una mayor reserva de estabilidad global.

El cortante basal presentó una reducción en los modelos diseñados con la nueva propuesta NEC. Para el edificio de 5 pisos, el cortante basal disminuyó de 566.54 T a 502.68 T, equivalente a una reducción aproximada del 11.3% T a 1288.18 T, correspondiente a una disminución del coeficiente de respuesta sísmica, aunque el peso sísmico considerado aumentó ligeramente debido al incremento de dimensiones estructurales.

En cuanto al dimensionamiento estructural, la nueva propuesta NEC produjo cambios más evidentes en el edificio de 5 pisos, principalmente en las columnas, donde se incrementaron las secciones de 50x60 cm a 55x60 cm en los niveles superiores y de 60x70 cm a 65x70 cm en los niveles inferiores. En el edificio de 8 pisos, las dimensiones principales se mantuvieron en gran parte similares, aunque se ajustaron las vigas principales en varios niveles, pasando de secciones

55x65 cm a 55x70cm y de 65c75 cm a 65x80 cm en determinados pisos. Esto evidencia que la nueva propuesta NEC incide directamente en la rigidez de los elementos resistentes.

En relación con las cantidades de materiales, se evidenció que el edificio de 5 pisos diseñado con la nueva propuesta de la NEC incrementó el volumen de hormigón en columnas de 181.22m^3a 197.78 m^3y el acero de refuerzo de 79,497.41kg a 80,917.39 kg. Este aumento explica el incremento de USD 18,535.39, aunque porcentualmente se mantuvo en 1.73% lo que confirma que la incidencia económica de la nueva propuesta es moderada.

El diseño por capacidad continúa siendo un criterio fundamental para este tipo de estructuras, ya que permite evitar fallas frágiles y orientar la formación de rótulas plásticas hacia zonas controladas. En pórticos especiales, el comportamiento estructural debe asegurar que las vigas desarrollen ductilidad a flexión, mientras que las columnas y nudos conserven una capacidad suficiente para mantener la estabilidad global del sistema.

Finalmente, se concluye que la nueva propuesta NEC mejora el desempeño estructural de los modelos analizados, principalmente por la reducción de derivas y de los coeficientes de estabilidad, sin afectar de forma significativa la viabilidad económica. En consecuencia, para pórticos especiales a momentos de 5 y 8 pisos, la nueva propuesta de la normativa puede considerarse técnicamente favorable y económicamente aceptable.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar la nueva propuesta NEC como referencia técnica comparativa en futuros estudios, debido a que en los modelos analizados permitió obtener estructuras con menor deriva, mayor rigidez global y mejor comportamiento frente a efectos de segundo orden. No obstante, debe inclinarse que dicha propuesta corresponde a un documento en proceso de actualización, por lo que su aplicación debe considerarse con fines académicos y comparativos hasta su oficialización.

Para el diseño de pórticos especiales resistentes a momento, se recomienda priorizar el control de derivas desde la etapa de Predimensionamiento, ya que este parámetro resultó determinarse en la

definición de secciones de vigas y columnas, especialmente al aplicar la nueva propuesta NEC, cuyo límite de deriva es más exigente que el establecido en la NEC 2015.

Se recomienda verificar rigurosamente el criterio de diseño por capacidad, asegurando el mecanismo columna fuerte-viga débil, el adecuado confinamiento en zonas críticas y la correcta transferencia de esfuerzos en los nudos viga-columna. Estos aspectos son indispensables para garantizar un comportamiento dúctil y evitar fallas frágiles durante eventos sísmicos severos.

En edificaciones de 8 pisos, se recomienda complementar el análisis estructural con verificaciones más detalladas de efectos P-Delta, participación modal, distribución de rigideces en altura y control de desplazamiento laterales, debido a que las estructuras de mayor altura presentan mayor sensibilidad dinámica y mayor demanda acumulada en los niveles inferiores.

Desde el punto de vista económico, se recomienda desagrega los costos por rubros estructurales, tales como hormigón en columnas, hormigón en vigas hormigón en losas y acero de refuerzo. Esa clasificación permite identificar con mayor precisión qué elementos generan incremento económico asociado a la actualización normativa.

Se recomienda realizar estudios similares en otras zonas sísmicas del Ecuador y con diferentes perfiles de suelo, debido a que la demanda sísmica puede variar significativamente según la ubicación, el tipo de suelo y los coeficientes de amplificación sísmica adoptados por la normativa

Finalmente, se recomienda que la evaluación de la nueva propuesta NEC no se base únicamente en el incremento del costo inicial, sino en la relación entre seguridad estructural, desempeño sísmico y viabilidad económica. En esta investigación, un aumento económico menor al 2% permitió mejorar el control de derivas y la estabilidad global, por lo que su aplicación resulta técnicamente favorable para pórticos especiales a momento de mediana altura.

Referencias

Abril, A. (2023). Comparativo técnico económico entre pórticos especiales a momento de hormigón armado y acero estructural empleando las normativas ACI 318 19 AISC 341 16,AISC 360 22 Y NEC SE DS 2015. *Ciencia Latina Revista Cientifica multidisciplinar* .

ACI. (2025). *El Instituto Americano del Hormigón publica el código ACI-318-25, la nueva norma para el hormigón estructural.* American Concrete Institute.

Aulestia, D. (10 de enero de 2015). Registro Oficial N° 413. *Suplemento*. Quito, ECUADOR, ECUAODR: MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.

Autodesk. (2026). *Qué es un cálculo de cantidades en construcción?* Autodesk Inc.

Baugan . (2024). *Metrados y Presupuesto para Construcción.* Arquitectura, Educación.

BID. (2025). *Ciudades resilientes: cerrando la brecha en América Latina y el Caribe* . BID .

Briceño Álvarez , D. G., & Vargas Vásquez, A. G. (2025). *Análisi comprativo del diseño estructural de un edificio de gran altura de acero estructural utilizando la NEC-SE 2015,y la propuesta de actualización de la NEC-SE2024.* Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador .

Cabrera , H. (2014). *Módulo de elasticidad de hormigón de peso normal empleados en el Ecuador f'c: 21, 24, 28, 35 Mpa.* Escuela Politécnica Nacional: Quito .

Carmona, A. (2025). *Costos Directos e indirectos en obra: Diferencia y % reales 2026.* JEFE DE OBRA DIGITAL.

Constructivo. (2026). *Cómo llevar a cabo una evaluación económica de un proyecto?* Constructivo.

Correa , C. (2024). *Diseño a cortante de vigas de cocnreto de sistemas especiales* . Inesa Tech.

EDTECH EDUCA . (2026). *Tipos de costos en la construcción y cómo gestionarlos* . EDUCA EDTECH Group .

Fernández , A., & Chamorro , C. (2023). PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN:GEOTECNIA Y FUNCIONES . *Revista I nternacional de Ingeniería de Estructuras* , 1-16.

Gea , S. (2020). *DISEÑO POR CAPACIDAD* . Comisión riesgo sísmico COPAIPA .

Hernandez, E. (2023). *¿Que aspectos debemos tomar en cuenta para el diseño de una edificación sismorresistente?* INESA TECH @ 2026.

HOLCIM. (2026). *Hormigón Armado: La fortaleza en la Construcción Moderna* . HOLCIM.

Industries, BFS . (2026). *Dominando las técnicas de construcción sismorresistente para la integridad estructural.* BFS Co.

INESA TECH. (s.f.). *INESA TECH* .

Laurin , E. (2026). *Diseño de columnas de acero: guía completa (2026).* Structural Basics .

Monterrey Max Acero . (2025). *Qué es el acero de refuerzo?* Max Acero Monterrey S.A de C.V .

Nations, United. . (2024). *UNDRR: Encuesta mundial del 2023 sobre personas con capacidad y desastres* . ONU, agua .

NEC. (2016). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC.* MTOP_NEC_SE_DS.

OneEstimate . (2026). *Análisis de Precios Unitarios (APU) en construcción: Guía Completa 2026 con Ejemplos Reales* . OneEstimate.

Rahaman , A. (2026). Un estudio sobre el análisis de deriva para la estabilidad lateral de edificios de gran altura en el área de la Coporación Municipal de Sylhet. *IJERT*.

Reyes , W. (2025). *La importancia del diseño estructural adecuado en los proyectos de edificaciones* . WR Ingeniería.

Sameer , M. (2023). *Marcos resistentes a momentos* . S/N.

Sánchez , J., & Simbaña , M. (2024). TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DEL 2016 EN ECUADOR UNA VISION GENERAL DE LOS ACONTECIMIENTOS Y LECCIONES APRENDIDAS . *REDER*, pp.83-98.

Shumak , Y. (2023). *Diferencias entre las metodologías ASD y LRFD en el análisis de elementos finitos* . SDC.VERIFIER.

UltraTech. (2021). *Tipos de carga en las estructuras.* Grupo Aditya Birla .

UNIR . (2023). *Planificación de proyectos: Qué es y como hacerlo correctamente?* EMPRESA.

Valentino , N. (2025). *SCRIB*. Obtenido de SCRIBD.

Velata , P. (2025). *Análisis y comparación de la NEC-SE-DS-2015 con borrador de la NEC-SE-DS-2024 edificación implantada en Quito* . Escuela Politécnica Nacional .