UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICUALR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"Evaluación de la vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes (Periodo septiembre/2024 - mayo/2025.)."

AUTOR(A) (ES):

Cristian Fabián Llanos Barragán

Darwin Rene Quintana Herrera

DIRECTOR:

ING. Luis Villacis Taco.

GUARANDA – ECUADOR

2025

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes Periodo2024 – 2025

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a los Ing. Luis Villacis, Gino Novoa y al Arquitecto Cesar Pazmiño quienes con su paciencia, guía y exigencia académica me ayudó a crecer como investigador. A mis padres Mercy y Luis y hermana Morita, por su amor y constante apoyo. A mis compañeros de la Universidad y sobre todo a Rene, por cada risa, desvelo, café y aventura compartida. Y a la Universidad Estatal de Bolívar sobre todo a la Facultad de Ciencias de la Salud y como no a mi prestigiosa carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres, por brindarme las herramientas para cumplir este sueño académico.

Cristian Llanos

Agradezco a Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para culminar esta etapa de mi formación académica. A la Universidad Estatal de Bolívar y sobre todo a la prestigiosa Facultad de Salud y el ser Humano, y a mi prestigiosa carrera Ingeniería en Riesgos de Desastres por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional. A mis tutores de tesis, Ing. Gino, Arq. Cesar, al Ing. Luis por su paciencia, dedicación y valiosa orientación durante todo el proceso de investigación. Sus conocimientos y experiencias fueron indispensables para el desarrollo de este trabajo de investigación. A mis padres, Gladis y Wilson, por su apoyo incondicional, sacrificios y por inculcarme los valores que me han llevado hasta aquí. A mis profesores de la carrera, quienes compartieron sus conocimientos y contribuyeron a mi formación profesional. A mis compañeros de clase, especialmente a Cristian por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y por hacer más llevadera esta travesía académica. A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo de titulación.

Rene Quintana

DEDICATORIA

Dedico a todas las personas que caminaron a mi lado en este largo viaje académico, les dedico con el corazón esta tesis. En especial, a mi madre, Mercy cuyo amor silencioso y fortaleza incansable me inspiraron cada día; y a mi padre, Luis por enseñarme el valor del esfuerzo y la humildad. A mi hermana Morita, cómplices de vida, por los consejos, motivación y el apoyo incondicional. A mi abuelito Pepe, cuyo ejemplo de sabiduría y ternura ha sido mi guía silenciosa en cada paso. A ti, mi amado hijo Carlitos, mi mayor inspiración y fuerza inagotable. Cada página de este trabajo lleva impresa la esperanza que representas y el deseo de construir un futuro mejor para ti. Este logro no solo es un paso en mi vida académica, sino también una promesa: la de enseñarte con el ejemplo que con esfuerzo, constancia y amor se puede alcanzar cualquier meta. Gracias a todos por recordarme cada día, el por qué vale la pena seguir adelante.

Cristian Llanos

Dedico el presente trabajo de titulación que se realizó con mucho esfuerzo y paciencia, a mis queridos padres, Gladis y Wilson, por su amor inconmensurable y por enseñarme valores, que con esfuerzo y perseverancia toda es posible. A mi pareja Josselin, por ser mi compañera de vida y mi mayor apoyo, a mis hermanos/as Verónica, Abel, Henry, Diego por apoyarme en cada momento durante esta trayectoria en mi formación profesional.

Rene Quintana

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 4 de septiembre de 2025.

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco, director del Proyecto de Investigación o Estudio de Caso, Evaluación de la vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes Periodo2024 – 2025 de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación / (o estudio de caso) titulado: "Evaluación de la vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes Periodo2024 – 2025"; realizado por los señores: **Cristian Fabian Llanos Barragán y Darwin Rene Quintana Herrera** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

Firmado electrónicamente por:
LUIS HERNAN
VILLACIS TACO
Validar únicamente con FirmaEC

ING. LUIS VILLACIS TACO.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros **Cristian Fabian Llanos Barragán** y **Darwin Rene Quintana Herrera** portador/res de la Cédula de Identidad No **0202452785** y **0250101219** en calidad de autor/res y titular/es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **"Evaluación de la vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes (Periodo septiembre/2024 - mayo/2025.)."**, modalidad Proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Nombres y Apellidos
Cristian Fabian Llanos Barragán



Cristian

Nombres y Apellidos
Darwin Rene Quintana Herrera



Rene

ÍNDICE GENERAL

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ..... **ii**

AGRADECIMIENTO ..... **iii**

DEDICATORIA ..... **iv**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR ..... **v**

ÍNDICE GENERAL ..... **vi**

INDICE DE TABLAS ..... **xii**

INDICE DE FIGURAS ..... **xiii**

RESUMEN ..... **xv**

ABSTRACT ..... **xvii**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO **3**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ***3***

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ***3***

1.3. JUSTIFICACIÓN ***5***

1.4. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS ***8***

1.4.1. Objetivo General: 8

1.4.2. Objetivos Específicos: 8

1.5. Variables (Operacionalización) ***8***

1.5.1. Variable independiente: Evento sísmico 8

1.5.2. Variable dependiente: Vulnerabilidad estructural 8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 10

2.1. REFERENCIAL O GEORREFERENCIAL.....10

2.2. ANTECEDENTES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES.....11

2.3. BASES TEÓRICAS EN LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POST-SISMO.....14

2.3.1. Introducción a la Vulnerabilidad Estructural.....14

2.3.2. Factores que influyen en la vulnerabilidad estructural....15

2.3.3. Riesgo de Desastre sísmico 16

2.3.4. Teorías y Principios Fundamentales de la Ingeniería Sísmica……. 21

2.3.5. Teoría de la Resistencia de Materiales: 23

2.3.6. Mantenimiento preventivo post sismo.....24

2.3.7. Mantenimiento correctivo post sismo.....24

2.3.8. Reforzamiento sismo resistente en Ecuador.....25

2.4. MARCO LEGAL.....25

2.5. MARCO CONCEPTUAL (GLOSARIO DE TÉRMINOS).....28

2.5.1. Amenaza 28

2.5.2. Epicentro....28

2.5.3. Evaluación estructural....29

2.5.4. Hipocentro....29

2.5.5. Hormigón....29

2.5.6. Riesgo....30

2.5.7. Sismo....30

2.5.8. Vulnerabilidad....30

CAPITULO III. METODOLOGÍA....31

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN....31

3.1.1. Enfoques cuantitativos....32

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN....33

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPILACIÓN DE DATOS 34

3.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA....34

3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOPILACIÓN DE DATOS....34

3.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA APLICADA....35

3.6.1. Objetivo 1....35

3.6.2. Objetivo 2....43

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN....58

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 1.....58

4.1.1. Resultados detallados de la elaboración de planos de la edificación…… 58

4.1.2. En cuanto a reparaciones y mantenimiento preventivo. ..63

4.1.3. Análisis de resultados de pruebas de humedad y esclerómetro…….....65

4.1.4. Humedad en la infraestructura con higrómetro 66

4.1.5. Componente Estructural 67

4.1.6. Áreas del edificio.....71

4.2. RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN EL OBJETIVO 2 73

4.2.1. CYPECAD 73

4.2.2. Análisis de los resultados 73

4.2.3. Periodos de vibración 76

4.2.4. Distorsiones de pilares.....82

4.2.5. Distorsiones de vigas.....84

4.2.6. Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas…… 85

4.3. Resultados obtenidos según el objetivo 3.....90

4.3.1. Propuestas Técnicas de Intervención Estructural, correspondiente a sismo…….....90

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 94

5.1. CONCLUSIONES 94

5.2. RECOMENDACIONES.....96

BIBLIOGRAFÍA 97

ANEXOS 102

Anexo 1: inspección visual de la estructural.....102

Anexo 2: medición de elementos estructurales para la elaboración de planos estructurales y arquitectónicos.....103

Anexo 3: programa CYPECAD 2019 103

Anexo 4: Esclerómetro 103

Anexo 5: Piedra abrasiva 104

Anexo 6: toma de muestras en las columnas y vigas con el esclerómetro 105

Anexo 7: grafica de la cuadricula del esclerómetro.....106

Anexo 8: higrómetro.....106

Anexo 9: toma de muestras de humedad en paredes y en vigas con el higrómetro.....106

Anexo 10: toma de muestras de humedad en los elementos de la estructura 107

Anexo 11: Fotos de antecedentes pos evento sísmico en la edificación, razón de este estudio. 107

Anexo 12: informe de la justificación de la acción sísmica.....109

Anexo 13: informe de distorsiones de pilares.....122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos estructurales según magnitud en escala Richter (Ecuador)…….19

Tabla 2. Ficha para levantamiento de muestras de humedad…… 38

Tabla 3. Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales…… 39

Tabla 4 Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales…… 65

Tabla 5 Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales…… 66

Tabla 6 Resultado; modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa ……..75

Tabla 7 Cortante basal estático……. 76

Tabla 8 Coeficientes de participación…… 78

Tabla 9 Verificación de la condición de cortante basal……. 79

Tabla 10 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (Hipótesis X1)…… 81

Tabla 11 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (Hipótesis X1)…….. 82

Tabla 12 Distorsiones de pilares en valores maximos…… 82

Tabla 13 Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas… 84

Tabla 14 Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas Resultados de Comprobación…….. 85

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa de La Dirección Distrital 02D02 Chillanes……. 11

Ilustración 2: Mapa de sismicidad esperada para un evento de 475 años... 21

Ilustración 3: Boceto de planos con sus medidas…….. 37

Ilustración 4: Vista frontal del edificio de la Dirección Distrital de Educación…….. 43

Ilustración 5: Ventana de datos generales del programa…….. 44

Ilustración 6: Normativa ecuatoriana de la acción sísmica……. 45

Ilustración 7: Introducción de plantas…….. 46

Ilustración 8: Dimensiones de los pilares…….. 47

Ilustración 9: Pilares introducidos al programa……. 48

Ilustración 10: Ventana de selección de vigas…….. 49

Ilustración 11: Muestra de las vigas ya insertadas…… 50

Ilustración 12: Signo de interrogación de color amarrillo…… 51

Ilustración 13: Introducción de la losa o paños……. 52

Ilustración 14: Colocación de paño y huecos en la estructura…….. 52

Ilustración 15: Características de los escalones…….. 54

Ilustración 16: Introducción de la escalera……. 54

Ilustración 17: Vista 3D de la edificación…….. 55

Ilustración 18: Comprobación de la geometría de los grupos…… 56

Ilustración 19: Calculo de la estructura……. 56

Ilustración 20: Plano Arquitectónico de la planta baja del edificio la Dirección Distrital de Educación…… 58

Ilustración 21: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Columnas. 58

Ilustración 22: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Cadena inferiores……. 59

Ilustración 23: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Cadena Superiores…….. 60

Ilustración 24: Plano estructural planta baja…….. 60

Ilustración 25: Plano Arquitectónico planta alta…… 60

Ilustración 26: Plano Arquitectónico de la Columnas planta alta…… 61

Ilustración 27: Plano Arquitectónico de la Cadenas Superiores planta alta…….. 61

Ilustración 28: Plano estructural planta alta……. 62

Ilustración 29: Plano Arquitectónico terraza…….. 62

Ilustración 30: Las dos bodegas creadas recientemente, en la edificación. 64

Ilustración 31: detalle de las columnas……. 69

Ilustración 32: viga inferior…… 69

Ilustración 33: Cadenas horizontales…… 70

Ilustración 34: distorsión de vigas y pilares…….. 84

RESUMEN

Esta investigación evalúa la vulnerabilidad estructural post-sismo del edificio de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes, construido en 1986 con hormigón armado. Bajo un enfoque mixto, se recopilaron datos cualitativos mediante fichas de inspección y cuantitativos a través de simulaciones con el software CYPECAD, conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2014). El diseño correlacional y longitudinal permitió caracterizar los daños estructurales y su evolución temporal.

Los análisis modales revelaron masas modales acumuladas del 98% (X) y 99,31% (Y); además, el cortante basal dinámico superó el 80% del cortante estático requerido, sin necesidad de factores de corrección.

Se identificó una condición estructural heterogénea: el 64% de las vigas activas en el forjado 1 excedieron el límite de flecha admisible, con deformaciones críticas superiores a 43 mm. En una segunda evaluación del forjado 2, el 84% de las vigas cumplieron con la normativa, evidenciando una mejora significativa. Las distorsiones de pilares en condiciones sísmicas alcanzaron valores de 1/13 en dirección X y 1/26 en dirección Y, especialmente en el forjado 1, lo que señala concentraciones de desplazamientos laterales en zonas bajas. Asimismo, las pruebas de humedad reflejaron niveles preocupantes de hasta el 60% en cubículos y áreas de techo, asociados a fallos de drenaje y riesgo de fisuración por deterioro del concreto.

Estos hallazgos respaldan la necesidad de intervenciones estructurales focalizadas y de un mantenimiento preventivo sistemático.

En función de los resultados obtenidos, se plantean medidas técnicas que abordan directamente las deficiencias estructurales detectadas. Se recomienda:

- Reforzar las vigas con flechas superiores al límite admisible mediante placas metálicas tipo UPN y encamisado con FRP.
- Revisar el sistema de losas para redistribuir cargas y evitar sobrecargas localizadas.
- Intervenir los pilares con distorsiones críticas mediante encamisado vertical con concreto armado o, en zonas de difícil acceso, con laminados de fibra de carbono tipo CFRP.
- Corregir la dominancia modal y el comportamiento torsional mediante la incorporación de muros de corte empotrados en cimentación y contravientos metálicos, junto con ajustes en la distribución de masa en planta.
- Revisar los nodos de transferencia y aplicar amortiguadores viscosos en los puntos donde se concentran mayores esfuerzos.
- Implementar un sistema de monitoreo estructural con sensores de desplazamiento y humedad, complementado con inspecciones técnicas periódicas, que permitan validar el desempeño de las zonas intervenidas y garantizar la seguridad estructural a largo plazo del edificio educativo.

Palabras clave: distorsión de pilares, humedad estructural, vulnerabilidad sísmica, NEC-2014, hormigón armado, CYPECAD.

ABSTRACT

This research evaluates the post-earthquake structural vulnerability of the District Education Office building in the canton of Chillanes, built in 1986 with reinforced concrete. Using a mixed approach, qualitative data was collected through inspection forms and quantitative data through simulations with CYPECAD software, in accordance with the Ecuadorian Construction Standard (NEC-2014). The correlational and longitudinal design allowed for the characterization of structural damage and its evolution over time.

Modal analyses revealed accumulated modal masses of 98% (X) and 99.31% (Y); in addition, the dynamic base shear exceeded 80% of the required static shear, without the need for correction factors.

A heterogeneous structural condition was identified: 64% of the active beams in slab 1 exceeded the permissible deflection limit, with critical deformations greater than 43 mm. In a second evaluation of slab 2, 84% of the beams complied with the regulations, showing a significant improvement. Pillar distortions under seismic conditions reached values of 1/13 in the X direction and 1/26 in the Y direction, especially in slab 1, indicating concentrations of lateral displacements in low areas. Likewise, moisture tests reflected worrying levels of up to 60% in cubicles and ceiling areas, associated with drainage failures and the risk of cracking due to concrete deterioration.

These findings support the need for targeted structural interventions and systematic preventive maintenance.

Based on the results obtained, technical measures are proposed that directly address the structural deficiencies detected. The following is recommended:

- Reinforce beams with deflections exceeding the permissible limit using UPN-type metal plates and FRP jacketing.
- Review the slab system to redistribute loads and avoid localized overloads.
- Intervening on pillars with critical distortions by means of vertical jacketing with reinforced concrete or, in areas that are difficult to access, with CFRP-type carbon fiber laminates.
- Correcting modal dominance and torsional behavior by incorporating shear walls embedded in the foundation and metal wind braces, together with adjustments to the distribution of mass on the floor plan.
- Review transfer nodes and apply viscous dampers at points where the greatest stresses are concentrated.
- Implement a structural monitoring system with displacement and humidity sensors, complemented by periodic technical inspections, to validate the performance of the areas where interventions have been made and ensure the long-term structural safety of the educational building.

Keywords: column distortion, structural humidity, seismic vulnerability, NEC-2014, reinforced concrete, CYPECAD.

INTRODUCCIÓN

El terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador, según el Informe Sísmico Especial N. 18-2016 del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (s.f.), tuvo una magnitud de 7.8 y afectó gravemente ciudades como Pedernales, Cojimíes, Pedro Carbo y Cano. Este desastre dejó 673 fallecidos y provocó la destrucción del 80% de viviendas y edificios en las zonas impactadas. La tragedia resaltó la importancia de construir estructuras sismo resistentes que protejan vidas en futuros eventos.

La provincia de Bolívar, por su ubicación geográfica, presenta un alto riesgo de ocurrencia sísmica debido a la presencia de fallas tectónicas activas, suelos poco consolidados y su pertenencia al cinturón de fuego del Pacífico. En este sentido, resulta fundamental garantizar que los edificios públicos cumplan con las normativas vigentes de seguridad sísmica, particularmente en instituciones educativas donde la concentración de personas es constante.

El sismo del 6 de septiembre de 2018, con magnitud 6.2, sacudió el cantón Chillanes y causó daños considerables en la edificación de la Dirección Distrital de Educación. Este evento se catalogó como uno de los más destructivos de la región en los últimos años, al destruir al menos 20 viviendas y afectar a otras 192, según lo reportado por Quillupangui y Márquez (2018).

Por estas razones, se desarrolló un estudio integral utilizando herramientas avanzadas de modelamiento estructural, entre ellas el software CYPECAD, que permite simular el comportamiento de edificaciones bajo condiciones sísmicas. El análisis realizado permitió identificar las condiciones actuales que comprometen la seguridad del edificio, y a partir de ello se formularon recomendaciones orientadas a reducir riesgos, optimizar el desempeño estructural y garantizar la seguridad de sus ocupantes.

Los resultados obtenidos serán fundamentales para mejorar la estabilidad estructural del edificio, proporcionando un modelo de referencia aplicable tanto a edificaciones públicas como privadas. Estos hallazgos permitirán optimizar los criterios de diseño y reforzar las estrategias de construcción con base en principios de seguridad estructural y resiliencia. Asimismo, contribuirán a la formulación de políticas de gestión del riesgo de desastres, promoviendo un enfoque integral que abarque la prevención, mitigación y respuesta ante eventos adversos. Finalmente, esta información técnica servirá para fortalecer la capacidad de adaptación de las edificaciones, asegurando su durabilidad y funcionalidad a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador está ubicado geográficamente en el Cinturón de Fuego del Pacífico, lo que lo convierte en una región con alta actividad sísmica. A lo largo de su historia, los terremotos han ocasionado daños significativos en viviendas, edificios públicos y privados, siendo la calidad de las construcciones un factor crucial en la magnitud de las afectaciones.

Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (s.f.), el país es altamente propenso a sismos debido a su ubicación en la convergencia de placas tectónicas, principalmente la Placa Sudamericana y la Placa Nazca. La interacción de estas placas genera tensiones que, al liberarse, provocan terremotos.

De acuerdo con el Grupo de Ingeniería Sísmica y Sismología de la UTPL (2018), la intensidad sísmica en Ecuador es relativamente alta. En los últimos 400 años se han registrado al menos 133 eventos de intensidad ≥ VI (“Fuerte”) en la escala de Mercalli, y 37 eventos con magnitudes superiores a 7 Mw.

En este sentido, el cantón Chillanes ha sido escenario de múltiples sismos que han evidenciado deficiencias en la construcción y diseño estructural de edificaciones. Estos eventos han generado fisuras y daños en la infraestructura, lo que demuestra que muchos edificios no cumplen con los estándares sismo resistentes necesarios.

La falta de evaluaciones periódicas y de un mantenimiento adecuado ha incrementado la vulnerabilidad estructural de los inmuebles. En particular, el edificio de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes presenta una vulnerabilidad significativa frente a eventos sísmicos.

Este problema se ha manifestado a lo largo de los años, especialmente tras sismos relevantes como los de 1949 y 1990, que afectaron varios sectores de la provincia de Bolívar, y más recientemente el sismo del 6 de septiembre de 2018, de magnitud 6.2. Este último evento causó daños considerables en la edificación, destruyó al menos 20 viviendas y afectó a otras 192 en la región (Quillupangui & Márquez, 2018; El Comercio, 2018).

La situación pone en riesgo la seguridad de estudiantes, docentes y personal administrativo, considerando el historial sísmico de la zona. Por consiguiente, la problemática se centra en la necesidad de realizar una evaluación estructural integral del edificio de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes, que alberga actividades educativas y administrativas de gran importancia para la comunidad.

Cabe destacar que la investigación sobre la vulnerabilidad estructural post-sismo en Chillanes no se ha implementado de manera técnica hasta ahora, dado que se trata de una disciplina en ascenso dentro de la gestión de riesgos en Ecuador. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad estructural del edificio post sismo de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación de titulación tiene como objetivo principal garantizar la seguridad de los ocupantes del edificio, protegiendo tanto las actividades educativas como las administrativas. Para ello, se implementarán criterios avanzados de seguridad estructural establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014), que define las especificaciones para el diseño de edificaciones sismo resistentes. Asimismo, se considerarán disposiciones sobre evaluación y rehabilitación estructural conforme a la NEC-SE-RE (2014), asegurando la integridad del edificio ante futuros eventos sísmicos.

De acuerdo con estándares internacionales, se aplicarán la ISO 2394 (International Organization for Standardization, 2015), que establece principios generales de seguridad estructural, y la ASCE 7-22 (American Society of Civil Engineers, 2022), que define cargas y procedimientos para edificaciones sometidas a acciones sísmicas. Estas medidas permitirán minimizar riesgos, mejorar la resiliencia de la infraestructura y garantizar la continuidad de las actividades dentro del edificio.

En este sentido, dada la naturaleza de la investigación y la necesidad urgente de evaluación, se busca promover una cultura de prevención frente a futuros eventos sísmicos, considerando las condiciones estructurales del edificio de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes.

Adicionalmente, el estudio tiene un alto valor estratégico para la comunidad y la provincia, ya que dejará un precedente para la evaluación y gestión del riesgo en otras infraestructuras, tanto públicas como privadas. Los resultados de esta investigación pueden impulsar políticas públicas orientadas a la prevención, fomentando una cultura de seguridad sísmica y resiliencia.

La evaluación estructural del edificio reviste especial relevancia debido a su función estratégica como centro administrativo y educativo, que alberga estudiantes, docentes y personal institucional. Su ubicación en una zona de alta sismicidad, vinculada al Cinturón de Fuego del Pacífico, incrementa el riesgo de afectación ante eventos telúricos, como quedó evidenciado tras el sismo de magnitud 6.2 ocurrido en septiembre de 2018 (Quillupangui & Márquez, 2018; El Comercio, 2018), el cual generó daños visibles en elementos estructurales y no estructurales.

Por consiguiente, esta intervención permitirá no solo identificar el nivel de vulnerabilidad física del inmueble, sino también establecer medidas correctivas que garanticen la seguridad de sus ocupantes y la continuidad operativa de un servicio público esencial.

Desde el punto de vista académico, el proyecto contribuye al fortalecimiento de metodologías aplicadas en la Ingeniería en Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres, mediante el uso de herramientas como CYPECAD (CYPE Ingenieros, 2019) para el modelamiento estructural.

La viabilidad técnica está respaldada por el acceso a información detallada del inmueble, la normativa vigente (NEC, 2014) y la disponibilidad de recursos profesionales para su ejecución, lo que asegura un enfoque riguroso y aplicable en el contexto local.

Finalmente, desde la perspectiva social, resulta fundamental resguardar la seguridad de estudiantes, personal administrativo y usuarios frecuentes de la edificación. Cabe destacar que la educación constituye la piedra angular del desarrollo comunitario, impulsando el crecimiento y el bienestar colectivo. Por lo tanto, cualquier interrupción de este eje por motivos de seguridad tendría consecuencias negativas para

la comunidad. En este sentido, el presente estudio contribuirá a garantizar una mejor calidad de vida y bienestar para la población en general.

1.3. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1. Objetivo General:

Evaluar el estado de vulnerabilidad estructural post evento sísmico del edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes, Periodo 2024 - 2025.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Sistematizar la información técnica del sistema edificatorio mediante el uso de herramientas computacionales especializadas y apoyo de equipo de laboratorio.
- Analizar el comportamiento de la edificación ante un sismo a partir del estudio y modelamiento de sus elementos estructurales.
- Proponer recomendaciones de estabilización para la edificación que reduzcan el riesgo estructural frente a eventos sísmicos.

1.4. Variables (Operacionalización)

1.4.1. Variable independiente: Evento sísmico

Es un fenómeno externo, no controlable, que ocurre con ciertas características (magnitud, frecuencia, aceleración). No depende del edificio.

1.4.2. Variable dependiente: Vulnerabilidad estructural

Es la respuesta del edificio ante ese evento. Cambia según el tipo de sismo, diseño estructural, materiales, antigüedad. Esta vulnerabilidad se manifiesta en deformaciones, distorsiones y fallos estructurales que pueden comprometer la seguridad de los ocupantes y la funcionalidad de la edificación.

Variables	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento
Vulnerabilidad estructural	Capacidad de una estructura para resistir fuerzas sísmicas sin sufrir daños significativos. Grado en que un edificio puede sufrir daños debido a su diseño y materiales durante un sismo.	Diseño estructural, Tipo de materiales de construcción	Porcentaje de cumplimiento con normativas sísmicas (NEC-2014)	Escala porcentual (%)	Modelamiento estructural en CYPECAD, comparación con parámetros normativos
Sismos	Eventos sísmicos registrados en la región, incluyendo su intensidad, duración, en energía liberada y profundidad	Actividad sísmica, parámetros sísmicos	Magnitud promedio de sismos registrados en el área, Energía liberada por sismos en un período determinado	Escala de intervalos	Base de datos de sismos, y estudios geológicos

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. REFERENCIAL O GEORREFERENCIAL

El Ecuador está ubicado en un territorio altamente propenso a sismos debido al Anillo de Fuego del Pacífico y está atravesado por al menos diez fallas tectónicas activas. Como consecuencia, la ocurrencia de movimientos sísmicos es frecuente (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.). En este contexto, y considerando los antecedentes sísmicos y las fallas geológicas presentes en el país, especialmente en la provincia de Bolívar, resulta de suma importancia evaluar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones, particularmente aquellas de construcción antigua. En este sentido, los ingenieros estructurales deben diseñar edificaciones sismo resistentes conforme a la normativa vigente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2014).

La NEC-2014 establece seis zonas sísmicas en Ecuador, y la provincia de Bolívar se encuentra en las zonas sísmicas IV y V. La ciudad de Chillanes, situada en la zona IV de peligro sísmico, es especialmente vulnerable ante la ocurrencia de un evento telúrico (NEC, 2014).

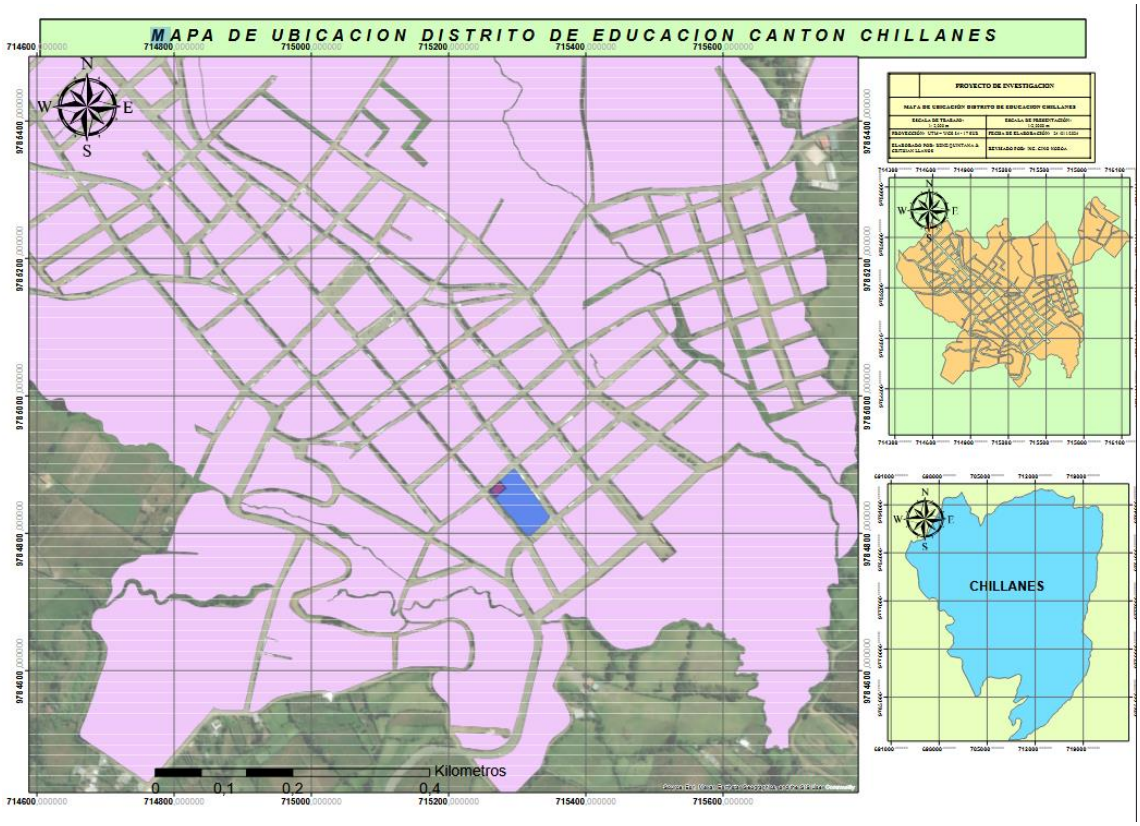
Actualmente, la Dirección Distrital de Educación de Chillanes ya ha presenciado afectaciones por un sismo de gran magnitud. Sin embargo, ninguna infraestructura está exenta de sufrir daños, ya sea por causas naturales o por deficiencias en el mantenimiento de sistemas como el drenaje pluvial, lo cual puede comprometer la estabilidad estructural del inmueble (Quillupangui & Márquez, 2018; El Comercio, 2018).

El cantón Chillanes está ubicado en la provincia de Bolívar, Ecuador. Limita al norte con el cantón San Miguel, al sur con el cantón General Elizalde (Bucay) de la

provincia del Guayas, al oeste con el cantón Babahoyo de la provincia de Los Ríos y al este con el cantón Pallatanga de la provincia de Chimborazo.

La Dirección Distrital 02D02 Chillanes – Educación se encuentra ubicada en el cantón Chillanes en las coordenadas 1°56'42"S 79°03'52"W, en las calles 27 de Abril y Guayas. El edificio forma parte de la infraestructura educativa del Ministerio de Educación del Ecuador y se encarga de coordinar y supervisar las actividades educativas en la zona. La edificación consta de dos plantas, con un área de 227 m² por planta, lo que la convierte en un espacio estratégico para el funcionamiento administrativo y académico de la región.

Ilustración 1: Mapa de La Dirección Distrital 02D02 Chillanes.



Fuente: Google Earth Pro

Fuente: Elaboración propia (2025)

2.2. ANTECEDENTES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES.

Los antecedentes de esta investigación abarcan tanto el contexto mundial como el nacional. A nivel internacional, el uso de programas de modelamiento estructural como CYPECAD se ha generalizado en evaluaciones de vulnerabilidad sísmica, siendo ampliamente utilizado en tesis de pregrado y proyectos profesionales. Dicho software cuenta con gran aceptación entre expertos y empresas del sector de la construcción, así como en otras áreas vinculadas al diseño estructural. Su aplicación en el Distrito de Educación de Chillanes se considera un aporte significativo, al establecer precedentes nacionales e internacionales en la evaluación de vulnerabilidad estructural (CYPE Ingenieros, 2019).

Según Pinto y Torres (s.f.), la evaluación post-sísmica de edificaciones afectadas por terremotos consiste en una inspección visual detallada que permite determinar el grado de daño estructural y, por ende, el nivel de vulnerabilidad sísmica. Este procedimiento busca proteger de forma inmediata a los ocupantes de las edificaciones, al identificar el estado de deterioro presente en la estructura inmediatamente o pocos días después del evento.

La organización previa al terremoto resulta fundamental para ejecutar eficientemente labores de evaluación post-sísmica. Diseñar metodologías con anterioridad contribuye a reducir la improvisación que suele ocurrir tras un evento telúrico. En este sentido, es necesario establecer planes globales de atención a emergencias, proponiendo a las autoridades programas específicos para inspecciones post-sísmicas (Pinto & Torres, s.f.).

Por su parte, Razo Carrasco y Domínguez (2020) presentan una metodología para diagnosticar la seguridad estructural de edificaciones de concreto reforzado

afectadas por sismos intensos. Esta propuesta combina trabajos de campo con análisis numéricos y puede aplicarse tanto a edificaciones existentes como a nuevas construcciones con incertidumbres en su comportamiento estructural. La metodología incluye recomendaciones para el monitoreo del deterioro de la rigidez lateral y la integridad estructural, mediante la evolución de parámetros dinámicos.

En el ámbito académico, Garzón (s.f.) señala que muchas estructuras han sufrido daños inesperados, generando pérdidas humanas y materiales debido a factores como la ocupación inadecuada del suelo, el incumplimiento de normas y la falta de previsión en el diseño. Su investigación comparó métodos como ATC-13, HAZUS y EMS-98, concluyendo que existe una alta variabilidad en los índices de vulnerabilidad, lo que confirma la necesidad de estudios específicos más allá de metodologías simplificadas.

A nivel nacional, tras el sismo de 2016, la Universidad Estatal de Bolívar realizó un estudio de vulnerabilidad sísmica en la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Los resultados mostraron un índice de vulnerabilidad medio de 36,6 puntos, acorde con la metodología del PNUD. Se identificó vulnerabilidad media en pilares (34%), losas (35%), vigas (34%) y gradas (51%), lo que evidencia la necesidad de reforzamiento estructural (Moposita et al., 2021).

Finalmente, el documento de Inspección y Evaluación Rápida de Estructuras Post-Evento Sísmico (DIPECHO-NEC, s.f.) constituye parte de la Guía 5 Evaluación y Rehabilitación de Estructuras. Su objetivo es inspeccionar en corto tiempo las edificaciones afectadas en el área de impacto de un sismo, definiendo las condiciones de daño y la seguridad posterior al evento. Entre los riesgos identificados se incluyen mampostería desprendida, vidrios rotos, pedazos de hormigón colgando y barandas en cubierta susceptibles de caer por acción del viento.

2.3. BASES TEÓRICAS EN LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POST-SISMO

2.3.1. Introducción a la Vulnerabilidad Estructural

2.3.1.1. Definición de Vulnerabilidad:

La vulnerabilidad se define como la condición que presenta una comunidad, sistema o activo frente a los efectos adversos de una amenaza. Esta susceptibilidad está determinada por sus propias características y el entorno en que se desarrollan, lo que influye en su nivel de exposición y capacidad de respuesta ante eventos dañinos según (Gestión del Riesgo de Desastres | UN-SPIDER Knowledge Portal, s. f.).

2.3.1.2. Amenaza:

Según (Gestión del Riesgo de Desastres | UN-SPIDER Knowledge Portal, s. f.) se refiere a cualquier evento, agente o circunstancia con potencial de generar consecuencias negativas para la vida humana, la salud, el entorno físico o los sistemas socioeconómicos. Puede manifestarse como fenómenos naturales, actividades humanas, sustancias peligrosas o condiciones que representen un riesgo significativo, incluyendo daños materiales, alteraciones sociales, pérdidas económicas y afectaciones ambientales.

2.3.1.3. Vulnerabilidad estructural:

Según (Artedinamico, s. f.) es la expresión estructural, o sistemas primarios, se refieren a aquellas partes de un edificio que absorben las cargas gravitacionales y laterales y las transmiten al suelo de manera que mantienen la estabilidad de la construcción. Esta variable dependiente es fundamental para comprender cómo las características estructurales, entre éstos se incluyen los cimientos, las columnas, los muros portantes, las vigas y los diafragmas.

2.3.2. Factores que influyen en la vulnerabilidad estructural

2.3.2.1. Diseño arquitectónico

e acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014), el territorio nacional se divide en seis zonas sísmicas. La provincia de Bolívar se ubica en las zonas IV y V, lo que implica un nivel de amenaza considerable. En particular, la ciudad de Chillanes se encuentra en la zona IV, condición que la hace especialmente vulnerable frente a la ocurrencia de movimientos telúrico.

2.3.2.2. Materiales de construcción

La calidad y el tipo de materiales de construcción influyen directamente en la capacidad de un edificio para resistir las fuerzas sísmicas. En zonas de alta sismicidad, como el Ecuador, la selección de materiales adecuados es un factor crítico para garantizar la seguridad estructural y la resiliencia de las edificaciones (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2014).

2.3.2.3. Mantenimiento

El mantenimiento constituye un elemento fundamental en la seguridad y desempeño de las edificaciones frente a eventos sísmicos. La ausencia de acciones preventivas y correctivas provoca el deterioro progresivo de los materiales estructurales, lo que incrementa la vulnerabilidad y reduce la capacidad de la edificación para resistir cargas dinámicas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2015).

De acuerdo con la Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras elaborada por el MIDUVI y la Secretaría de Gestión de Riesgos, el mantenimiento periódico permite identificar fisuras, corrosión en elementos metálicos, humedad en muros y deficiencias en sistemas de drenaje, factores que afectan directamente la estabilidad estructural (MIDUVI, 2015).

En zonas de alta sismicidad, como el Ecuador, se recomienda que las edificaciones sean diseñadas bajo criterios sismo resistentes y que se complementen con programas de mantenimiento preventivo. Estas acciones incluyen inspecciones técnicas periódicas, reforzamiento de elementos críticos y rehabilitación de componentes dañados, lo que garantiza un mejor desempeño durante un evento natural de alto riesgo (CDV Perú, 2024).

La literatura especializada enfatiza que el mantenimiento no solo prolonga la vida útil de las estructuras, sino que también reduce la probabilidad de colapso en caso de terremotos. Por ejemplo, estudios realizados en Quito evidencian que edificaciones con mantenimiento deficiente presentan mayor vulnerabilidad sísmica y requieren intervenciones de reforzamiento estructural para cumplir con la normativa vigente (Estrada Arana, 2020).

2.3.3. Riesgo de Desastre sísmico

2.3.3.1. Sismos

Según el (Programa de peligrosos de terremotos Estudio geológico, s. f.) manifiesta que los sismos son movimientos de la tierra causados por la liberación de grandes cantidades de energía en la corteza terrestre. Según el Servicio Geológico de EE. UU. (USGS), estos pueden variar dependiendo de la magnitud y profundidad, afectando diferentes regiones de manera distinta.

2.3.3.2. Causas:

Los sismos son movimientos bruscos de la superficie terrestre producidos por la liberación repentina de energía acumulada en el interior de la corteza. Esta energía se asocia principalmente con la actividad de las placas tectónicas, aunque existen otras

causas relevantes que pueden provocar un evento sísmico (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2017).

2.3.3.3. Tectónica:

a tectónica de placas constituye la causa más frecuente de los sismos, ya que el desplazamiento y la interacción de las placas que conforman la corteza terrestre generan acumulación de tensiones. Cuando estas tensiones superan la resistencia de las rocas, la energía se libera en forma de ondas sísmicas que se propagan por la superficie (GeoEnciclopedia, 2024; Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, s.f.).

2.3.3.4. Volcánica:

representa una causa secundaria de los sismos, aunque su impacto puede ser considerable en zonas cercanas a volcanes activos. Estos movimientos se originan por el ascenso y desplazamiento del magma, junto con la acumulación de gases y presiones internas, que al liberarse generan vibraciones y ondas sísmicas locales (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2017).

En comparación con los sismos de origen tectónico, los sismos volcánicos suelen presentar una magnitud menor, pero pueden ocasionar daños en edificaciones y afectar la estabilidad del terreno en áreas aledañas. Además, se asocian con procesos eruptivos, explosiones internas o colapsos de estructuras volcánicas como cráteres y domos (GeoEnciclopedia, 2024).

2.3.3.5. Hundimiento:

se produce cuando el flujo de agua subterránea erosiona progresivamente los materiales del subsuelo, formando cavidades o vacíos en el interior de la corteza terrestre. Al perder soporte, la parte superior de la corteza cede, generando un colapso que puede manifestarse en la superficie como grietas, hundimientos o subsidencia. Este

proceso puede estar acompañado de vibraciones locales, especialmente si el colapso ocurre de manera súbita (CK-12 Foundation, 2025).

La erosión causada por aguas subterráneas es un fenómeno geomorfológico que se da cuando el agua se infiltra por grietas y poros del suelo, disolviendo y desplazando sedimentos finos. Con el tiempo, esto genera sumideros o dolinas, estructuras comunes en regiones con suelos calcáreos o poco consolidados. Dichos hundimientos pueden afectar edificaciones, carreteras y sistemas de drenaje, incrementando la vulnerabilidad de las infraestructuras (AcademiaLab, 2025)..

2.3.3.6. Explosiones atómicas:

Estas son producidas por el factor humano, toda detonación en la superficie terrestre produce movimientos en sectores cercanos (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

2.3.3.7. Escalas a las que se mide las magnitudes sísmicas.

Escala de Magnitud de Richter: representa su intensidad y puede determinarse mediante distintas escalas sismológicas; sin embargo, la más reconocida es la escala de Richter. Esta fue desarrollada en 1935 por el sismólogo estadounidense Charles Francis Richter y se fundamenta en el análisis de las ondas sísmicas registradas por instrumentos especializados llamados sismógrafos, los cuales permiten calcular el nivel de energía liberada durante el evento (Seguí, 2020; Wikipedia, 2025).

La escala de Richter es de carácter logarítmico, lo que significa que cada incremento de una unidad en la escala corresponde aproximadamente a un aumento de diez veces en la amplitud de las ondas sísmicas y a una 31 veces más energía liberada. Por ejemplo, un sismo de magnitud 6 libera alrededor de 31 veces más energía que uno de magnitud 5 (GeoEnciclopedia, 2023).

Aunque la escala de Richter sigue siendo ampliamente conocida, en la actualidad se utilizan otras escalas complementarias, como la Magnitud de Momento (Mw), que ofrece una medición más precisa para sismos de gran magnitud. No obstante, la escala de Richter continúa siendo una referencia fundamental en la divulgación científica y en la percepción social de los terremotos (EcologíaVerde, 2024).

Tabla 1 Efectos estructurales según magnitud en escala Richter (Ecuador)

Magnitud (ML)	Descripción sísmica	Efectos estructurales esperados	Ejemplos históricos en Ecuador
3.0 – 3.9	Muy leve; apenas perceptible	Sin daños; solo detectado por instrumentos	Microsismos frecuentes en la Sierra Central
4.0 – 4.9	Leve; perceptible por personas sensibles	Vibración ligera; sin daños estructurales; posible caída de objetos livianos	Quito (2014) – ML 4.8
5.0 – 5.9	Moderado; perceptible ampliamente	Daños menores en mampostería no reforzada; fisuras en acabados; afectación en edificaciones débiles	Tena (2025) – ML 4.9
6.0 – 6.9	Fuerte; potencialmente destructivo	Fisuras estructurales; colapsos parciales; afectación a infraestructura pública	Ambato (1949) – ML 6.5 Huaquillas (2023) – ML 6.3
7.0 – 7.9	Mayor; destrucción extensa	Colapso de edificaciones vulnerables; daños severos en estructuras medianamente reforzadas	Bahía de Caráquez (1998) – ML 7.1 Pedernales (2016) – ML 7.8
8.0 – 8.9	Catastrófico; ruptura de placas tectónicas	Destrucción masiva; colapso generalizado; posible generación de tsunamis	Esmeraldas (1906) – ML 8.8

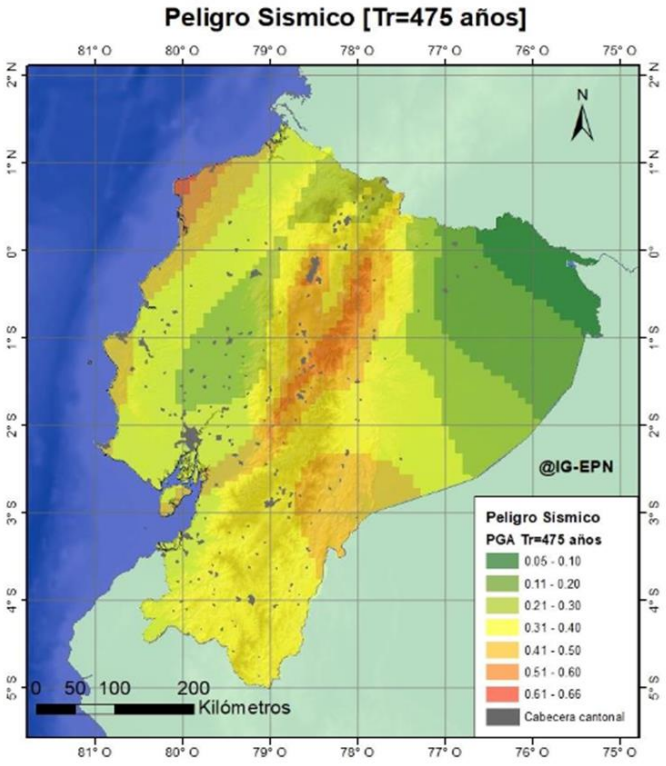
Fuente: Elaboración propia (2025)

El Ecuador está ubicado en una zona de elevado peligro sísmico, lo que lo hace vulnerable a la presencia de terremotos de elevada magnitud, es así que a nivel histórico

se estiman aproximadamente unas 65 000 víctimas. El 16 de abril del 2016 se presentó en las costas.

Los sismos se clasifican según su magnitud, la cual refleja la energía liberada durante el evento. Aquellos con magnitudes entre 3.5 y 5 suelen ser perceptibles por la población, aunque rara vez provocan daños significativos. Cuando alcanzan entre 5.5 y 6.0, pueden generar afectaciones leves en edificaciones. Los eventos que se sitúan entre 6.1 y 6.9 tienen el potencial de causar daños severos, especialmente en zonas densamente pobladas. Un terremoto con magnitud entre 7.0 y 7.9 se considera mayor y puede ocasionar graves pérdidas estructurales. Por encima de 8.0, se habla de un gran terremoto, capaz de provocar destrucción generalizada en comunidades cercanas al epicentro., este evento alcanzo un gran nivel de catástrofe debido principalmente a las estructuras que colapsaron durante el terremoto, este acontecimiento permitió evidenciar las condiciones de vulnerabilidad de las estructuras, dadas a las condiciones a las que fueron construidas (Mapa Últimos Sismos - Instituto Geofísico - EPN, s. f.).

Ilustración 2: Mapa de sismicidad esperada para un evento de 475 años.



Nota. Mapa del Ecuador que representa el valor de la aceleración espectral.

Fuente: Instituto Geofísico del Ecuador.

2.3.4. Teorías y Principios Fundamentales de la Ingeniería Sísmica

La ingeniería sísmica según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) se centra en diseñar y analizar estructuras, como edificios y puentes, para que puedan resistir los efectos de los terremotos. Algunos de los principios fundamentales incluyen:

2.3.4.1. Carga sísmica:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) significa la aplicación de una excitación generada por un terremoto sobre una estructura (o geo estructura). Ocurre en las superficies de contacto de una estructura, ya sea con el suelo, en estructuras adyacentes o con las ondas de gravedad de un tsunami. La carga que se espera en un lugar determinado de la superficie de la Tierra se estima mediante ingeniería sismológica.

2.3.4.2. Rendimiento sísmico:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) es la capacidad de una estructura para sostener y cumplir sus funciones principales, como su seguridad y capacidad de resistencia es decir su calidad del servicio, en y después de una exposición particular a un terremoto. Una estructura normalmente se considera segura si no pone en peligro las vidas y el bienestar de quienes se encuentran dentro o alrededor de ella al derrumbarse parcial o completamente. Una estructura puede considerarse servible si es capaz de cumplir las funciones operativas para las que fue diseñada.

2.3.4.3. Evaluación del desempeño sísmico:

(Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) Nos da a conocer que los ingenieros necesitan conocer el nivel cuantificado del desempeño sísmico real o anticipado asociado con el daño directo a un edificio individual sujeto a un temblor de tierra específico. Esta evaluación puede realizarse experimental o analíticamente.

2.3.4.4. Evaluación experimental:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) son pruebas costosas que generalmente se realizan colocando un modelo (a escala) de la estructura en una mesa vibratoria que simula el temblor de la tierra y observando su comportamiento. Este tipo de experimentos se realizaron por primera vez hace más de un siglo. Sólo recientemente ha sido posible realizar pruebas a escala 1:1 en estructuras completas.

2.3.4.5. Evaluación analítica/numérica:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) análisis estructural sísmico es una poderosa herramienta de ingeniería sísmica que utiliza un modelado detallado de la

estructura junto con métodos de análisis estructural para obtener una mejor comprensión del desempeño sísmico de los edificios y no. estructuras de construcción.

2.3.4.6. Simulación de terremoto:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) Las primeras simulaciones de terremotos se realizaron aplicando estáticamente algunas fuerzas de inercia horizontales basadas en aceleraciones máximas del suelo escaladas a un modelo matemático de un edificio edemas nos recalca la importancia de usar los softwares especializados para evaluaciones.

2.3.4.7. Simulación de estructura:

Según (Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab, s. f.) se basa en el concepto de semejanza o semejanza estructural. La similitud es cierto grado de analogía o semejanza entre dos o más objetos. La noción de similitud se basa en repeticiones exactas o aproximadas de patrones en los elementos comparados, como la similitud cinemática existe cuando las trayectorias y velocidades de las partículas en movimiento de un modelo y su prototipo son:

2.3.5. Teoría de la Resistencia de Materiales:

2.3.5.1. Elasticidad y Plasticidad:

Explica cómo los materiales estructurales se comportan bajo cargas sísmicas, crucial para modelar respuestas en softwares especializados. El estudio busca conseguir un modelo basado en fibras que logre captar de la mejor manera el comportamiento de una estructura bajo cargas sísmicas, y con este realizar un análisis por desempeño al igual que el prototipo evaluado que fue tomado de un ejemplo realizado como parte del proyecto FEMA P-695 (FEMA P695, 2009)el cual consistía en evaluar una estructura de 8 pisos con marcos especiales sismo resistentes de acero considerados para soportar

cargas laterales; este sistema fue diseñado en concordancia con las normativas establecidas por ASCE y AISC(Coello, s. f.).

2.3.6. Mantenimiento preventivo post sismo

En Ecuador, el mantenimiento preventivo de edificaciones tras eventos sísmicos se enfoca en conservar la funcionalidad y seguridad estructural antes de que ocurran daños mayores. Según el (Manual de Mantenimiento de Edificios.pdf, 2014), estas acciones incluyen inspecciones visuales periódicas de elementos estructurales como columnas, vigas y losas; control de humedad en muros y cimentaciones para evitar corrosión del acero de refuerzo; revisión del estado de anclajes en elementos no estructurales como fachadas y techos; limpieza de drenajes y sistemas pluviales; y actualización constante de planos técnicos y registros estructurales, estas medidas permiten detectar signos tempranos de deterioro y preparar al edificio para resistir futuros eventos sísmicos, especialmente en zonas de alta concurrencia como oficinas públicas, escuelas y hospitales.

2.3.7. Mantenimiento correctivo post sismo

El mantenimiento correctivo se aplica cuando una edificación ha sufrido daños estructurales tras un sismo. De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC_SE_RE_Riesgo_sismico.pdf, 2014), estas intervenciones incluyen la reparación de fisuras mediante resinas epóxicas, el refuerzo de elementos estructurales con encamisado de acero o fibras de carbono, la rehabilitación de cimentaciones mediante técnicas como inyección de grout o instalación de pilotes, y la incorporación de muros de corte para mejorar la capacidad de disipación de energía sísmica, estas acciones deben ser ejecutadas por profesionales especializados y responden a criterios técnicos de evaluación post sismo establecidos por el MIDUVI, priorizando edificaciones estratégicas o de alta ocupación.

2.3.8. Reforzamiento sismo resistente en Ecuador

Según (Alvear Erazo Tania Coralia Tutor: Ing. Carlos Andrés Páez Vargas, Msc., 2024) También se han desarrollado estudios sobre viviendas informales en Quito, como el caso del barrio Chimbacalle, donde se aplicaron metodologías de evaluación estructural conforme a la NEC. El análisis reveló deficiencias en rigidez y ductilidad, y se propusieron técnicas de reforzamiento como encamisado metálico, recrecimiento de elementos y uso de fibras de carbono. Estas intervenciones permiten mejorar el desempeño sísmico y cumplir con los niveles de amenaza establecidos en la normativa vigente.

2.4. MARCO LEGAL

La NEC-15, elaborada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), establece criterios fundamentales para el diseño estructural con enfoque sismorresistente, así como procedimientos para la evaluación posterior a eventos sísmicos. Esta normativa se compone de 16 capítulos que abarcan desde el análisis de cargas sísmicas y geotécnicas hasta la rehabilitación de edificaciones, proporcionando una guía integral para garantizar la seguridad estructural en zonas de riesgo sísmico (NEC-15) :(Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, s. f.)

El Capítulo 16 del International Building Code (IBC), en su edición en español, establece los lineamientos esenciales para el diseño estructural de edificaciones, incluyendo criterios para resistir cargas sísmicas. Este capítulo define las categorías de riesgo, especifica combinaciones de carga y proporciona parámetros técnicos para garantizar la seguridad estructural frente a eventos naturales extremos, como los sismos. Además, ofrece una base normativa para la evaluación y rehabilitación de estructuras

afectadas por movimientos telúricos según (Capitulo 16 Diseño Estructural - International Building Code Spanish Edition (IBC), s. f.).

La metodología FEMA P-58 proporciona una guía detallada para la evaluación del desempeño sísmico de edificaciones, considerando los lineamientos establecidos en las normas E020 y E070. Su enfoque permite determinar si una estructura cumple con los objetivos de resiliencia sísmica mediante un análisis cuantitativo aplicado, de carácter predictivo y no experimental. Esta evaluación se basa en indicadores como el costo estimado de reparación, el tiempo requerido para restaurar la funcionalidad del edificio y el número proyectado de víctimas y personas heridas (Castro et al., 2024).

FEMA P-695 (FEMA P695, 2009) el cual consistía en evaluar una estructura de 8 pisos con marcos especiales sismos resistentes de acero considerados para soportar cargas laterales; este sistema fue diseñado en concordancia con las normativas establecidas por ASCE y AISC (Coello, s. f.).

En cuanto a mantenimiento preventivo en páginas 1, 2, 5y 6 donde se fundamenta inspecciones periódicas, control de humedad, revisión de elementos estructurales y actualización de registros técnicos. Estas acciones están detalladas en el (Manual de Mantenimiento de Edificios.pdf, 2014)elaborado por el Consejo de la Judicatura, el cual establece directrices claras para la planificación, ejecución y supervisión de actividades preventivas en inmuebles institucionales, este documento enfatiza la importancia de mantener en buen estado los sistemas constructivos, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y acabados, con el fin de evitar deterioros progresivos que comprometan la seguridad estructural.

En mantenimiento correctivo se aplica cuando existen daños visibles o funcionales en la edificación, especialmente tras eventos adversos como sismos. La

Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, emitida por el MIDUVI, establece los criterios técnicos para la evaluación post sismo, la clasificación de daños y las intervenciones estructurales necesarias. Esta norma contempla procedimientos como el refuerzo de elementos afectados, rehabilitación de cimentaciones, reparación de fisuras con materiales especializados y sustitución de componentes comprometidos. Además, el Manual de Evaluación Técnica de Edificaciones del MIDUVI complementa estas disposiciones, proporcionando guías prácticas para la inspección técnica, el diagnóstico estructural y la toma de decisiones en edificaciones públicas y privadas.

En el territorio ecuatoriano, el marco legal que rige el reforzamiento sísmico de edificaciones está establecido principalmente en la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, emitida por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Esta normativa regula la evaluación estructural de edificaciones existentes, definiendo lineamientos técnicos para el diagnóstico, modelación, análisis, diseño y ejecución de intervenciones orientadas a mejorar su comportamiento frente a movimientos sísmicos. En su contenido se especifican niveles de desempeño estructural aplicables según el tipo de edificación (ocupación inmediata, seguridad de vida y prevención de colapso), y se describen estrategias de rehabilitación como el encamisado de elementos portantes, la incorporación de muros de corte, el uso de materiales compuestos tipo FRP, y el mejoramiento de cimentaciones por métodos especializados.

Complementariamente, el Manual de Evaluación Técnica de Edificaciones, también emitido por el MIDUVI, establece los procedimientos para realizar inspecciones post-sismo, clasificar el nivel de daño, emitir diagnósticos técnicos y proponer medidas de intervención correctiva en edificaciones públicas y privadas. Estos

documentos se integran con la Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en coordinación con el MIDUVI, la cual ofrece lineamientos para la intervención de viviendas, centros educativos, de salud y edificaciones patrimoniales en zonas de alta amenaza sísmica. El cumplimiento de estas normativas es obligatorio en proyectos de rehabilitación estructural y responde al objetivo de garantizar la seguridad de los ocupantes, la funcionalidad del inmueble y la resiliencia urbana frente a futuros eventos sísmicos.

ASTM C805 es una norma internacional adoptada como referencia técnica para el uso del esclerómetro en concreto endurecido mencionado en (ASTM International, 2015).

2.5. MARCO CONCEPTUAL (GLOSARIO DE TÉRMINOS)

2.5.1. Amenaza

Según (Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo -, s. f.) La amenaza se entiende como la posibilidad latente de que ocurra un evento físico, ya sea de origen natural, provocado o inducido accidentalmente por la actividad humana, con una intensidad capaz de generar consecuencias graves. Estas pueden incluir pérdidas humanas, afectaciones a la salud, así como daños materiales en bienes e infraestructura.

2.5.2. Epicentro

Corresponde al punto ubicado en la superficie terrestre directamente sobre el hipocentro, desde donde se proyecta la energía liberada por un sismo. Generalmente, es el lugar donde se registra la mayor intensidad del movimiento telúrico; sin embargo, las

características geológicas de la falla pueden provocar que el área de mayor impacto se localice en una zona distinta al epicentro según (Museo Geológico Sernageomin, s. f.).

2.5.3. Evaluación estructural

Una Evaluación Estructural consiste en realizar un análisis matemático de la estructura existente ante cargas gravitacionales y cargas sísmicas para determinar el estado actual de estructura. También se realiza en caso de ampliaciones de niveles, para determinar si la estructura base requiere o no un reforzamiento según (Evaluaciones Estructurales, s. f.)

2.5.4. Hipocentro

También conocido como foco sísmico, es el punto localizado en el interior de la corteza terrestre donde se inicia la liberación de energía que da origen a un terremoto. Este fenómeno ocurre a distintas profundidades y marca el lugar desde el cual se propagan las ondas sísmicas hacia la superficie, según (Museo Geológico Sernageomin, s. f.)

2.5.5. Hormigón

Es ampliamente reconocido como uno de los materiales más versátiles y eficientes en el ámbito de la construcción. Su uso generalizado se debe a las propiedades mecánicas, físicas y químicas que ofrece, como resistencia, durabilidad y trabajabilidad. Se elabora mediante la combinación de cemento, agregados gruesos (como grava), agregados finos (como arena), agua y aditivos específicos, cuya proporción varía según el tipo de estructura y las condiciones de servicio requeridas (Guerrero, 2020)

2.5.6. Riesgo

El riesgo se refiere a la posibilidad de que ocurran daños o pérdidas como consecuencia de eventos físicos peligrosos, ya sean de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o provocados accidentalmente por la acción humana. Estos impactos potenciales se manifiestan dentro de un período determinado y dependen directamente del nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos. En este sentido, el riesgo de desastres surge de la interacción entre la amenaza existente y la vulnerabilidad presente, según de documento de (Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo -, s. f.).

2.5.7. Sismo

Consideramos sismos a los temblores o terremotos que se presentan con movimientos vibratorios, rápidos y violentos de la superficie terrestre, provocados por perturbaciones en el interior de la Tierra según (quiero aprender, s. f.)

2.5.8. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere al grado de exposición o debilidad que presenta una comunidad en sus dimensiones física, económica, social, ambiental o institucional, lo cual la hace propensa a sufrir impactos negativos ante la ocurrencia de un evento físico peligroso según (Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo -, s. f.).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque aplicado, pues tiene como propósito evaluar el estado de vulnerabilidad estructural del edificio de la Dirección Distrital de Educación del cantón Chillanes, con el fin de proponer medidas de estabilización que reduzcan el riesgo estructural frente a eventos sísmicos. Este tipo de investigación se orienta a la solución de problemas específicos mediante el uso de herramientas científicas, normativas vigentes y criterios profesionales (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2014).

Desde el punto de vista metodológico, se trata de una investigación no experimental, dado que no se manipulan variables independientes, sino que se observa y analiza el comportamiento estructural del edificio en su estado actual. El estudio adopta un diseño descriptivo y analítico: descriptivo, al sistematizar la información técnica del sistema edificatorio mediante inspecciones, levantamientos y modelación estructural; analítico, al interpretar los resultados obtenidos a través de simulaciones computacionales y contrastarlos con los parámetros establecidos en la NEC-2014 (MIDUVI, 2015).

La investigación se desarrolla como un trabajo de campo, que implica la recopilación directa de datos en el sitio mediante inspecciones visuales, ensayos no destructivos y levantamiento de información técnica con apoyo de instrumentos especializados. Esta fase se complementa con el uso de software estructural (CYPECAD) para la modelación y análisis del comportamiento sísmico de los elementos portantes, herramienta ampliamente utilizada en evaluaciones de vulnerabilidad estructural (CYPE Ingenieros, 2019).

El enfoque es predominantemente cuantitativo, al trabajar con variables estructurales medibles como dimensiones, propiedades mecánicas, cargas gravitacionales y espectros de diseño sísmico. No obstante, se incorpora un componente cualitativo en la interpretación de vulnerabilidades, la valoración del contexto físico y la formulación de recomendaciones técnicas, considerando criterios normativos y profesionales, lo que permite una visión más amplia y profunda de los resultados (Llanos Barragán & Quintana Herrera, 2025).

3.1.1. Enfoques cuantitativos

Los principales enfoques cuantitativos que se tendrá en cuenta:

Objetivo 1: Sistematizar la información técnica del sistema edificatorio, con apoyo de programas asistidos por herramientas computacionales especializadas y equipo de laboratorio.

Este objetivo se aborda mediante un enfoque cuantitativo, al realizar levantamientos estructurales, mediciones físicas, toma de datos dimensionales, y análisis de propiedades mecánicas de los materiales. La aplicación de instrumentos técnicos y software especializado permite recopilar información objetiva para caracterizar el comportamiento físico del sistema estructural. El componente cualitativo se incorpora al momento de analizar las condiciones constructivas visibles, identificar deficiencias recurrentes y clasificar la tipología estructural del edificio, considerando el uso, la antigüedad y el entorno físico.

Objetivo 2: Analizar los elementos estructurales y modelar con asistencia del software CYPECAD para verificar su comportamiento en caso de un sismo.

Este objetivo se aborda principalmente desde un enfoque cuantitativo, mediante modelación computacional del comportamiento estructural ante cargas gravitacionales y

sísmicas. El análisis incluye la simulación de esfuerzos, desplazamientos, derivas de piso y niveles de seguridad, conforme a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2014. Se complementa con un enfoque cualitativo al momento de interpretar los resultados, establecer zonas críticas, validar el desempeño estructural en relación con el uso del inmueble y emitir observaciones técnicas sobre su estabilidad funcional.

Objetivo 3: Proponer medidas para estabilizar la edificación y reducir el riesgo ante sismos.

Este objetivo incorpora ambos enfoques. El cuantitativo se evidencia al estimar el impacto técnico de las propuestas de reforzamiento mediante cálculos estructurales comparativos, validando la mejora de desempeño frente a escenarios sísmicos. El cualitativo se refleja en la formulación de recomendaciones ajustadas al contexto constructivo del edificio, al entorno urbano y al uso institucional del inmueble. Se consideran criterios normativos, técnicos y funcionales para garantizar que las medidas propuestas sean viables, efectivas y sostenibles.

3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Correlacional: Se realizará inspecciones detalladas de edificio de estudio, documentando el tipo y la situación actual del mismo. Usando datos como la ubicación, el tipo de material de construcción, el diseño estructural y los daños observados.

Diseño longitudinal: este tipo de diseñó nos permitirá estudiar cómo evolucionan los daños estructurales, y elementos sismo resistentes actuaran con el paso del tiempo en eventos sísmicos, además nos permitirá observar el comportamiento de las estructuras bajo condiciones post evento sísmico durante un período prolongado, ya que se ha demostrado que las inspecciones periódicas de los mismos edificios durante

varios meses o años después del sismo ayudan analizar la efectividad de las reparaciones y reforzamientos antisísmicos condicionan los cambios en la estabilidad estructural.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPILACIÓN DE DATOS

Análisis documental de planos, informes técnicos y normativa aplicable.

Recopilación de información técnica del edificio (planos, informes, etc.).

Fichas de análisis estructural para recopilar información de técnicos y normativa aplicable.

Modelamiento estructural sísmico utilizando software especializado.

3.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra de estudio que se toma en cuenta para esta investigación es la Dirección Distrital del cantón Chillanes, que se encuentra ubicado en el Cantón Chillanes, en la Calle Pedro Solano entre Calle Guayas y García Moreno, se trata de un edificio que es apto para la evaluación, por ello la muestra son los componentes estructurales constituido por columnas, vigas, losas, escalera

3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOPILACIÓN DE DATOS

Para el primer objetivo específico El procesamiento de datos asociados a este objetivo se desarrolló a través de una secuencia metodológica técnica que permitió organizar, verificar y representar la información estructural del edificio objeto de estudio se identificaron sus principales características, incluyendo los materiales empleados en la construcción como columnas, vigas, losas, escaleras. El proceso comprendió las siguientes etapas:

1. Inspección visual y reconocimiento técnico

Se realizó un recorrido sistemático por el inmueble, identificando los sistemas constructivos predominantes, el tipo de materiales empleados, las condiciones físicas aparentes, zonas de deterioro y la disposición funcional de los niveles estructurales.

2. Levantamiento físico estructural

Se tomaron mediciones directas en sitio mediante cintas, flexómetros, distanciómetros electrónicos y registros fotográficos, con el fin de establecer geometría, altura de entrepisos, ubicación de columnas, vigas, muros portantes, vanos y condiciones de apoyo.

3. Elaboración de planos

Con la información recolectada se desarrollaron los planos arquitectónicos, estructurales y de distribución de cargas, utilizando software asistido por computadora (AutoCAD). Estos planos incluyeron detalles de fundaciones, configuración estructural en planta, y cortes verticales necesarios para el posterior modelado analítico.

4. Caracterización preliminar de materiales

Mediante observación directa y datos de laboratorio complementarios, se identificaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes (hormigón, acero, mampostería), incluyendo aspectos como resistencia estimada, envejecimiento superficial, presencia de humedad y condiciones de contacto con el terreno.

3.6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA APLICADA.

3.6.1. Objetivo 1

En las primeras instancias de la inspección visual y reconocimiento técnico se pudo constatar el estado de la edificación, tanto como problemas de humedad además la

edificación no contaba con planos físicos ni digitales, se procedió a realizarlos desde cero, primero en la fase uno, se realizó el levantamiento de información tales como;

Dimensiones estructurales del edificio

- Altura total del edificio y número de niveles.
- Altura entre pisos
- Espesor de muros y losas.
- Distancia entre columnas y vigas: para definir la modulación estructural.

Medidas interiores funcionales

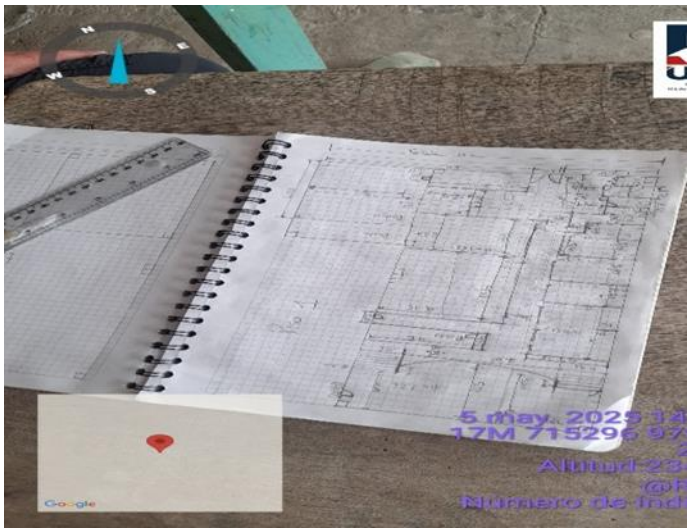
- Ancho de pasillos.
- Dimensiones de áreas.
- Altura de puertas y ventanas.
- Espacios mínimos de circulación.

Relevamiento físico si el edificio

Se usó cinta métrica y metro para:

- Medir muros, columnas, vanos y alturas.
- Identificar deformaciones o deterioros (como humedad).
- Registrar elementos no visibles en planos anteriores.

Ilustración 3: Boceto de planos con sus medidas.



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la fase 2, se llevó los datos físicos a digitales mediante la herramienta AutoCAD 2025.

Durante esta fase, se trasladó la información física del edificio a formato digital utilizando la herramienta AutoCAD 2025, con el objetivo de generar planos técnicos precisos que respalden el análisis estructural. Inicialmente, se configuró el entorno de trabajo seleccionando una plantilla adecuada (acad.dwt) y definiendo las unidades de medida mediante el comando UNITS. Posteriormente, se establecieron los límites del dibujo con LIMITS y se ajustó la vista general utilizando ZOOM > ALL.

Para organizar los elementos del plano, se creó una estructura por capas (LAYER), clasificando los componentes en categorías como muros, estructura, carpintería, instalaciones y cotas. A cada capa se le asignaron colores y tipos de línea específicos, lo que permitió mejorar la legibilidad y facilitar la interpretación técnica del plano.

El dibujo del contorno y los elementos principales se realizó utilizando los comandos RECTANGLE y LINE para definir el perímetro del edificio. Los muros interiores fueron generados mediante OFFSET, y se aplicaron TRIM y EXTEND para ajustar las líneas conforme al diseño original.

Finalmente, se insertaron puertas, ventanas y mobiliario utilizando bloques dinámicos (INSERT) para elementos repetitivos. En los casos que requerían mayor detalle, se crearon bloques personalizados mediante el comando BLOCK, asegurando una representación fiel de los componentes arquitectónicos y funcionales del edificio.

En la fase 3, se llevó a cabo Humedad en la infraestructura con higrómetro.

En la inspección principal se evidencio las áreas donde la humedad era más pronunciada para lo cual se diseñó en Excel esta ficha técnica:

Tabla 2. Ficha para levantamiento de muestras de humedad

INFORMACIÓN DE HUMEDAD DEL EDIFICIO							
PISO		**HUMEDAD DE LA INFRAESTRUCTURA**					
	ÁREA	**Vigas**	**Humedad %**	**Columnas**	**Humedad %**	**Paredes**	**Humedad %**
1	Baños						
	Recepción						
	Bodegas						
	Cubículos						
	Dirección						
2	Bodegas						
	DECE						
	Balcón						

Fuente: Excel

Fuente: Elaboración propia (2025)

Para tomar las muestras de humedad en los sectores mencionados en las fichas se realizó los siguientes pasos:

1. Se coloca el dispositivo en el punto deseado, en contacto directo con la superficie.

2. Espera 15–30 minutos para que se estabilice.

3. Lee el valor en pantalla (en % de humedad relativa).

4. Se repite el proceso en los todos los puntos para obtener un perfil completo tomando dos muestras por área.

ENSAYO ESCLERÓMETRO

Proyecto: ELABORACION DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL EDIFICIO

Solicita: Tesis

Equipo: Esclerómetro, ZC3-A SERIE 1520

Norma: AASHTO C-39 **Fecha de ensayo**: 30/4/2025

Norma ASTM: ASTM C805

Tabla 3. Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales

Código	**Elemento**	**Pisos**	**Lecturas de Rebote**	**Forma**	**F. Forma**	**F. Carbonatación**	**Resistencia Estimada (kgf/cm²)**	**Resistencia Corregida (kgf/cm²)**	**¿Cumple NEC ≥ 250 kgf/cm²?**
	Columna 45×30	1p							
	Columna 45×30	2p							
	Losa	2p							

Código	Elemento	Pisos	Lecturas de Rebote	Forma	F. Forma	F. Carbonatación	Resistencia Estimada (kgf/cm²)	Resistencia Corregida (kgf/cm²)	¿Cumple NEC ≥ 250 kgf/cm²?
	Viga	2p							
	Muro	1p							

Fuente: Excel

Fuente: Elaboración propia (2025)

Metodología Técnica: Ensayo con Esclerómetro (ASTM C805)

1. Preparación del Equipo

- Verificar el correcto funcionamiento del esclerómetro (como el ZC3-A serie 1520) mediante pruebas preliminares en superficies de referencia.
- Calibrar el dispositivo si es necesario, asegurándose de que los resultados sean repetibles.

2. Selección de los Puntos de Medición

- Elegir al menos 10 puntos distribuidos uniformemente en cada elemento estructural (columna, viga, muro o losa).
- Evitar zonas deterioradas, fracturadas, con recubrimiento irregular o expuestas a agentes químicos.
- Marcar las áreas de medición a una distancia mínima entre impactos de 25 mm y al menos 50 mm del borde.

3. Condiciones de Superficie

- Limpiar completamente el área a ensayar, removiendo polvo, pintura, yeso u otros acabados que alteren la medición.
- Asegurar que la superficie sea seca y con contacto firme del esclerómetro.

4. Ejecutar las Medidas de Rebote

- Realizar 10 impactos verticales u ortogonales al plano del concreto en cada zona.
- Registrar el índice de rebote que aparece en cada impacto.
- Descartar cualquier lectura aberrante que se aleje mucho de la tendencia media.

5. Cálculo del Promedio

- Calcular el promedio del índice de rebote por cada elemento evaluado.
- Consultar la tabla de correlación del fabricante para estimar la resistencia del concreto en función del índice promedio.

6. Aplicar Factores de Corrección

- Corregir la resistencia estimada aplicando:
- Factor de forma del elemento: generalmente entre 0.88–0.95.
- Factor por carbonatación: cercano a 1.00 en estructuras nuevas, menor en concreto expuesto o antiguo.

7. Interpretación de Resultados

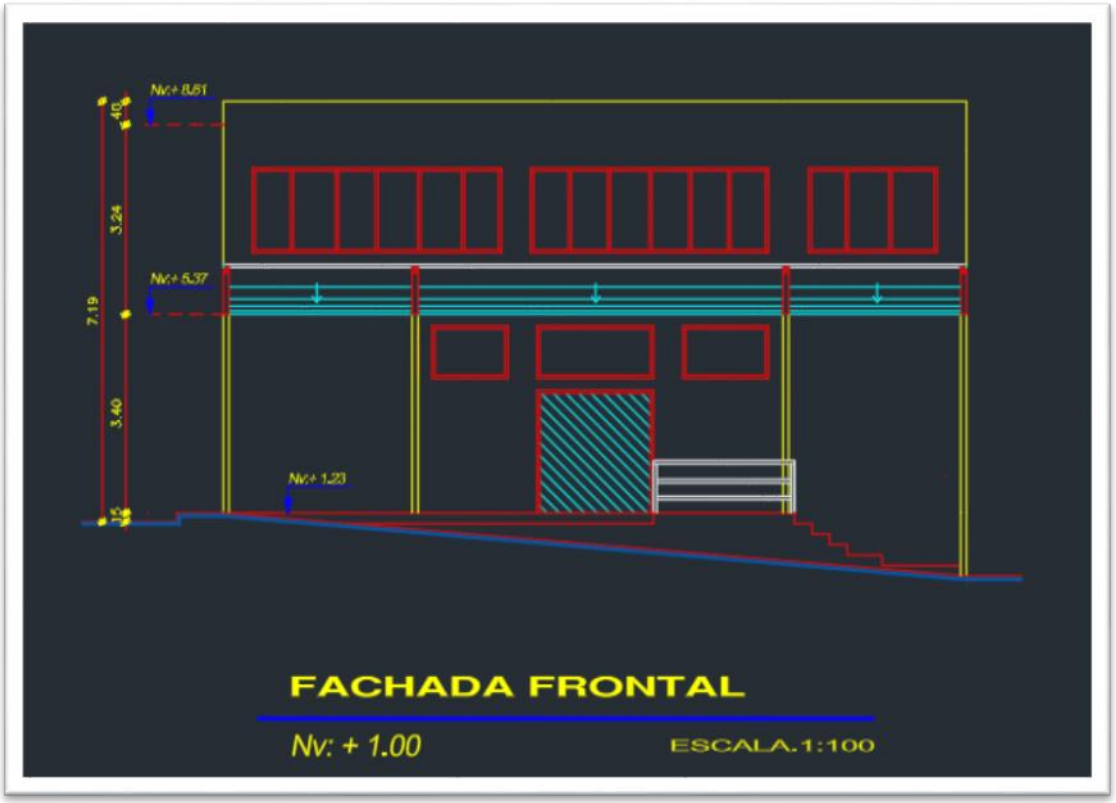
- Comparar los valores corregidos con los requisitos normativos (NEC-2014 indica mínimo 250 kgf/cm² para concreto estructural en zonas sísmicas).
- Documentar elementos que no cumplen para justificar medidas correctivas

Para el segundo objetivo específico, se utilizará el software especializado CYPECAD, con el que se simulará el comportamiento de los elementos portantes ante cargas gravitacionales y sísmicas, conforme a la zonificación sísmica del cantón Chillanes. La base de datos técnica será ingresada en el programa para calcular derivas de piso, esfuerzos internos y desplazamientos. Los resultados serán procesados para identificar zonas críticas y evaluar el grado de cumplimiento de los factores de seguridad estructural exigidos por la NEC.

El análisis estructural orientado a verificar el comportamiento sísmico del edificio se ejecutó mediante un conjunto de procesos técnicos que permitieron simular, interpretar y validar la respuesta de la edificación frente a solicitaciones laterales de origen sísmico.

3.6.2. Objetivo 2

Ilustración 4: Vista frontal del edificio de la Dirección Distrital de Educación.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

El edificio de la Dirección Distrital de Educación cuenta con dos niveles, donde tienen una altura de 3,40 m y el segundo de 3,24 m, sumando una altura total de 7,19 m. Su estructura está construida en hormigón armado.

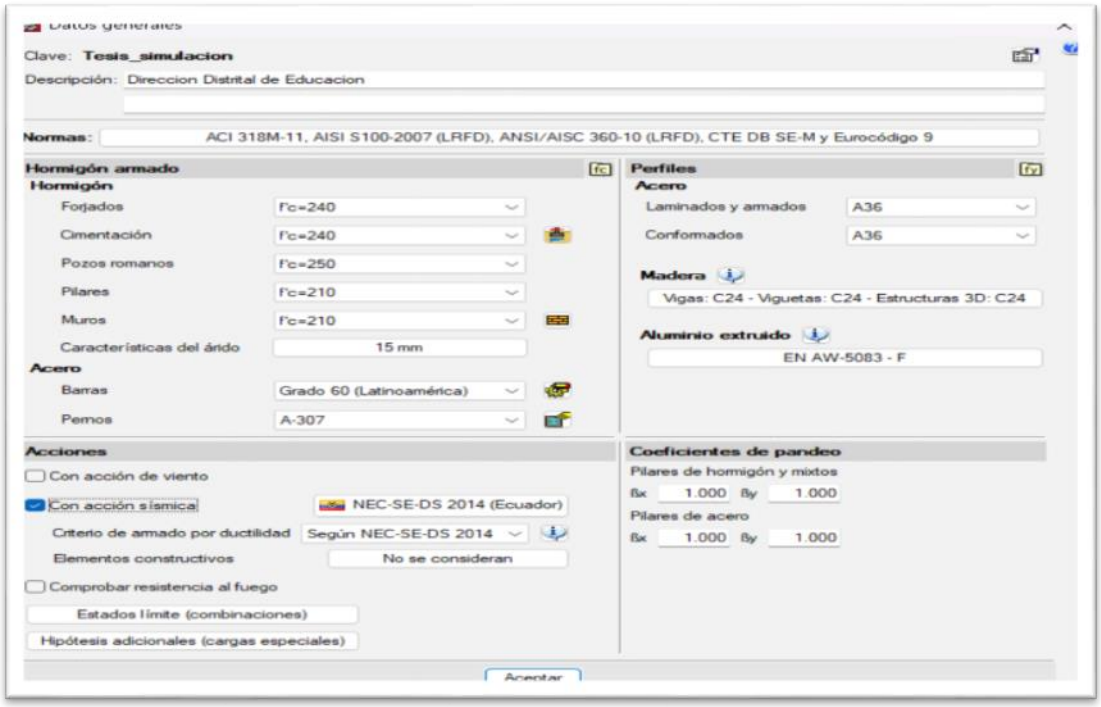
Para este modelo estructural del edificio se realizó con una serie de pasos, considerando los planos del AutoCAD, dichos pasos están detallados a continuación:

1. Datos generales

Primero se introducen los datos generales de la obra, en la ventana principal sé crea un proyecto nuevo con el nombre “Dirección distrital de Educación”. Se considera

también el tipo de concreto, mediante valores que se obtienen con el ensayo del esclerómetro de los forjados, pilares y muros.

Ilustración 5: Ventana de datos generales del programa.

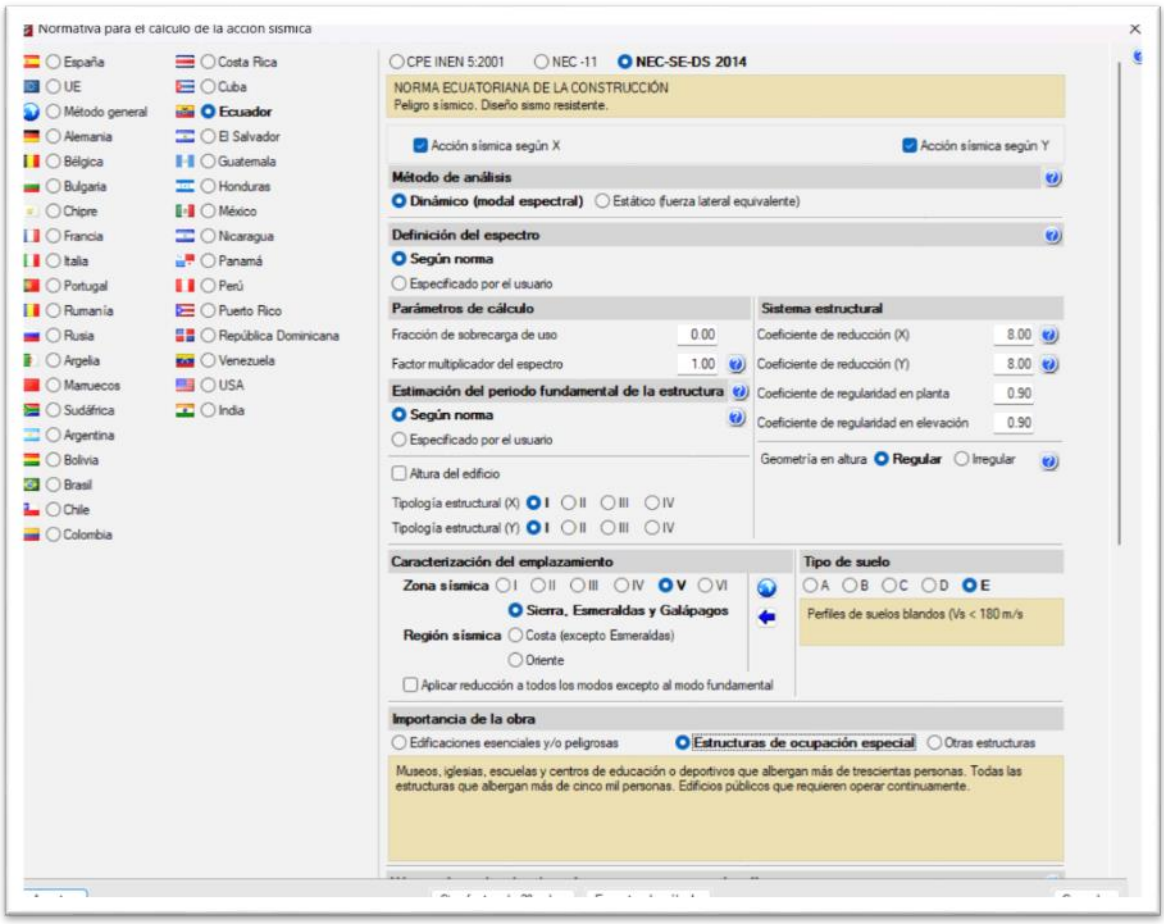


Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Datos generales de la acción sísmica

Ilustración 6: Normativa ecuatoriana de la acción sísmica.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

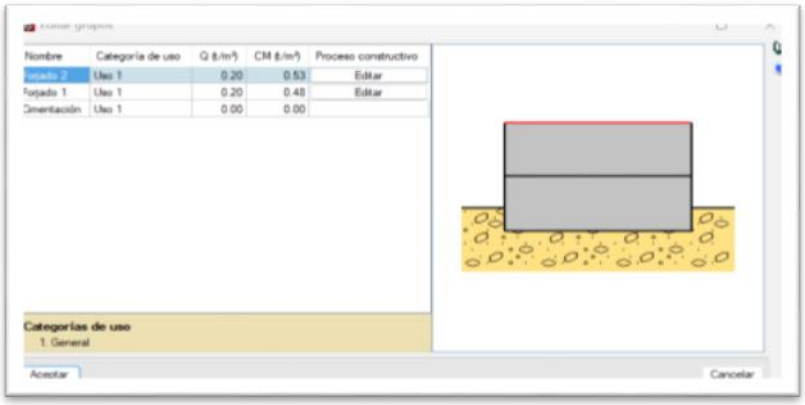
El análisis estructural del edificio de la Dirección Distrital de Educación se realizó conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2014), utilizando el método de análisis dinámico modal espectral utilizado en el diseño, nos permite evaluar cómo la estructura responde ante eventos sísmicos, asegurando que sus coeficientes de regularidad en planta y elevación sean adecuados para evitar efectos de torsión no deseados.

El edificio, compuesto por pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales, se ubica en la zona sísmica IV y está asentado en un tipo de suelo E, caracterizado por suelos blandos. Presenta coeficientes de regularidad en planta y elevación. Clasificado como una estructura de ocupación especial.

Plantas

Se debe introduce la cantidad de plantas en este caso 1 y 2 que tiene el edificio, además sus respectivas alturas y profundidad del suelo, con sus respectivas cargas vivas y muertas.

Ilustración 7: Introducción de plantas.



Fuente: CYPECAD

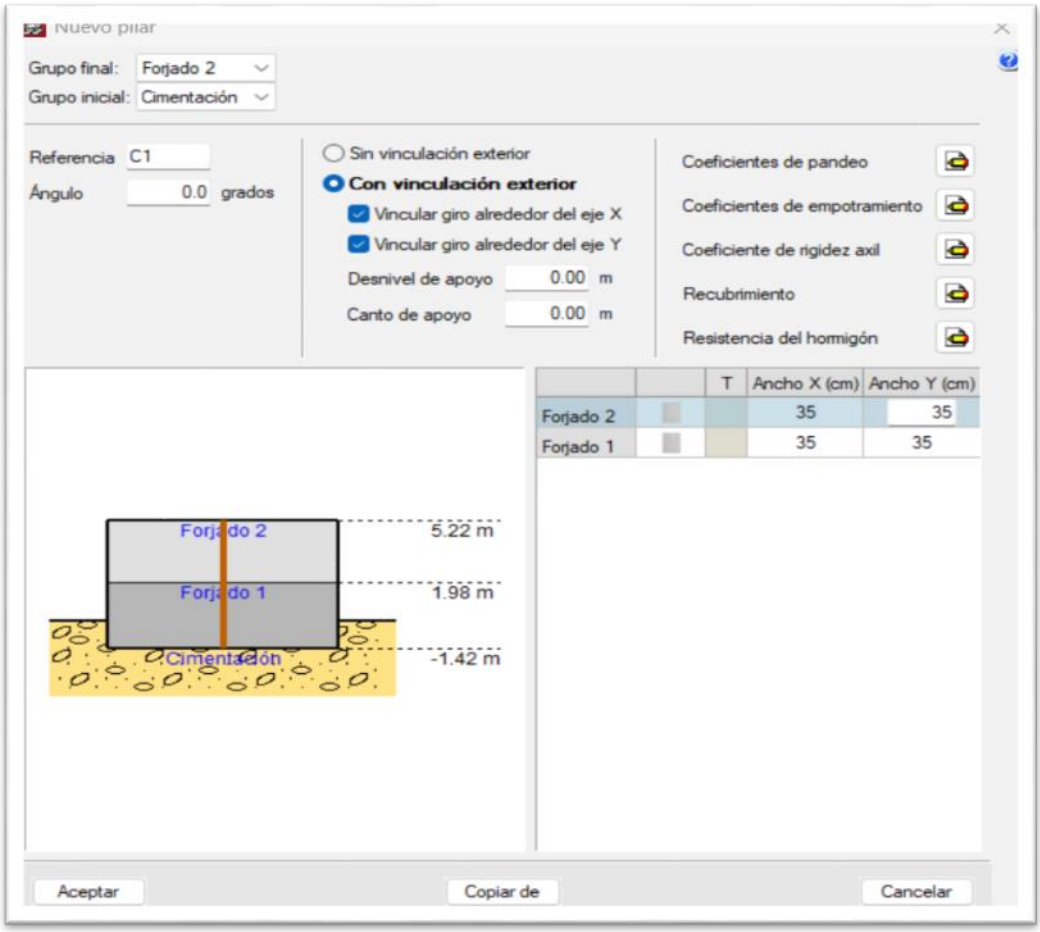
Fuente: Elaboración propia (2025)

Introducción de pilares

Los pilares son elementos estructurales verticales que conectan las diferentes plantas de la edificación. Su incorporación se realiza a través del nuevo pilar en la parte inferior del software, utilizando como referencia la plantilla de los planos estructurales importados desde AutoCAD. Durante su definición, cada pilar es configurado con

dimensiones precisas de sección transversal (ancho y altura), asegurando su correcta integración con los demás elementos del sistema portante.

Ilustración 8: Dimensiones de los pilares.

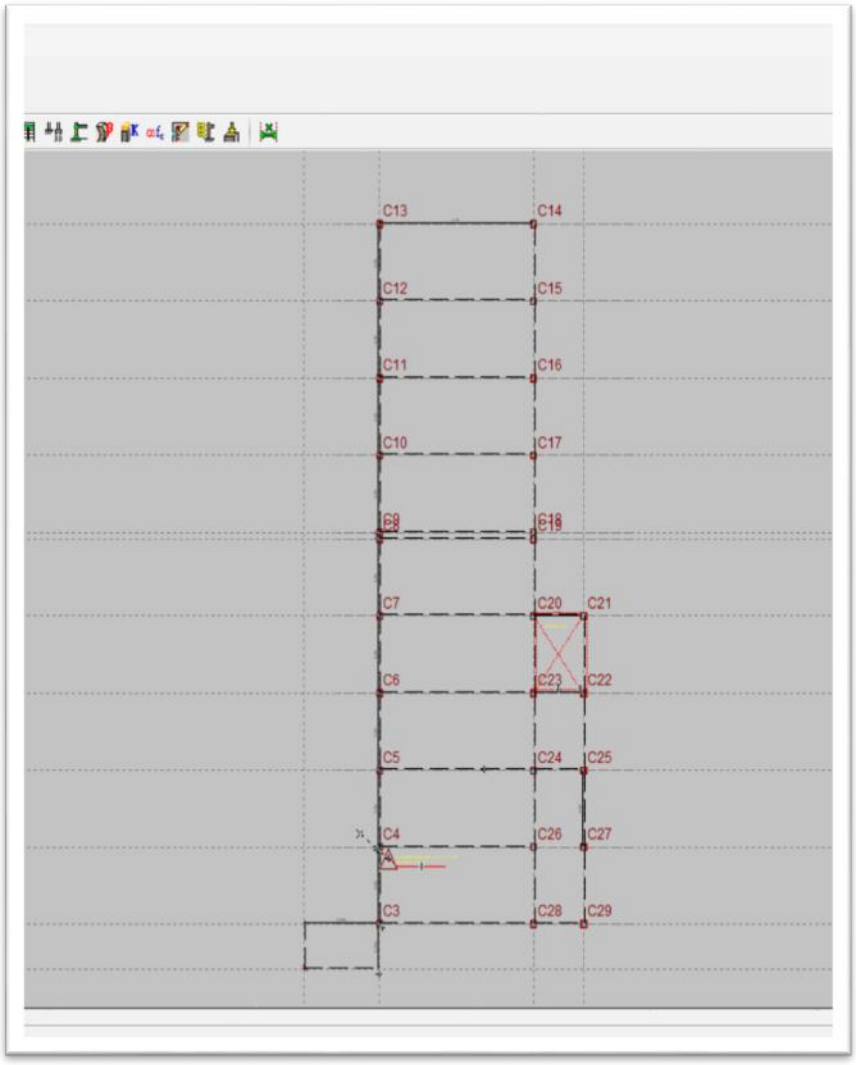


Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Una vez ingresados todos los pilares, se puede observar de acuerdo al orden introducido, como se muestra a continuación.

Ilustración 9: Pilares introducidos al programa.



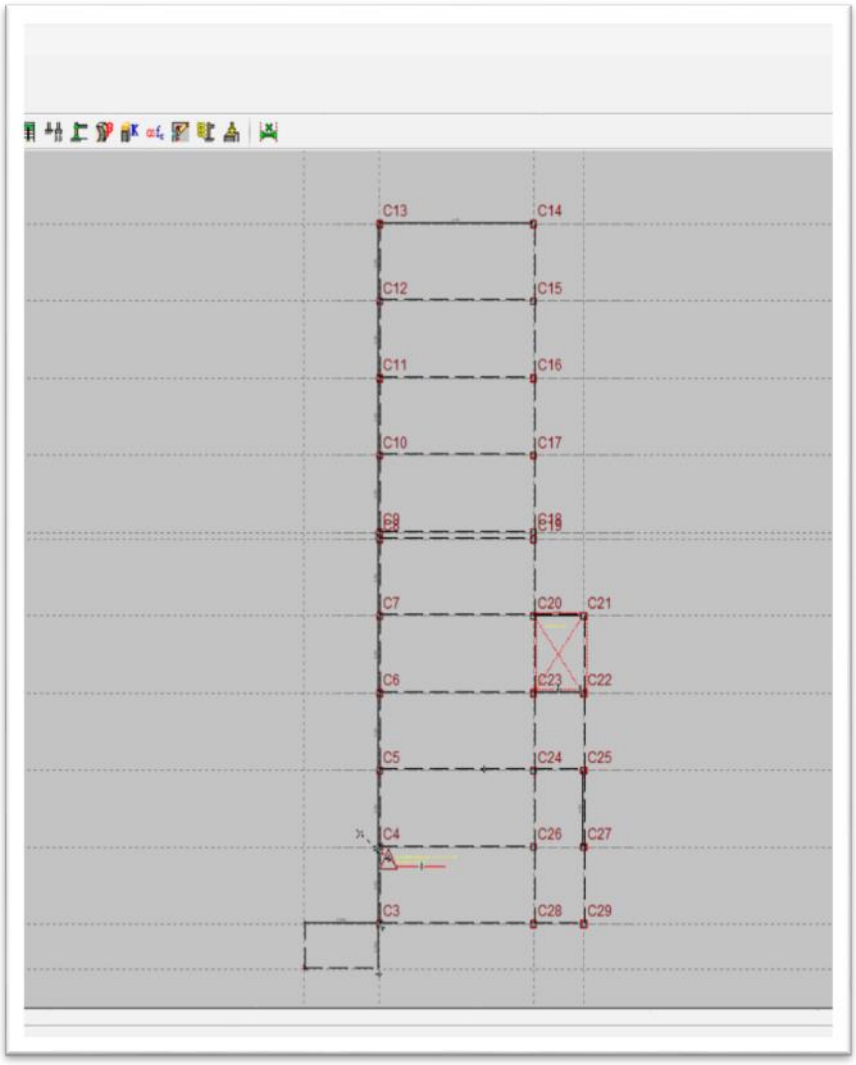
Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Vigas

Las vigas son componentes estructurales horizontales diseñados para soportar cargas, proporcionando estabilidad a la estructura y sosteniendo los techos y pisos superiores. Su incorporación se realiza a través de la opción de entrada de vigas, se seleccionando el tipo exacto con el que fue construido el edificio y también se debe asignar las dimensiones correspondientes a cada nivel. En este caso, se optó por vigas colgantes rectangulares.

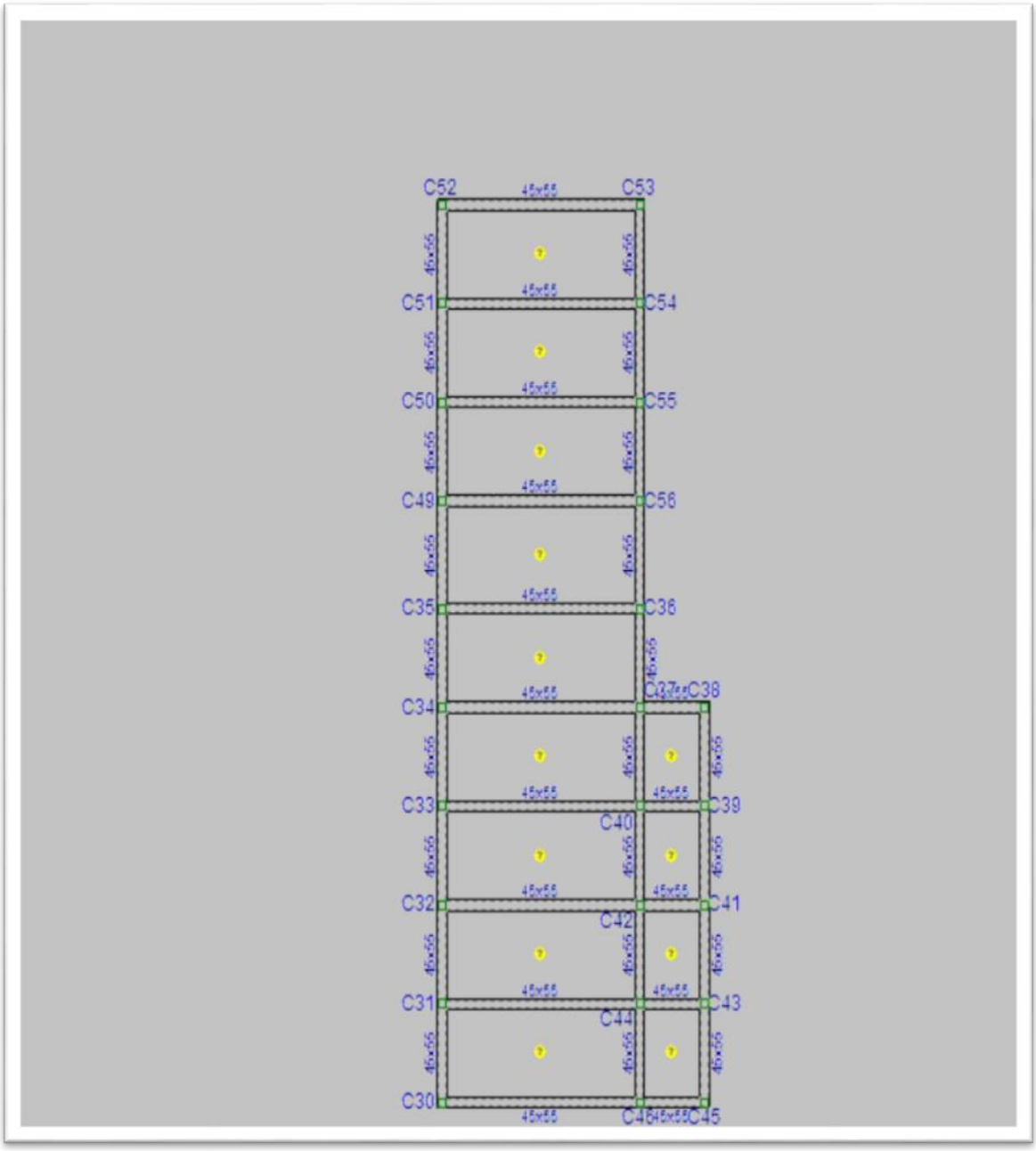
Ilustración 10: Ventana de selección de vigas.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Ilustración 11: Muestra de las vigas ya insertadas.



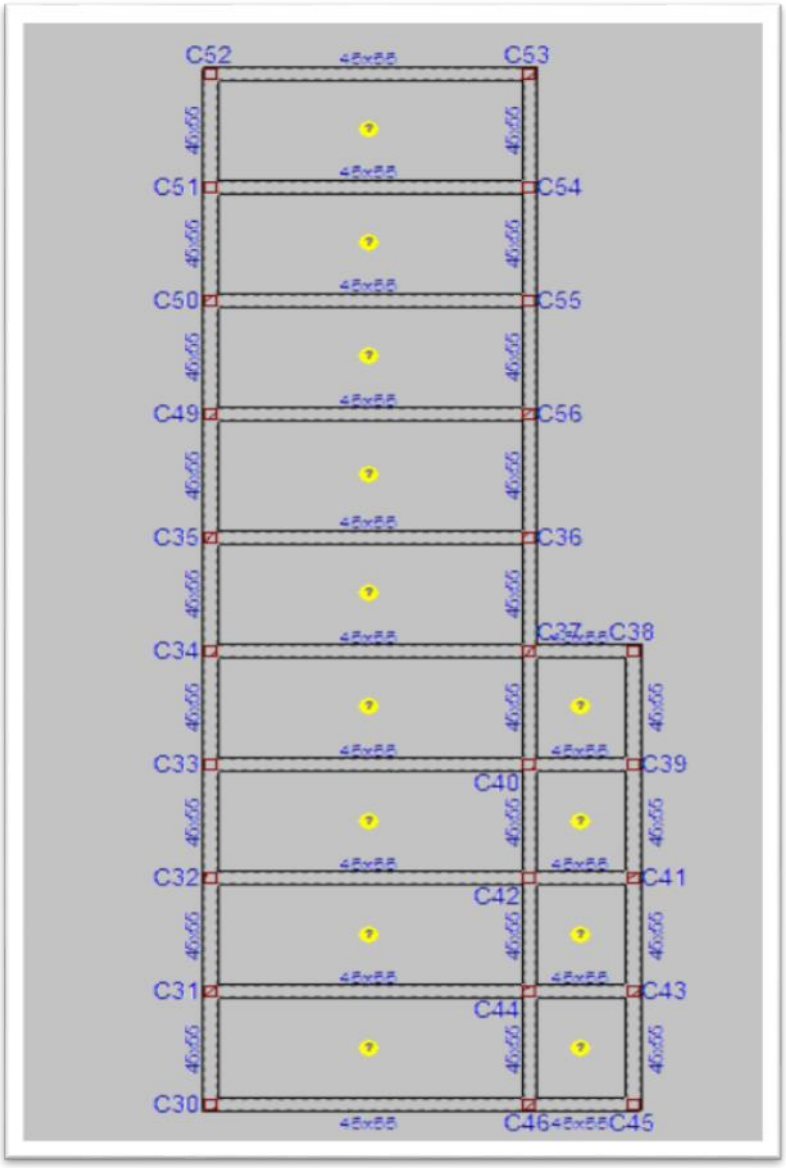
Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Losas.

Las losas son elementos estructurales que se utilizan para crear superficies horizontales planas como en pisos o techos, la interrogación con color amarrillo nos indica que se tiene que insertar paños o losas en el lugar.

Ilustración 12: Signo de interrogación de color amarrillo.

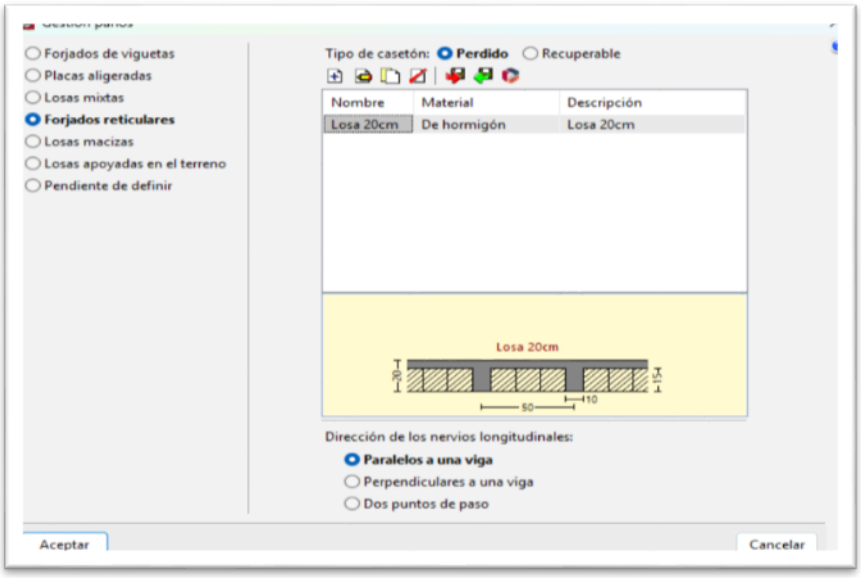


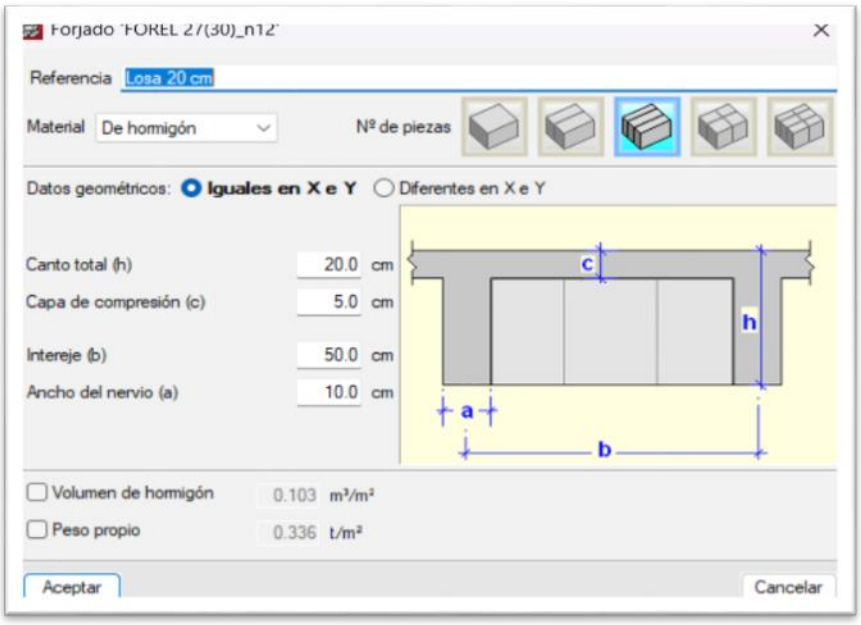
Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Para Insertar las losas o paños se añade Forjados reticulares donde se observa la discretización de los paños y se añade huecos en los sectores correspondientes con un espesor de 20cm.

Ilustración 13: Introducción de la losa o paños.

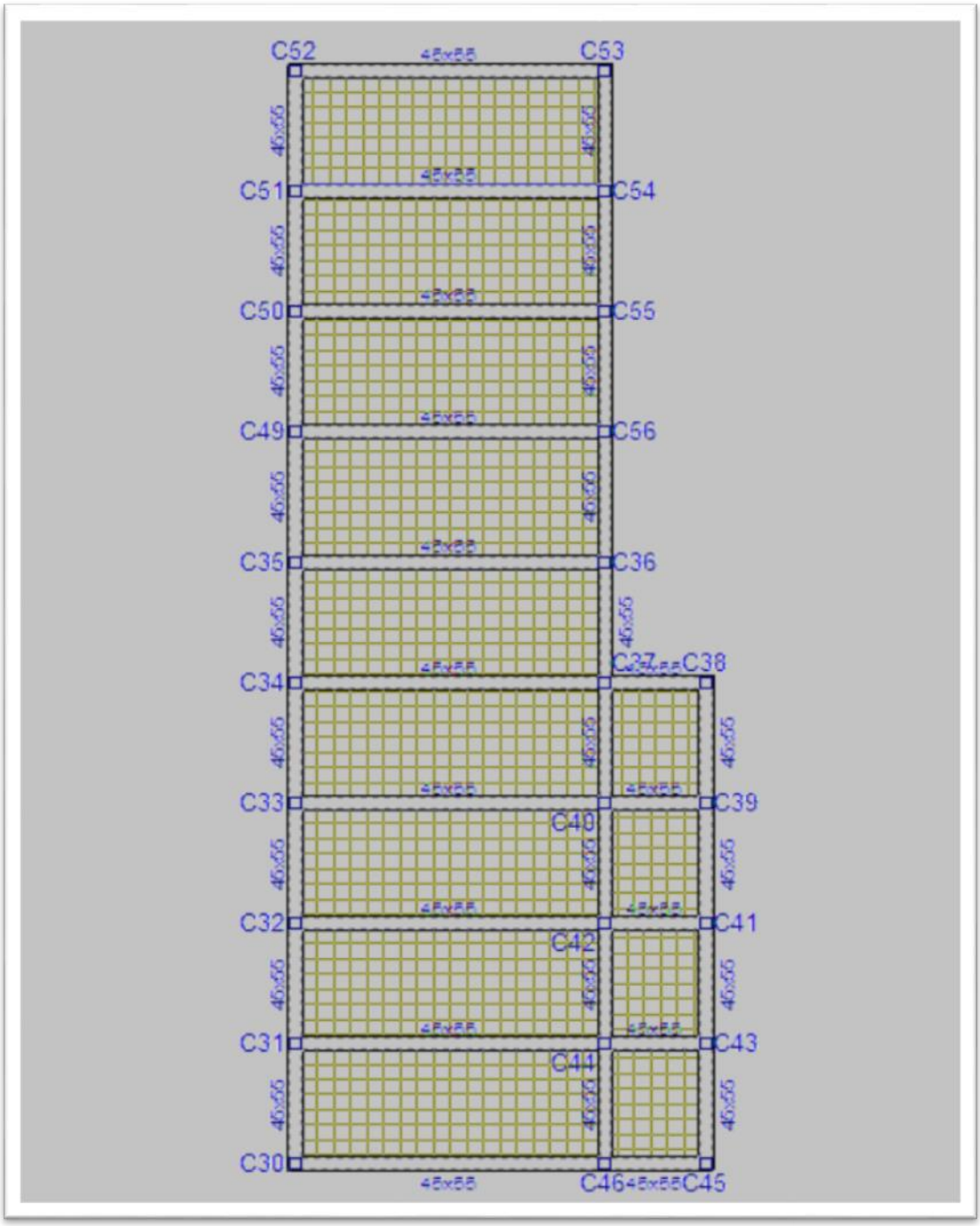




Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Ilustración 14: Colocación de paño y huecos en la estructura.



Fuente: CYPECAD

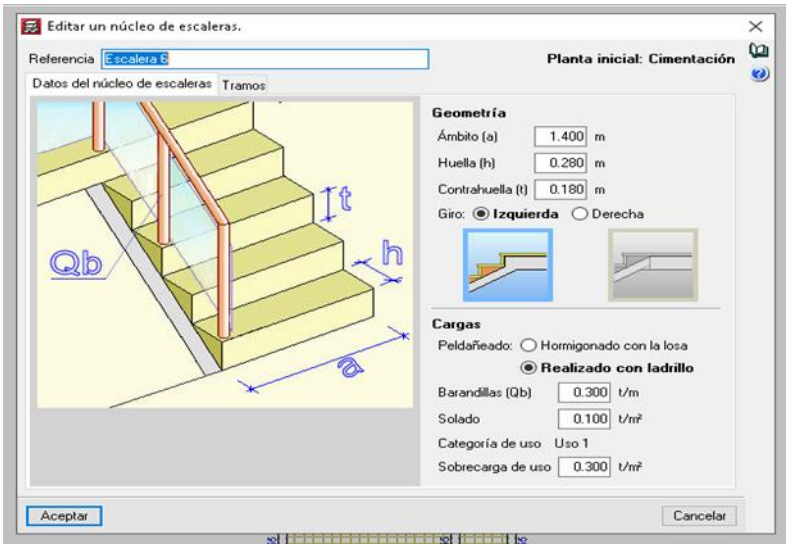
Fuente: Elaboración propia (2025)

Escaleras.

Se trata de una estructura compuesta por una sucesión de peldaños y soportes paralelos, que poseen huella y contra huella cuya función es permitir el desplazamiento

entre distintos niveles de la edificación. Para su diseño, se selecciona el tipo de escalera adecuado, que en este caso consta de dos tramos con 10 escalones cada uno.

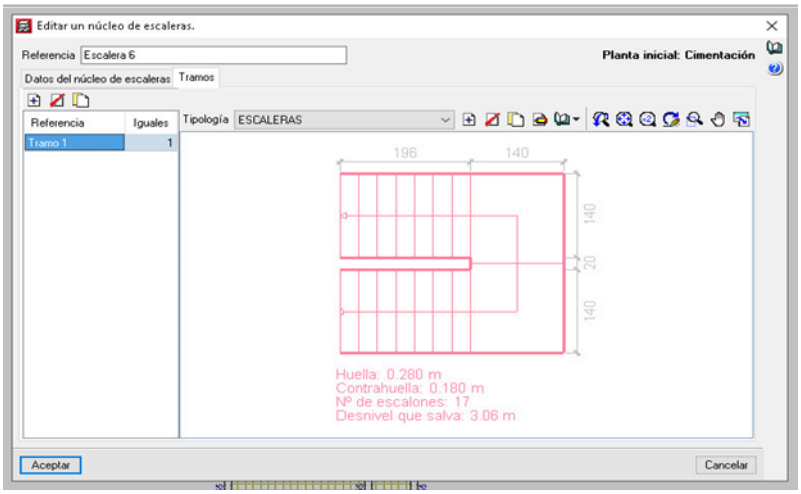
Ilustración 15: Características de los escalones.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Ilustración 16: Introducción de la escalera.

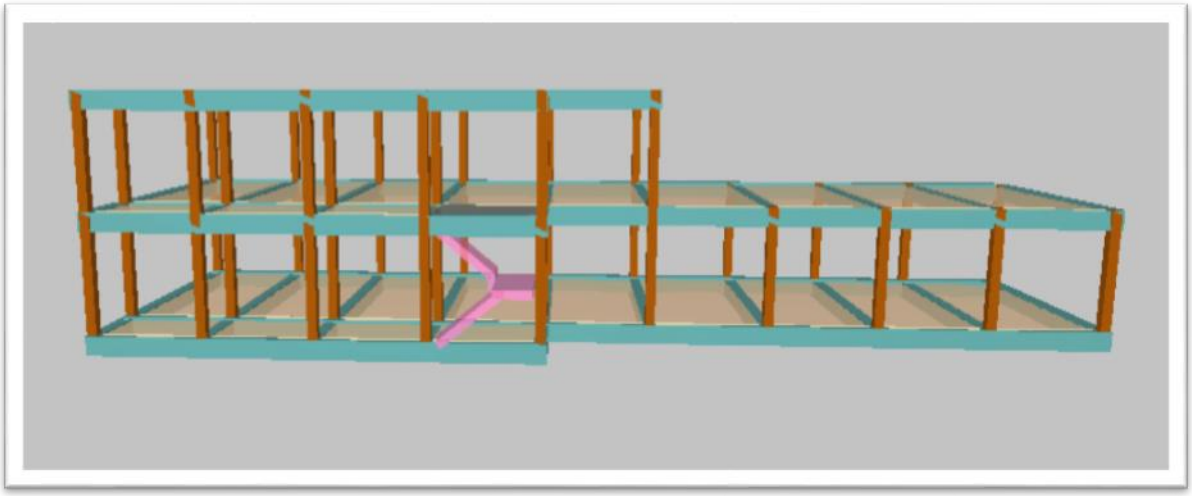


Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Luego de colocar todos los elementos anteriores mete mencionados ya se puede visualizar el modelo tridimensional la estructura, mediante la opción vista 3D.

Ilustración 17: Vista 3D de la edificación.



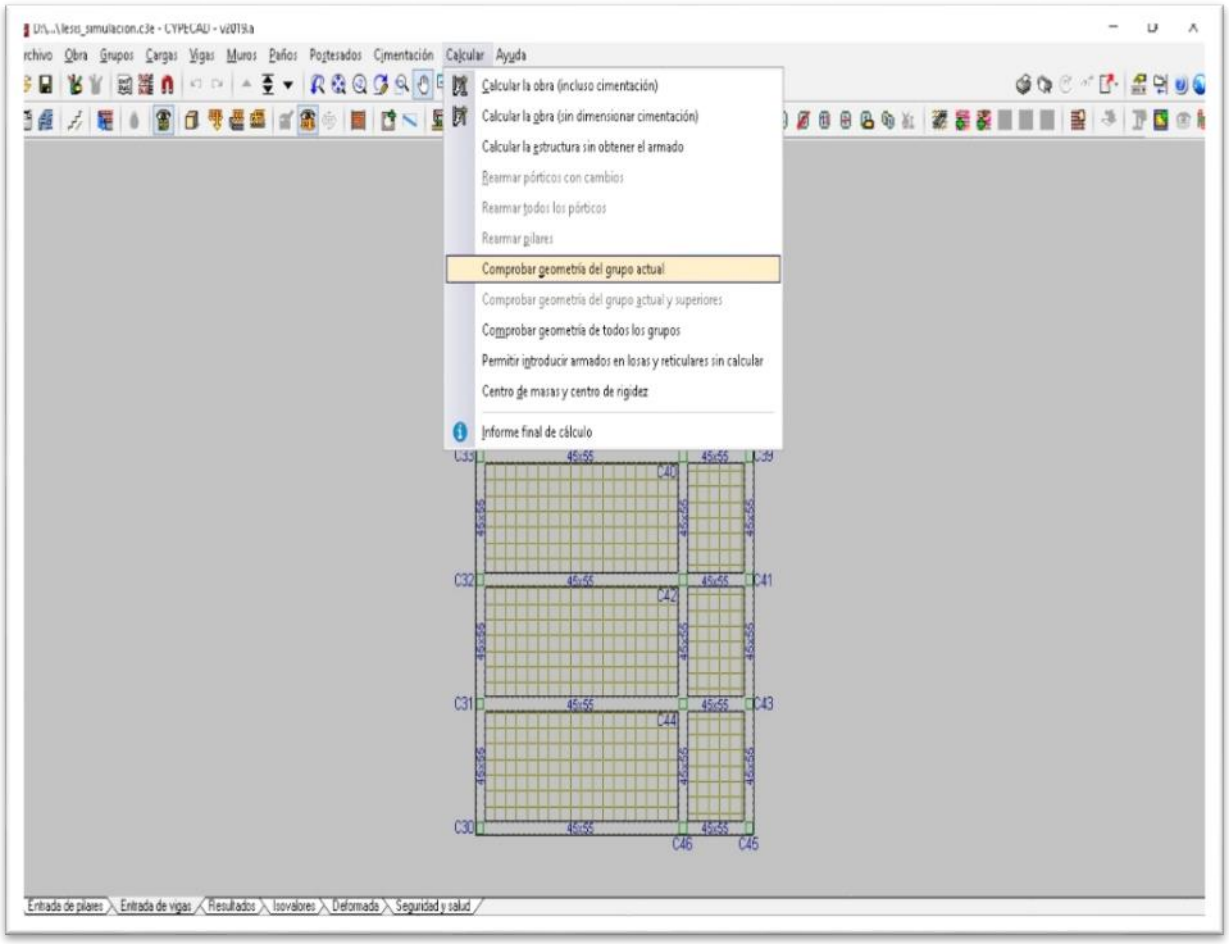
Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Corrección de errores

Primero se debe calcular la obra, esto es necesario realizar para comprobar la geometría de los elementos estructurales para evidenciar los errores y poder rectificarlos, de lo contrario no es posible continuar.

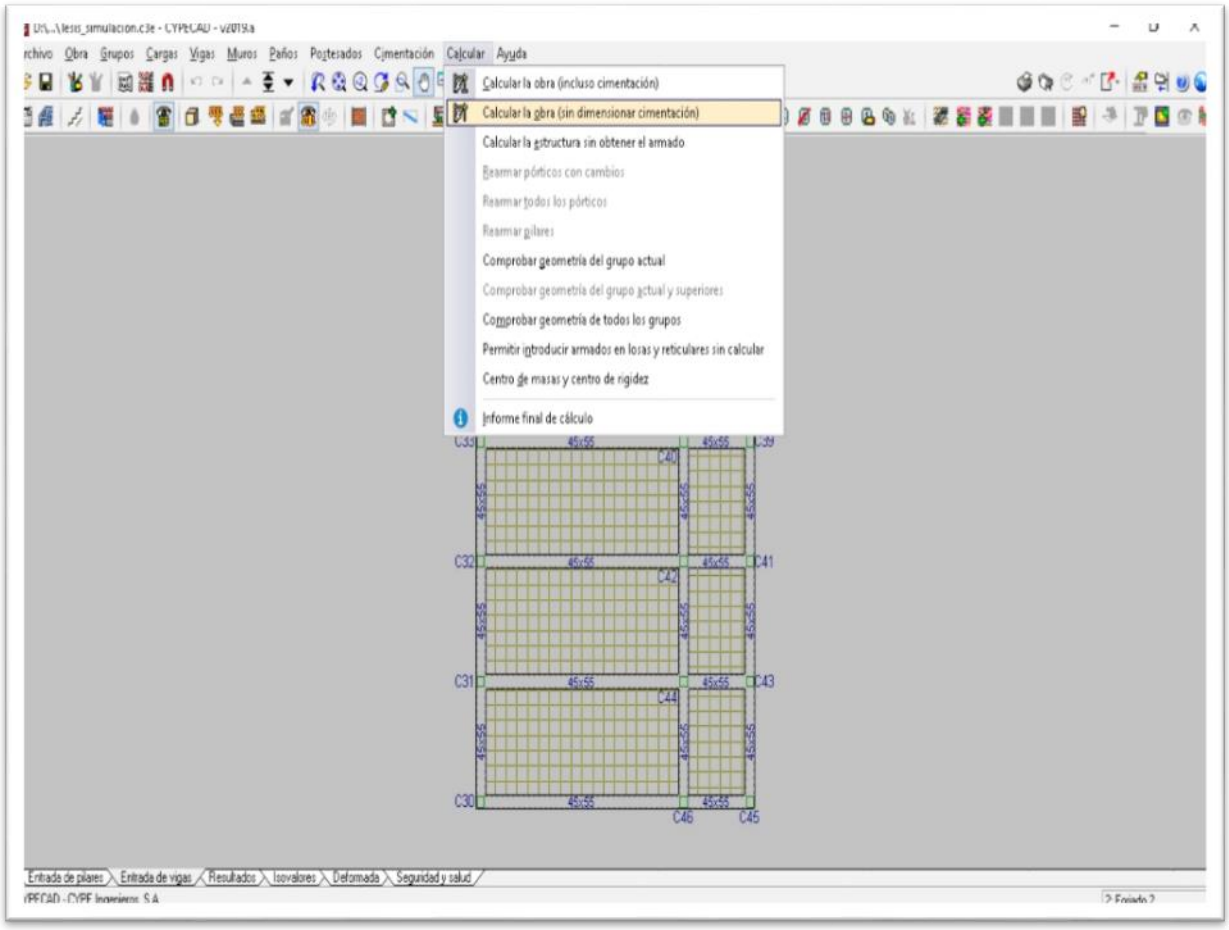
Ilustración 18: Comprobación de la geometría de los grupos.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Ilustración 19: Calculo de la estructura.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Para el tercer objetivo específico, Con base en los resultados obtenidos, se redactaron propuestas específicas de intervención, priorizadas según el grado de afectación, complejidad constructiva y beneficio técnico. Las recomendaciones incluyen procedimientos de ejecución, materiales sugeridos y seguimiento post intervención para garantizar la efectividad de las soluciones.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

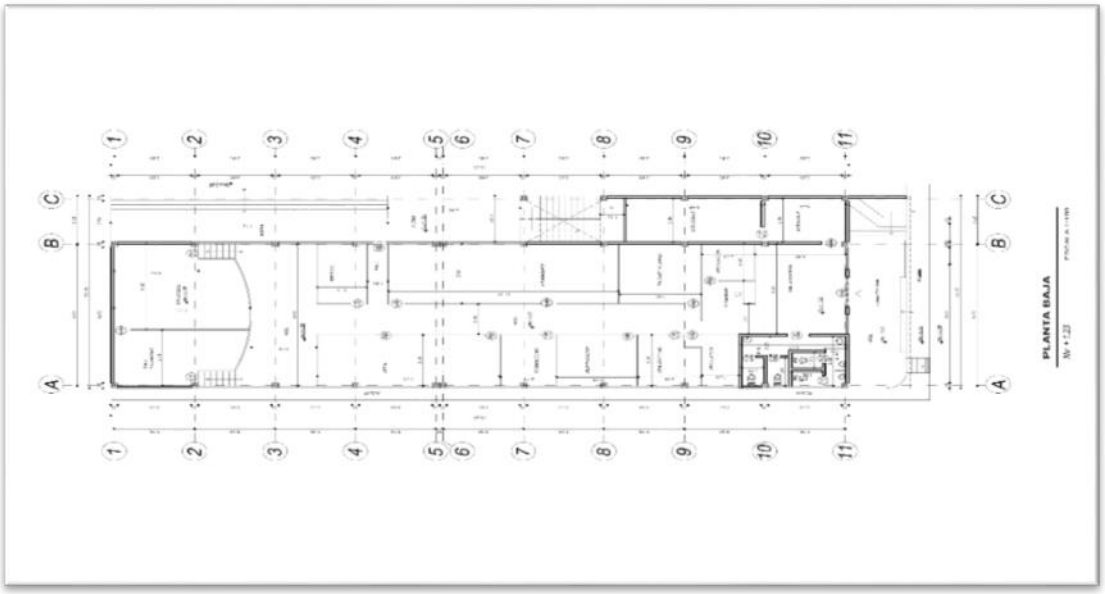
4.1. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 1

Sistematizar la información técnica del sistema edificatorio mediante el uso de herramientas computacionales especializadas y apoyo de equipo de laboratorio.

Este proceso permitió determinar la ubicación precisa de los componentes a evaluar, así como su distribución dentro de la estructura. La información recopilada constituye un respaldo esencial para la determinación de la capacidad estructural del edificio frente a solicitaciones sísmicas. Esto permite realizar un análisis confiable, basado en fundamentos técnicos que orientan con precisión el diagnóstico de su comportamiento ante movimientos telúricos.

4.1.1. Resultados detallados de la elaboración de planos de la edificación.

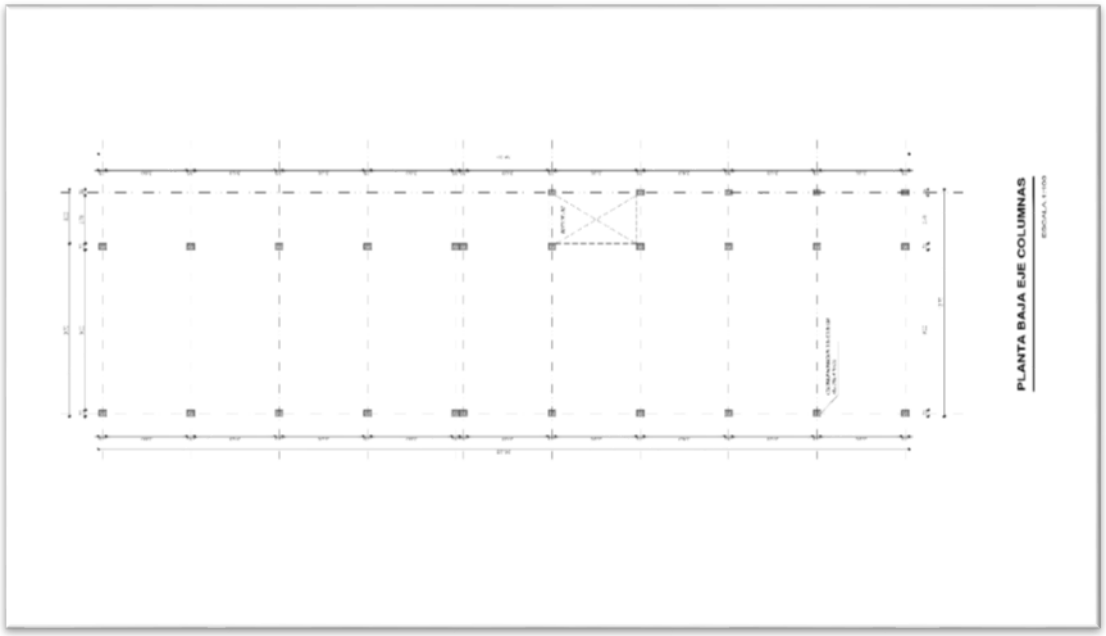
Ilustración 20: Plano Arquitectónico de la planta baja del edificio la Dirección Distrital de Educación.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

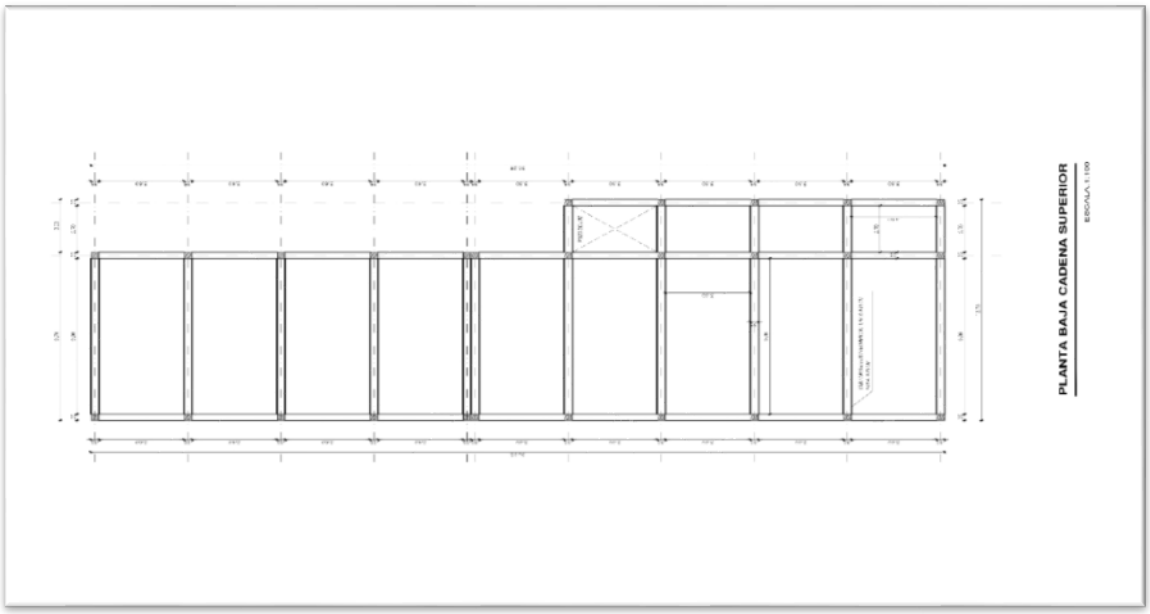
Ilustración 21: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Columnas.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

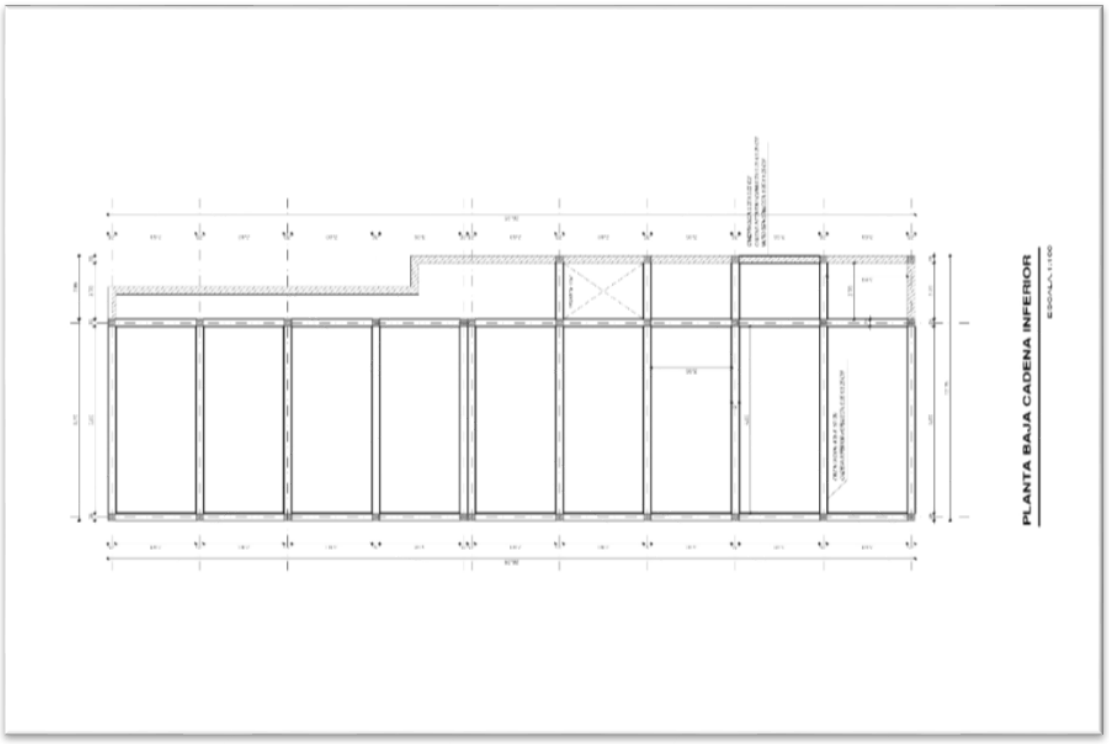
Ilustración 22: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Cadena inferiores.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

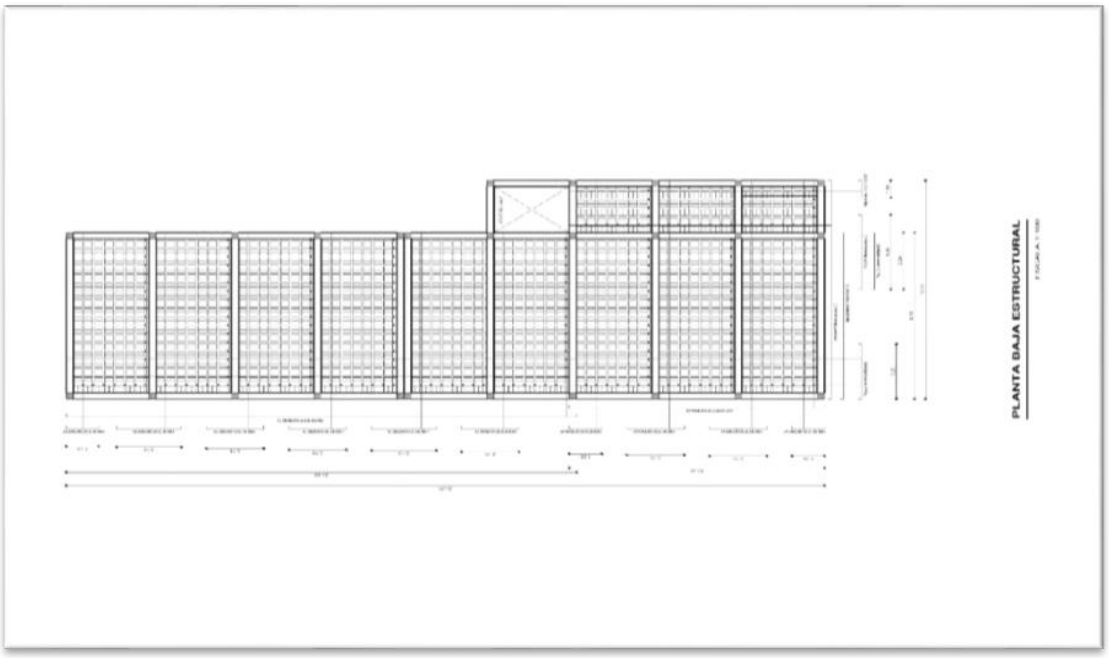
Ilustración 23: Plano Arquitectónico de la primera planta Baja Cadena Superiores.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

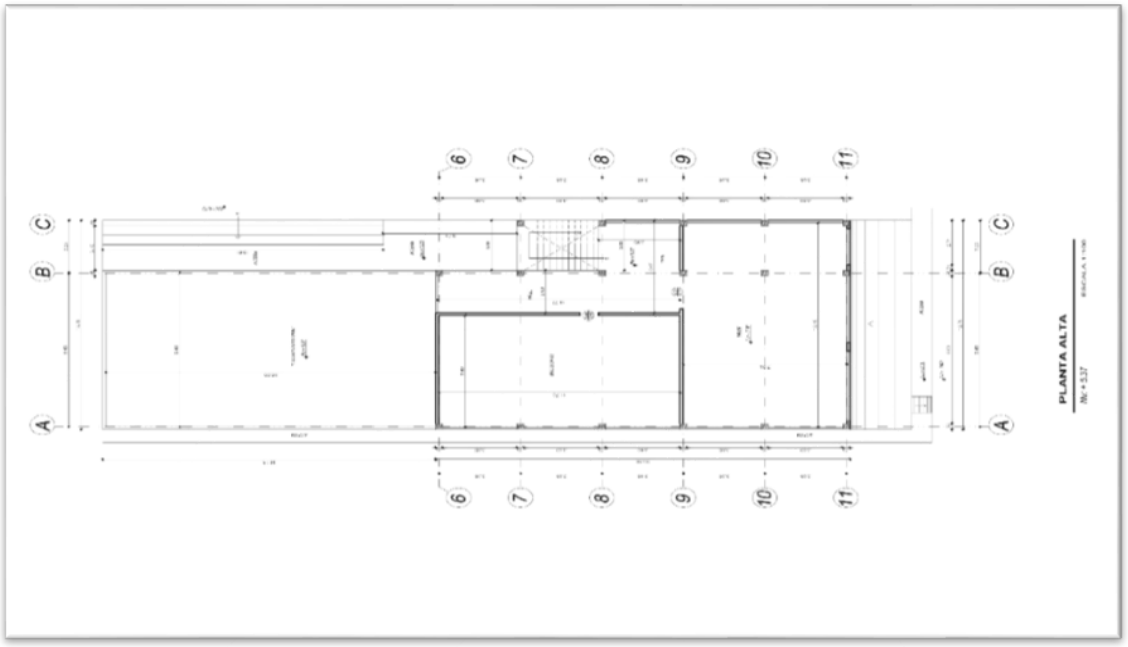
Ilustración 24: Plano estructural planta baja.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

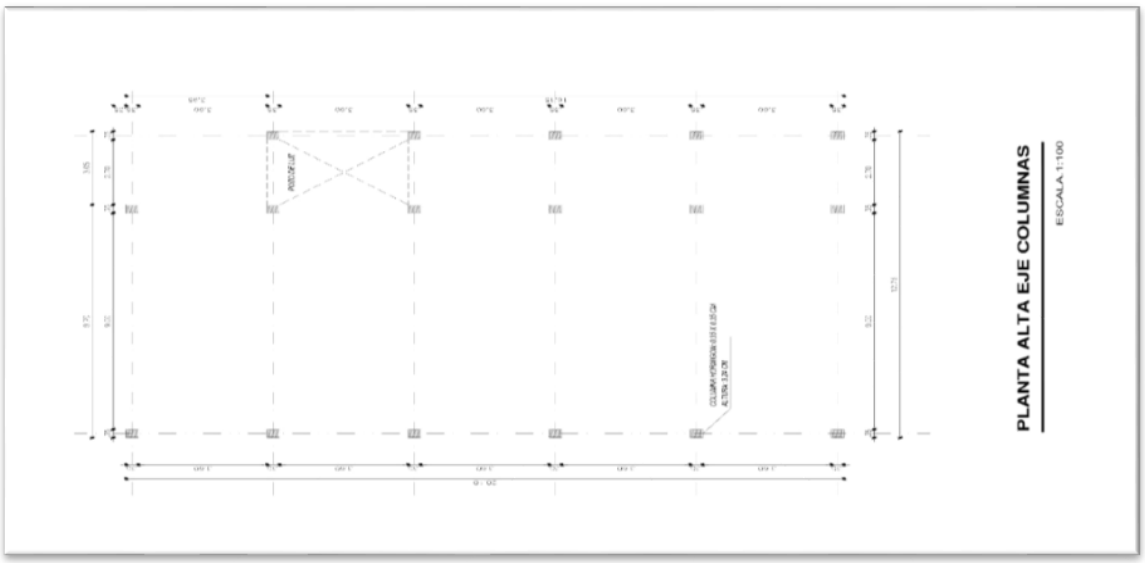
Ilustración 25: Plano Arquitectónico planta alta.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

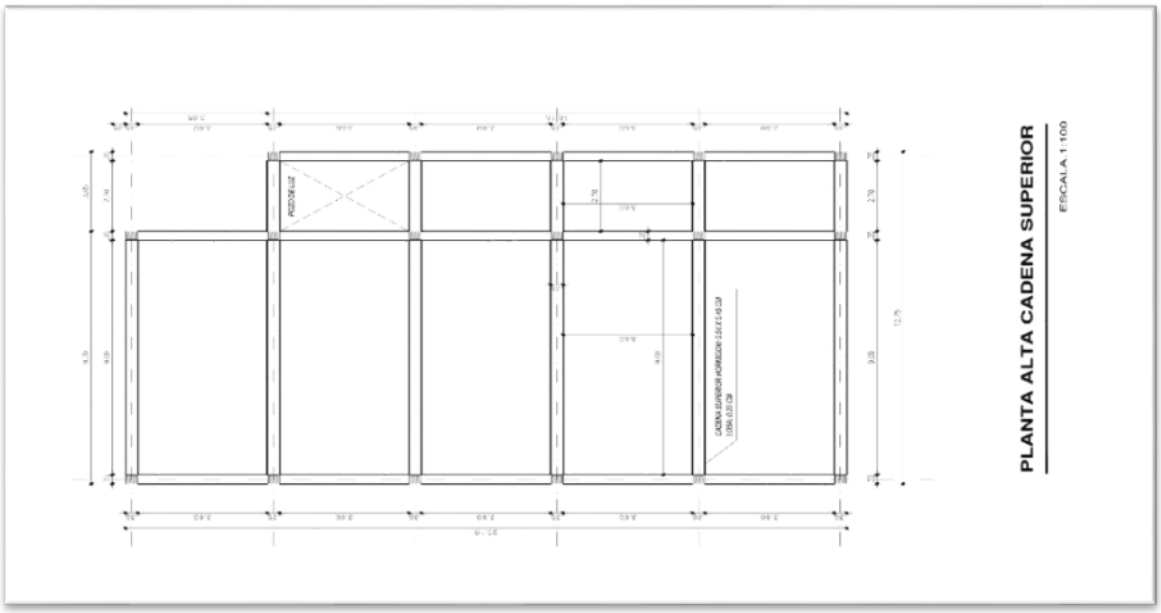
Ilustración 26: Plano Arquitectónico de la Columnas planta alta.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

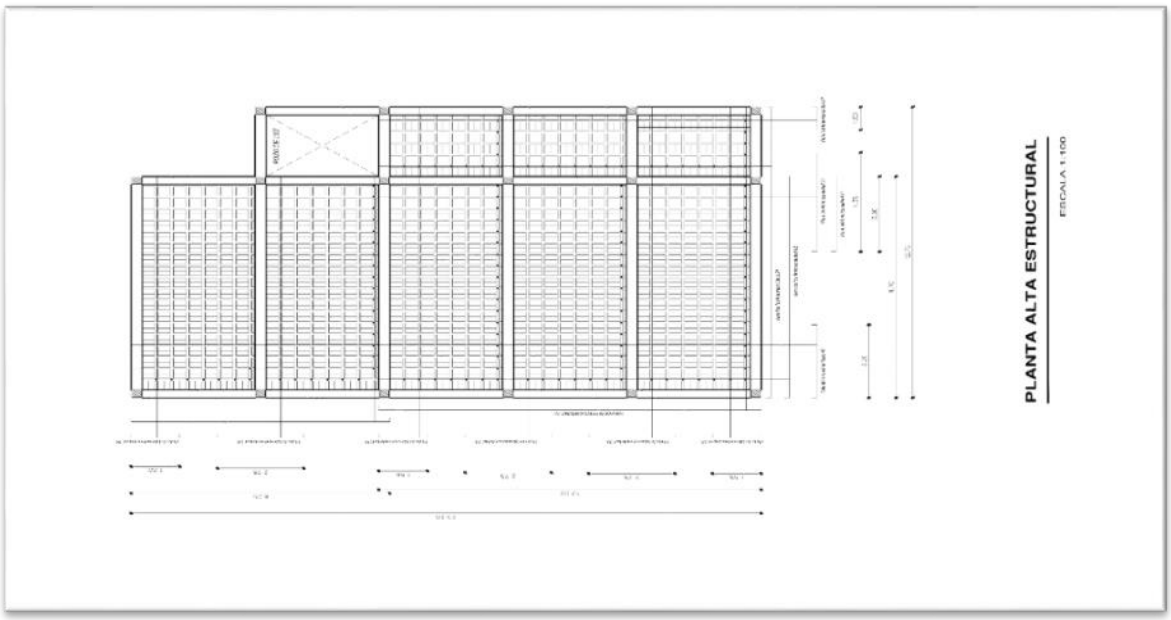
Ilustración 27: Plano Arquitectónico de la Cadenas Superiores planta alta.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

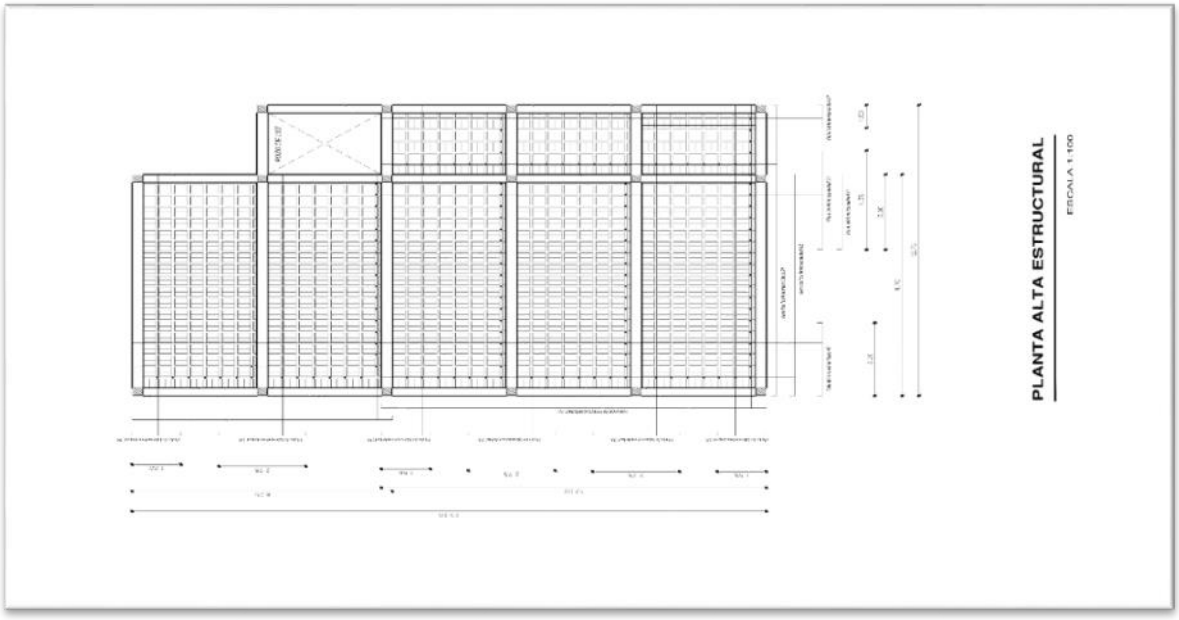
Ilustración 28: Plano estructural planta alta.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Ilustración 29: Plano Arquitectónico terraza.



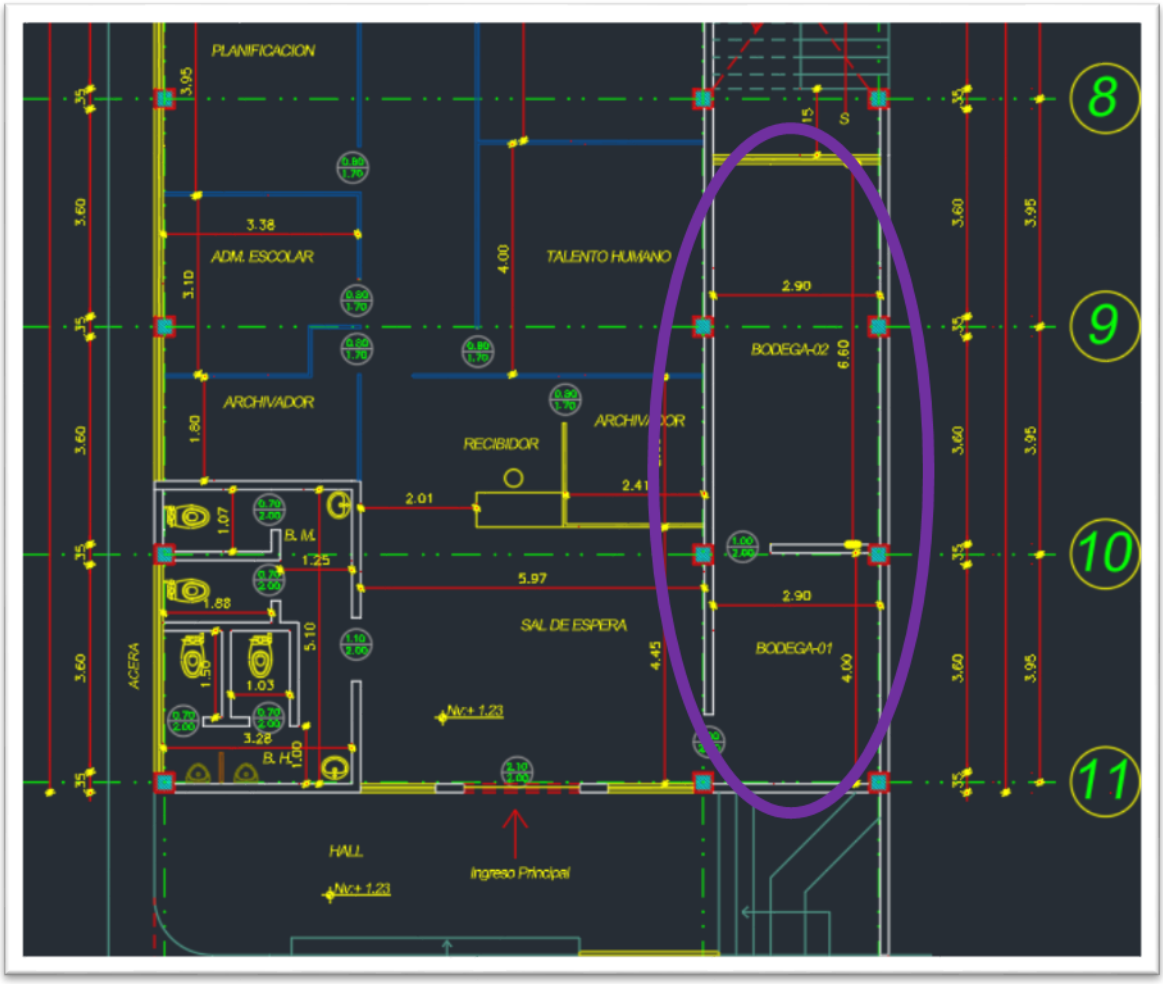
Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.2. En cuanto a reparaciones y mantenimiento preventivo.

Se evidenció que en una sección de la edificación recientemente se habilitaron dos áreas utilizadas como bodegas. La primera presenta dimensiones de 4,00 metros de largo por 2,90 metros de ancho, mientras que la segunda cuenta con 6,60 metros de largo y 2,90 metros de ancho.

Ilustración 30: Las dos bodegas creadas recientemente, en la edificación.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

También es muy evidente que no se ha realizado ningún mantenimiento en cuanto a sistemas de drenes pluviales, por lo que se puede observar a simple vista la presencia de humedad en varios puntos, como la losa del techo por fisuras, y en paredes por la ruptura de canaletas por lo que se optó por realizar pruebas de humedad con el higrómetro.

4.1.3. Análisis de resultados de pruebas de humedad y esclerómetro.

El ensayo de esclerómetro fue realizado siguiendo la normativa ASTM C805 y AASHTO C-39, utilizando el equipo ZC3-A serie 1520 para evaluar la resistencia del concreto en elementos estructurales del edificio. Se efectuaron diez lecturas por muestra en columnas, vigas, losas y muros, seleccionando superficies limpias, secas y sin defectos visibles, a fin de garantizar la precisión de los rebotes. A partir del índice promedio, se calcularon las resistencias estimadas, ajustadas con factores de corrección por forma (0.9) y carbonatación (1.0), obteniendo valores corregidos que oscilaron entre 198 y 234 kgf/cm². Estos resultados indican que ningún elemento evaluado cumple con el mínimo requerido de 250 kgf/cm² según la NEC-2014 para estructuras en zonas sísmicas, lo que justifica la necesidad de reforzar los elementos críticos.

Como dato importante cabe recalcar que la prueba del esclerómetro no se la tomó en cuenta como dato real para la simulación, no obstante, se tomó el dato propuesto por la NEC en base a tipo o uso de infra estructura como en este caso es público, y educación se asigna un valor base de 250 **kgf/cm² ,** por lo esta prueba de esclerómetro se tomó como datos complementarios, ya que la edificación tiene al menos 5 centímetros de mampostería, lo que provoca que los resultados no sean 100% reales, no se puedo realizar el ensayo debidamente por falta de permisos.

Tabla 4 Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales

Código	**Elemento**	**Piso**	**Lecturas de Rebote**	**Forma**	**F. Forma**	**F. Carbonatación**	**Resistencia Estimada (kgf/cm²)**	**Resistencia Corregida (kgf/cm²)**	**¿Cumple NEC ≥ 250 kgf/cm²?**
E-5	Columna 45×30	1er	30, 32, 32, 30, 40, 32, 32, 35, 35, 32	Rectangular	0.9	1	260	**234**	✗ No

A-7	Columna 45×30	2do	30, 30, 32, 32, 35, 32, 32, 30, 32, 32	Rectangular	0.9	1	220	**198**	✕ No
—	Losa	2do	30, 34, 30, 30, 31, 30, 31, 30, 35	Rectangular	0.9	1	220	**198**	✕ No
—	Viga	2do	32, 42, 40, 32, 39, 40, 30, 39, 40	Rectangular	0.9	1	220	**198**	✕ No
—	Muro	1er	31, 31, 30, 31, 32, 30, 30, 31, 32	Rectangular	0.9	1	220	**198**	✕ No

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.4. Humedad en la infraestructura con higrómetro

Se realizó pruebas de humedad debido a que se podía observar en paredes, se tomó muestras en paredes, vigas, columnas y losas, donde se pudo evidenciar que todos los elementos estructurales tienen un porcentaje de humedad mínima de 4%, y la máxima de 60% en una pared y techo por problemas de mantenimiento en los sistemas de drenaje.

Tabla 5 Ensayo de Esclerómetro en Elementos Estructurales

INFORMACIÓN DE HUMEDAD DEL EDIFICIO							
PISO		HUMEDAD DE LA INFRAESTRUCTURA					
	ÁREA	Vigas	Humedad %	Columnas	Humedad %	Paredes	Humedad %
1	Baños	1	0%	1	11%	1	18%
		1	0%	1	12%	1	17%
	Recepción	1	0%	1	0%	0	0%
		1	0%	1	0%	0	0%
	Bodegas	1	0%	1	5%	1	7%
		1	0%	1	4%	1	13%
	Cubículos	6	0%	6	16%	1	60%
		6	0%	6	0%	1	15%
	Dirección	2	15%	2	16%	1	5%
		2	17%	2	0%	1	4%
2	Bodegas	1	18%	1	12%	1	8%

		1	19%	1	15%	1	7%
	DECE	1	10%	1	5%	1	5%
			14%	1	4%	1	8%
	Balcón	1	0	1	15%	2	12%

Fuente: Excel, Datos de higrómetro

Fuente: Elaboración propia (2025)

Como bien se sabe el Hormigón normalmente, la humedad debe mantenerse por debajo del 4-5% para evitar problemas de deterioro, por lo que la edificación, tiene serios problemas de humedad que a la larga provocaran el deterioro de materiales, Fisuras y deformaciones y sobre todo Daños en acabados.

El edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes es una estructura destinada a actividades académicas y administrativas relacionadas con la educación del cantón. Construido 1986, el edificio cuenta con una estructura de hormigón armado proyectado para cumplir con las normativas ecuatorianas de construcción. Sus instalaciones incluyen áreas como oficinas y Bodegas.

4.1.5. Componente Estructural

4.1.5.1. Sismos

El edificio de la Dirección Distrital de Educación del Cantón Chillanes, construido en 1986, está diseñado para proporcionar estabilidad y seguridad frente a cargas gravitacionales y eventos sísmicos. Su estructura de hormigón armado se compone de columnas, vigas y Las losas presentan una resistencia a la compresión de f'c = 210 kg/cm², lo que les permite soportar cargas verticales de manera eficiente. Para mejorar su capacidad estructural, se ha incorporado acero corrugado como refuerzo, con una resistencia a la fluencia de fy = 4200 kg/cm², lo cual incrementa notablemente su desempeño frente a esfuerzos de tracción y flexión

Este proyecto fue construido bajo las normativas del Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2000) y las regulaciones internacionales ACI, cumpliendo con los

estándares de seguridad estructural de su época. Se prestó especial atención a la incorporación de estribos y refuerzos de acero con amarres adecuados, elementos clave para la resistencia frente a cargas dinámicas generadas por los sismos.

En cuanto a los materiales empleados, se priorizó la durabilidad y calidad, utilizando cemento tipo Pórtland, agregados certificados bajo las normas INEN y agua libre de contaminantes, con el objetivo de garantizar la estabilidad de la estructura a lo largo del tiempo.

Para analizar su comportamiento sísmico, se realizarán estudios sobre la capacidad de deformación de sus elementos estructurales, asegurando que el edificio pueda absorber la energía sísmica sin comprometer su integridad. Se implementarán análisis dinámicos para evaluar su respuesta estructural bajo distintas condiciones, permitiendo validar su resistencia después de ser afectado por el sismo y que soportara los posibles eventos sísmicos.

4.1.5.2. Vigas de cimentación:

Tienen dimensiones de 0,35 x0, 25 cm estas vigas están distribuidas verticalmente y cuenta con22 vigas con un refuerzo longitudinal, barras de 16 mm con al menos 2 barras superiores con estribos de 8mm y una separación de 10cm

4.1.5.3. Loza de cimentación:

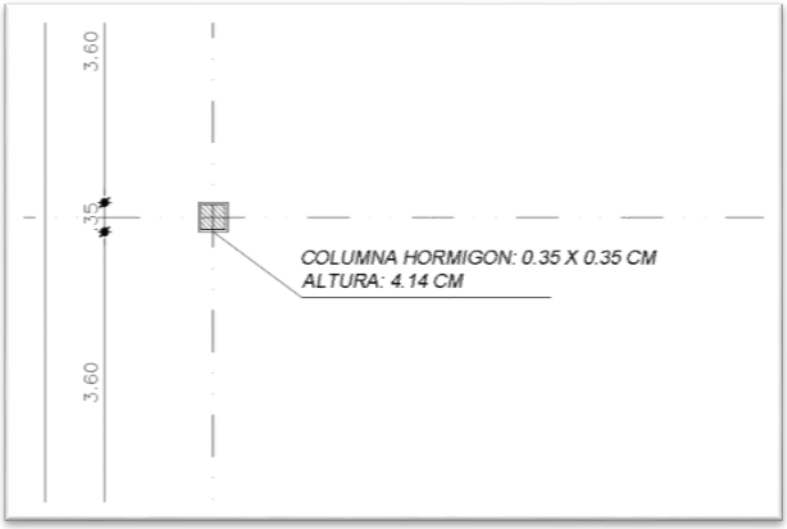
Tiene un espesor de 20cm con un mallado de barra de 12mm como refuerzo con zapatas corridas con las siguientes dimensiones de 35x35 cm

4.1.5.4. Columnas:

La edificación cuenta con 27 columnas de la planta baja y la planta alta cuenta con 17 columnas cuadras de dimensiones 35x35 cm con barras longitudinales de 14mm

y 12mm y estribos de 8 mm con una separación de 10cm y 12 cm en el tramo del medio.

Ilustración 31: detalle de las columnas.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.5.5. Vigas colgantes o superiores

Cuenta con 17 vigas colgantes o vigas superiores, con dimensiones de 0,54x 45 cm, y de longitudinal: 2 barras de 12 mm en el intermedio, 3 de 12 mm en la superior y 3 de 14 mm en capa inferior.

Ilustración 32: viga inferior.



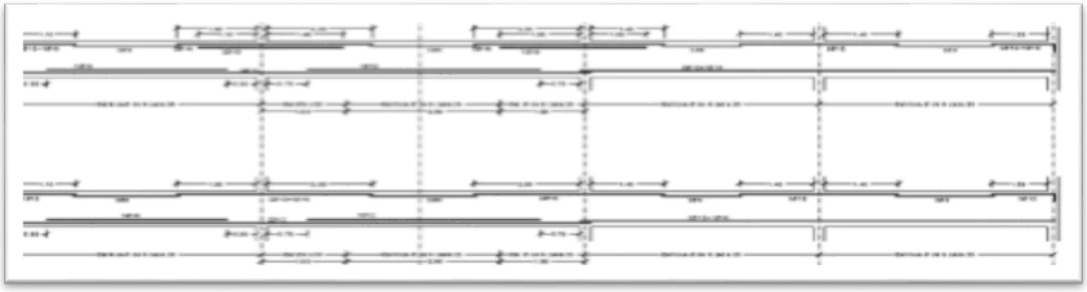
Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.5.6. Cadenas horizontales

Cuenta con 36 cadenas horizontales, con dimensiones de 0,35 x 25 cm, tiene refuerzo longitudinal: 2 barras de 12 mm en el intermedio, 3 de 14 mm en la superior y 3 de 14 mm en capa inferior.

Ilustración 33: Cadenas horizontales.



Fuente: AutoCAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.5.7. Vigas verticales

Cuenta con 17 vigas verticales, con dimensiones de 0,54 x0 ,45 cm, tiene refuerzo longitudinal con 6 barras 14 mm en capa inferior como en la superior y 2 de 12 mm

En el intermedio.

Los estribos de las vigas son de 0,8mm con separaciones de 10cm en los extremos de las vigas y 20 cm en las zonas intermedias

4.1.5.8. Losa:

La losa está conformada por un sistema aligerado de bloques, con un espesor total de 20 cm. Incluye una capa de compresión de 5 cm en su parte superior y presenta

un Inter eje de 40 cm, correspondiente a la separación entre nervios. Los bloques utilizados tienen dimensiones de 40×20×15 cm, mientras que el ancho del nervio estructural es de 10 cm, permitiendo una adecuada distribución de esfuerzos y contribuyendo a la rigidez del elemento.

4.1.5.9. Escaleras:

Las escaleras están formadas por losas de descanso y tramos inclinados, con un espesor uniforme de 19 cm. Las huellas tienen una dimensión de 30 cm, mientras que las contrahuellas miden 18 cm. Con 18 barras de 10 mm en cada descanso y barras 14 mm de forma diagonal cada 19 cm.

4.1.6. Áreas del edificio

El edificio de Dirección Distrital de Educación está compuesto por las siguientes áreas:

1. Sala de espera: Área donde esperan los usuarios.

2. Baños: Área de servicios higiénicos, dos para caballeros y dos para damas.

3. Bodega 1: Área para almacenar y archivar documentos, e implementos educativos.

4. Bodega 2: Área para almacenar y archivar documentos, e implementos educativos.

5. Recibidor: Área donde se encuentra la secretaria de la Institución.

6. Archivador 1: Área de almacenamiento de Documentos.

7. Archivador 2: Área de almacenamiento de Documentos.

8. Talento Humano: Área donde se desarrolla actividades como Gestión y administración del personal, Capacitación y desarrollo profesional, Bienestar y condiciones laborales y el Cumplimiento normativa.

9. ADM Escolar: Área donde se desarrolla actividades como Planificación académica, Gestión de recursos, Supervisión y evaluación, Interacción con la comunidad educativa.

10. Planificación: Área donde se desarrollan actividades como Organización del sistema educativo, Gestión de recursos, Implementación curricular, Evaluación y mejora continua, Estructura y función del distrito educativo.

11. Financiación: Área donde se ve fuentes de financiamiento y Gestión de recursos.

12. La Unidad Distrital de Apoyo a la Inclusión (UDAI): Se dedicado a brindar atención especializada a estudiantes con necesidades educativas asociadas a la discapacidad. Su labor se enfoca en la evaluación psicopedagógica, el acompañamiento a docentes en la aplicación de metodologías inclusivas, la orientación a familias y la coordinación con instituciones que promueven la educación accesible.

13. La Unidad Jurídica: Dentro de una dirección distrital de educación se encarga de garantizar el cumplimiento de las normativas legales en el ámbito educativo. Su labor incluye la asesoría jurídica a docentes, estudiantes y personal administrativo, la gestión de trámites legales relacionados con el sistema educativo y la supervisión del cumplimiento de regulaciones establecidas por el Ministerio de Educación.

14. La Dirección Distrital de Educación: Es la entidad encargada de coordinar y supervisar la gestión educativa dentro de su jurisdicción, asegurando el cumplimiento de normativas y políticas establecidas por el Ministerio de Educación. Su labor abarca la

planificación académica, la administración de recursos, la capacitación docente y el seguimiento del desempeño institucional, con el objetivo de garantizar una educación de calidad y equitativa para la comunidad.

15. La sala de reuniones: Es un espacio destinado a la planificación, coordinación y toma de decisiones sobre la gestión educativa dentro de la jurisdicción.

4.2. RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN EL OBJETIVO 2

Analizar el comportamiento de la edificación ante un sismo a partir del estudio y modelamiento de sus elementos estructurales.

4.2.1. CYPECAD

Se realizó un análisis detallado del comportamiento estructural del edificio, incorporando los datos de resistencia obtenidos mediante el esclerómetro para desarrollar un modelamiento preciso de la estructura y evaluar su nivel de vulnerabilidad. Conforme a los parámetros definidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2014), se logró asegurar que el proceso de evaluación estructural se desarrollara bajo criterios técnicos rigurosos y condiciones de seguridad exigidas por la normativa vigente.

La aplicación de estos estándares contribuye a una mejor comprensión de las condiciones estructurales del edificio, facilitando la identificación de posibles mejoras y estrategias de refuerzo para optimizar su estabilidad y resistencia ante eventos adversos.

4.2.2. Análisis de los resultados

Se procede con el análisis de los reportes relacionados con la justificación de la acción sísmica y la distorsión de pilares, considerando los modos de vibración relevantes. De acuerdo con lo establecido en la sección 6.2.2, literal “E” de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2014), deben incluirse todos aquellos modos

numéricos que tengan una participación significativa en la respuesta global de la estructura, considerando los distintos periodos de vibración involucrados (NEC SE DS Peligro Sísmico, 2014).

Esto quiere decir que en todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas. (NEC SE DS Peligro Sísmico, 2014).

4.2.2.1. Leyenda

-T: Tiempo asociado al periodo de vibración de cada modo, medido en segundos.

-Lx, Ly: Factores normalizados que indican la contribución de cada modo en las direcciones X e Y del análisis estructural.

-Lgz: Coeficiente que representa la participación del modo respecto al grado de libertad rotacional.

-Mx, My: Proporción de la masa total movilizada por cada modo en las direcciones X e Y respectivamente.

-R: Relación entre la aceleración sísmica considerada con ductilidad estructural y aquella obtenida sin aplicarla, útil para evaluar el comportamiento no lineal.

-A: Valor de aceleración de diseño ajustado por el factor de ductilidad del sistema estructural.

-D: Coeficiente modal que refleja el desplazamiento máximo relativo correspondiente al grado de libertad dominante.

Tabla 6 Resultado; modos de vibración, periodo y porcentaje de participación de masa

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.813	0.3193	0.0467	0.9465	89.4 %	1.91 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm
Modo 2	0.754	0.0535	0.1898	0.9804	5.88 %	74.18 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm
Modo 3	0.696	0.0184	0.0526	0.9984	2.72 %	22.22 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm
Total					98 %	98.31 %		

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

El total del porcentaje de masa desplazada en Mx= 98% y My= 99,31% lo que demuestra que se cumple con el valor establecido por la NEC 2014.

En el modo 1 de vibración, se observa una participación significativa en la dirección X con un coeficiente normalizado de Lx = 0.3193, mientras que en la dirección Y dicho valor se reduce a Ly = 0.0467. El grado de libertad rotacional presenta una alta contribución con Lgz = 0.9465, lo que indica una participación predominante del componente torsional. En cuanto al desplazamiento de masa, se registra un Mx de 89.94% en la dirección X y un My de 1.91% en la dirección Y, reflejando una clara dominancia modal en el plano longitudinal.

En el segundo modo de vibración, se evidencia una participación significativa en la dirección X, con un coeficiente normalizado de Lx = 0.535, mientras que en la dirección Y el valor corresponde a Ly = 0.1898, lo que refleja una contribución secundaria. En cuanto al componente rotacional, el coeficiente de participación alcanza Lgz = 0.9804, lo que indica una alta sensibilidad de la estructura ante giros o torsión en

este modo. Cabe señalar que el modo 1, al presentar también valores elevados en Lgz, contribuye de manera relevante al comportamiento rotacional del sistema estructural.

4.2.3. Periodos de vibración

4.2.3.1. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{s,x}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,x}$** : *117.6809* t

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,x}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X) — **$S_{d,x}(T_a)$** : *0.199* g

$T_{a,x}$: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,x}$** : *0.27* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I

h: Altura del edificio — **h** : *5.22* m

$V_{s,y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) — **$V_{s,y}$** : *117.6809* t

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

$S_{d,y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) — **$S_{d,y}(T_a)$** : *0.199* g

$T_{a,y}$: Periodo fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a) — **$T_{a,y}$** : *0.27* s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I

h: Altura del edificio — **h** : *5.22* m

W: Peso sísmico total de la estructura — **W** : *591.3244* t

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^{n} w_i$$

w_i: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 7 Cortante basal estático

Planta	**w_i (t)**
Forjado 2	223.4347
Forjado 1	367.8897
W= w_i	**591.3244**

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.2.3.2. Parámetros requeridos para definir el espectro

Z: Es el factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1) Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V — Z: *0.40*

h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — h: *2.48*

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3) — F_a: *1.00*

F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) — F_d: *1.60*

F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E — F_s: *1.90*

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) — *1.30*

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial — I:

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — *1.50*

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E — r:

T_c: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — T_c: *1.67* s

$$T_C = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

4.2.3.3. Coeficientes de participación

-T: Periodo de vibración correspondiente a cada modo, expresado en segundos. Representa el tiempo que tarda la estructura en completar un ciclo de oscilación.

-Lx, Ly: Coeficientes normalizados que indican el grado de participación del modo en las direcciones ortogonales X e Y del modelo estructural.

-Lgz: Participación modal en el grado de libertad rotacional, relevante para evaluar torsión en la edificación.

-Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en las direcciones X e Y, utilizado para verificar la representatividad del análisis dinámico.

-R: Relación entre la aceleración sísmica ajustada por la ductilidad estructural y aquella obtenida sin aplicar ese factor, útil para estimar el comportamiento no lineal.

-A: Aceleración de cálculo sísmico que incorpora el efecto de ductilidad, empleada en el dimensionamiento estructural.

-D: Coeficiente asociado al modo, que equivale al desplazamiento máximo registrado por el grado de libertad dominante.

Tabla 8 Coeficientes de participación

Modos	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X	Hipótesis Y
Modo 1	0.813	0.3193	0.0467	0.9465	89.4 %	1.91 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm
Modo 2	0.754	0.0535	0.1898	0.9804	5.88 %	74.18 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm
Modo 3	0.696	0.0184	0.0526	0.9984	2.72 %	22.22 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm
Total					98 %	98.31 %		

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Estos valores determinan el movimiento y esfuerzo en la estructura. El Modo 1 tiene el desplazamiento más alto, lo que indica que es el más determinante en el comportamiento sísmico

4.2.3.4. Verificación de la condición de cortante basal

La verificación del cortante basal constituye un paso fundamental en el análisis dinámico de estructuras sometidas a cargas sísmicas. Según la NEC-SE-DS (2014), el cortante dinámico total en la base (), obtenido mediante la combinación modal, debe ser al menos el 80 % del cortante basal sísmico estático () en cada dirección de análisis. Esta condición asegura que el modelo dinámico utilizado represente adecuadamente la respuesta global de la estructura frente a solicitaciones sísmicas.

Cuando V_d**factor de corrección** definido como:

\mathrm{Factor}=\frac{0.80\cdot V_s}{V_d}

Este ajuste se aplica a todos los parámetros de respuesta dinámica, garantizando que la estructura no subestime las demandas sísmicas. En el caso analizado, la configuración geométrica en altura presenta regularidad conforme a la sección 5.2.3 de la NEC-SE-DS (2014), lo que habilita el uso de procedimientos dinámicos simplificados y otorga mayor confiabilidad al análisis modal.

Tabla 9 Verificación de la condición de cortante basal

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	Vd., X1 ≥ 0.80·Vs, X	110.9971 t ≥ 94.1447 t	N.P.
Sismo Y1	Vd., Y1 ≥ 0.80·Vs, Y	106.5781 t ≥ 94.1447 t	N.P.

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

4.2.3.5. Interpretación de Condición de cortante basal mínimo

La normativa ecuatoriana establece que el cortante de diseño (V_d) debe cumplir la condición:

V_d\geq 0.80\cdot V_s

El cumplimiento de esta relación implica que la estructura posee una resistencia adecuada frente a cargas sísmicas, evitando que el modelo dinámico subestime las fuerzas internas. En términos prácticos, esta verificación constituye un control de calidad del análisis estructural, pues asegura que las demandas sísmicas calculadas no sean inferiores a las mínimas exigidas por la normativa.

4.2.3.6. Evaluación en la dirección X

Vs, X (Cortante sísmico en X) = 94.1447 t

Vd., X1 (Cortante de diseño en X) = 110.9971 t

Condición mínima:

[110.9971 \geq 94.1447]

Se cumple la norma en la dirección X. Esto indica que la estructura posee **capacidad suficiente para resistir las solicitaciones sísmicas en el eje longitudinal**, reflejando un comportamiento estructural confiable en esta dirección X.

4.2.3.7. Evaluación en la dirección Y

Vs, Y (Cortante sísmico en Y) = 94.1447 t

Vd., Y1 (Cortante de diseño en Y) = 106.5781 t

Condición mínima:

[106.5781 \geq 94.1447]

Se cumple la norma también en la dirección Y. Esto confirma que la estructura presenta **resistencia adecuada frente a cargas sísmicas en el eje transversal**, garantizando estabilidad lateral en ambas direcciones principales de análisis

.

4.2.3.8. Interpretación general

El resultado “N.P.” (No Procede) obtenido en ambas direcciones significa que no es necesario aplicar ajustes adicionales al diseño, dado que los valores calculados cumplen con la condición normativa. Este hallazgo garantiza que la estructura puede soportar la acción sísmica en ambas direcciones sin riesgos estructurales adicionales, validando la confiabilidad del modelo dinámico empleado.

Además, el cumplimiento simultáneo en los ejes X e Y refleja una respuesta estructural equilibrada, lo que reduce la probabilidad de torsiones excesivas y concentraciones de esfuerzos en puntos críticos.

4.2.3.9. Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

En el marco del análisis dinámico realizado bajo la hipótesis sísmica Sismo X1, se presentan los valores de cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta. Es importante señalar que estos resultados no han sido ajustados mediante el factor de modificación definido en el apartado Corrección por cortante basal, conforme a lo establecido en la sección 5.2.3 de la NEC-SE-DS (2014).

Tabla 10 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (Hipótesis X1).

Planta	**Q_X (t)**	**$F_{eq,\ X}$ (t)**	**Q_Y (t)**	**$F_{eq,\ Y}$ (t)**
Forjado 2	46.6713	46.6713	18.2031	18.2031
Forjado 1	110.9971	65.4270	42.0125	23.8151

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 11 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (Hipótesis X1).

Planta	**Q_X (t)**	**$F_{eq,X}$ (t)**	**Q_Y (t)**	**$F_{eq,Y}$ (t)**
Forjado 2	32.0198	32.0198	46.9028	46.9028
Forjado 1	42.0201	15.8817	106.5781	59.6806

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

La fuerza sísmica equivalente representa la carga sísmica asignada a cada planta para el diseño estructural. Se obtiene considerando la distribución del cortante basal.

Se puede observar que los niveles inferiores (Forjado 1) tienen mayor cortante debido a la acumulación de fuerzas sísmicas desde los pisos superiores a diferencia de la fuerza sísmica en dirección Y tiene un mayor impacto en Forjado 1 en el Sismo Y1, reflejando la importancia de analizar la estabilidad lateral de la estructura.

4.2.4. Distorsiones de pilares

Tabla 12 Distorsiones de pilares en valores máximos.

Desplome local máximo de los pilares (d / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas (1)	
	Dirección (X)	Dirección (Y)	Dirección (X)	Dirección (Y)
Forjado 2	1 / 1800 (C30, ...)	----	1 / 61 (C35, C36)	1 / 89 (C30, ...)
Forjado 1	1 / 1839 (C30, ...)	----	1 / 13 (C52, C53)	1 / 26 (C30, ...)

Desplome total máximo de los pilares (D / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas (1)	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 1819 (C30, ...)	----	1 / 13 (C52, C53)	1 / 26 (C49, ...)

Notas: (1) Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

En el análisis de distorsiones de pilares, se presentan los valores máximos de desplome local (d/h) y desplome total (D/H) bajo dos condiciones de carga: situaciones persistentes o transitorias, y situaciones sísmicas.

Para el Forjado 2, los valores de desplome local en dirección X son de 1/1800 en condiciones normales y 1/61 en condiciones sísmicas, mientras que en dirección Y se registra 1/89 en sismo.

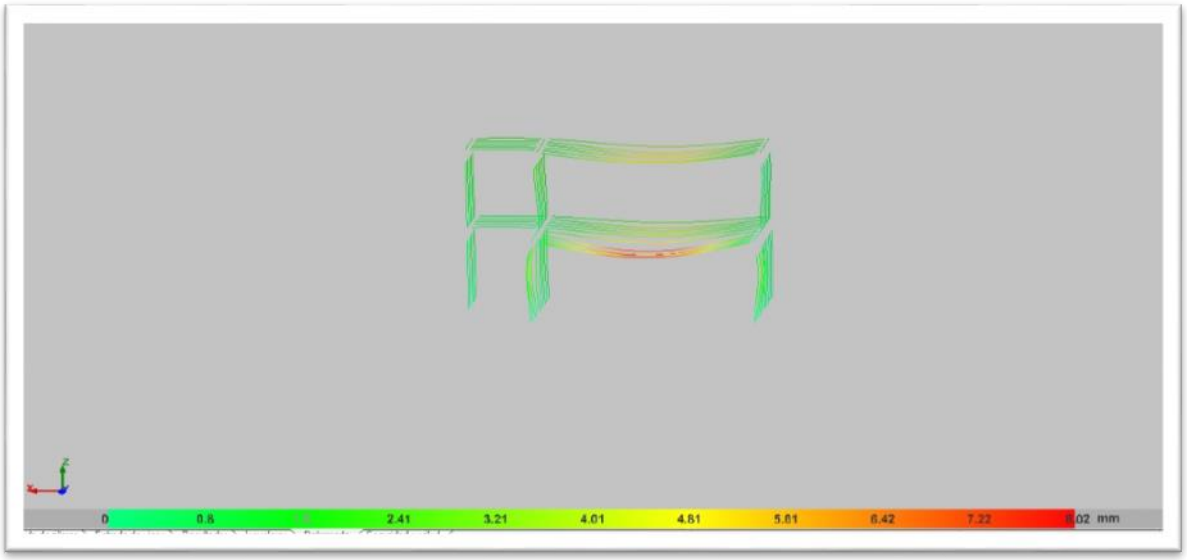
En el Forjado 1, se observa 1/1839 en dirección X bajo carga persistente, y valores críticos de 1/13 y 1/26 en direcciones X e Y respectivamente durante eventos sísmicos.

En cuanto al desplome total, los valores en dirección X alcanzan 1/1819 en condiciones normales y 1/13 en sismo, mientras que en dirección Y se registra 1/26 en condiciones sísmicas.

Cabe destacar que los desplazamientos sísmicos han sido mayorados por el factor de ductilidad, conforme a los lineamientos de la NEC-SE-DS (2014), lo que permite una representación más realista del comportamiento estructural ante solicitaciones extremas.

4.2.5. Distorsiones de vigas

Ilustración 34: distorsión de vigas y pilares.



Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 13 Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas

Viga	Entre columnas	fA,max (mm)	fA,lim (mm)	Cumple
V-101	C52 – C53	35.04	18.75	✗ NO
V-102	C51 – C54	44.23	18.75	✗ NO
V-103	C50 – C55	44.23	18.75	✗ NO
V-104	C49 – C56	43.43	18.75	✗ NO
V-105	C35 – C36	31.60	18.75	✗ NO
V-106	C34 – C37	26.26	18.75	✗ NO
V-107	C37 – C38	4.32	11.25	✓ SÍ
V-108	C33 – C40	24.72	18.75	✗ NO
V-109	C40 – C39	3.96	11.25	✓ SÍ
V-110	C32 – C42	25.83	18.75	✗ NO

Viga	Entre columnas	fA,max (mm)	fA,lim (mm)	Cumple
V-111	C42 – C41	4.07	11.25	✓ SÍ
V-112	C31 – C44	25.98	18.75	✗ NO
V-113	C44 – C43	4.11	11.25	✓ SÍ
V-114	C30 – C46	8.31	18.75	✓ SÍ

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Total, de vigas evaluadas: 14
- Vigas que cumplen: 5
- Vigas que no cumplen: 9
- Porcentaje de cumplimiento: ~36%
- Vigas críticas (mayor fA,max): V-102, V-103, V-104 (flechas > 43 mm)

Como se puede observar una proporción significativa de vigas excede el límite admisible de flecha bajo cargas activas.

Las vigas críticas presentan valores de deformación más del doble del valor permitido, lo que podría afectar la funcionalidad del sistema estructural y generar efectos no deseados en acabados afirmando con esto lo que ocurrió en el sino pasado.

4.2.6. Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas

4.2.6.1. Resultados de Comprobación

Tabla 14 Comprobaciones de flecha en el forjado 1 – Vigas activas Resultados de Comprobación

Viga	Entre Columnas	fA,max (mm)	fA,lim (mm)	Cumple
V-201	C35 – C36	17.67	18.75	☑ **SÍ**
V-202	C34 – C37	30.10	18.75	✗ **NO**
V-203	C37 – C38	10.15	11.25	☑ **SÍ**
V-204	C33 – C40	30.98	18.75	✗ **NO**

Viga	Entre Columnas	fA,max (mm)	fA,lim (mm)	Cumple
V-205	C40 – C39	11.14	11.25	☑ **SÍ**
V-206	C32 – C42	31.01	18.75	✖ **NO**
V-207	C42 – C41	11.22	11.25	☑ **SÍ**
V-208	C31 – C44	30.63	18.75	✖ **NO**
V-209	C44 – C43	6.22	11.25	☑ **SÍ**
V-210	C30 – C46	12.52	18.75	☑ **SÍ**
V-211	C46 – C45	2.93	11.25	☑ **SÍ**
V-212	C30 – C31	0.24	7.50	☑ **SÍ**
V-213	C31 – C32	0.05	6.80	☑ **SÍ**
V-214	C32 – C33	0.08	7.50	☑ **SÍ**
V-215	C33 – C34	0.04	6.08	☑ **SÍ**
V-216	C34 – C35	0.25	7.50	☑ **SÍ**
V-217	C46 – C44	0.38	7.50	☑ **SÍ**
V-218	C44 – C42	0.12	7.21	☑ **SÍ**
V-219	C42 – C40	0.14	7.50	☑ **SÍ**
V-220	C40 – C37	0.17	7.50	☑ **SÍ**
V-221	C37 – C36	0.19	7.50	☑ **SÍ**
V-222	C45 – C43	0.13	7.50	☑ **SÍ**
V-223	C43 – C41	0.03	6.32	☑ **SÍ**
V-224	C41 – C39	0.04	7.05	☑ **SÍ**
V-225	C39 – C38	0.11	7.50	☑ **SÍ**

Fuente: CYPECAD

Fuente: Elaboración propia (2025)

Total, de vigas evaluadas: 25

Cumplen: 21

No cumplen: 4 (V-202, V-204, V-206, V-208)

Porcentaje de cumplimiento: 84%

Por lo tanto, el diseño estructural presenta alto nivel de conformidad respecto a las flechas admisibles. Las vigas no conformes (V-202, V-204, V-206, V-208) tienen flechas que superan en más de 60% el valor permitido, lo que amerita revisión técnica detallada. Las restantes vigas presentan flechas significativamente inferiores al límite, lo que indica una buena rigidez estructural en la mayoría del sistema.

Para el Diagnóstico de nivel de vulnerabilidad pos evento símico, se tomó en cuenta;

- **Nivel estimado:** Moderado, según resultados y concordancia con la NEC-2014.
- **Implicación:** La edificación puede resistir sismos significativos, pero presenta **zonas críticas** que requieren refuerzo.
- **Factores recurrentes:** Falta de mantenimiento y necesidad de reforzamiento en elementos estructurales (confirmado por Estrada Arana, 2020; MIDUVI, 2015).
- **Recomendación:** Intervenciones preventivas para reducir vulnerabilidad acumulativa.

Fundamento técnico (NEC-2014)

- **Requisitos mínimos de desempeño en base a la NEC:**
    - Masa modal acumulada ≥ 90%
    - Cortante basal dinámico ≥ 80% del estático
    - Límites de distorsión y desplazamiento
    - Control de flechas en vigas y ductilidad global

- **Condiciones críticas:**
- Concentración de esfuerzos en planta baja
- 13 de 39 vigas exceden flechas admisibles
- Desplazamientos concentrados en pilares inferiores
- Deficiencia de mantenimiento y refuerzo

Por lo que en base a toso esto y a los resultados obtenidos el NIVEL DE VULNERABILIDAD de la dirección distrital del cantón Chillanes;

El nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación se clasifica como Moderado, en concordancia con los parámetros de la NEC-2014. Esto significa que la estructura puede resistir eventos sísmicos de magnitud considerable; sin embargo, se identifican zonas críticas que requieren intervención técnica para evitar efectos adversos en futuros sismos. La comparación con estudios previos (Estrada Arana, 2020; MIDUVI, 2015) confirma que la falta de mantenimiento y la necesidad de reforzamiento en elementos estructurales son factores recurrentes en edificaciones públicas, lo que refuerza la urgencia de implementar medidas preventivas.

La NEC-2014, en sus capítulos de diseño sismorresistente (NEC-SE-DS) y rehabilitación estructural (NEC-SE-RE), establece requisitos mínimos de desempeño como masa modal acumulada superior al 90%, cortante basal dinámico mayor al 80% del cortante estático, límites de distorsión y desplazamiento, control de flechas en elementos flexionales y diseño con ductilidad y capacidad de disipación de energía. Estos parámetros permiten evaluar la respuesta estructural frente a cargas sísmicas y definir el nivel de vulnerabilidad.

En la evaluación realizada, la masa modal acumulada cumple con el mínimo exigido, lo que contribuye a reducir la vulnerabilidad. De igual forma, el cortante basal dinámico supera el 80% del estático, descartando la necesidad de correcciones adicionales. No obstante, se evidencia una alta concentración de esfuerzos en la planta baja, con más del 40% de la fuerza sísmica localizada en ese nivel, lo que incrementa la vulnerabilidad localizada. Asimismo, se identificó que 13 de las 39 vigas analizadas exceden los límites de flecha admisible, generando vulnerabilidad estructural. Los desplazamientos en pilares se mantienen dentro del rango permitido, aunque se concentran en los niveles inferiores, lo que configura una vulnerabilidad moderada.

Finalmente, la falta de mantenimiento y la ausencia de refuerzo en zonas críticas constituyen factores acumulativos que aumentan la vulnerabilidad global de la edificación. En conclusión, aunque la estructura cumple parcialmente con los parámetros de la NEC-2014, la presencia de esfuerzos concentrados, vigas fuera de límite y deficiencias de mantenimiento sitúan la vulnerabilidad en un nivel Moderado con tendencia acumulativa, lo que exige la implementación de reforzamiento estructural preventivo.

4.3. Resultados obtenidos según el objetivo 3

Proponer recomendaciones de estabilización para la edificación que reduzcan el riesgo estructural frente a eventos sísmicos. Propone las siguientes medidas de reducción de riesgos al ser una institución pública.

- Implementar normativas actualizadas basadas en los últimos avances en ingeniería sísmica, estableciendo requisitos mínimos de resistencia estructural según las características sísmicas locales.
- Instalar señaléticas de seguridad, riesgo y emergencia que indiquen las rutas de evacuación y las salidas a zonas seguras.
- Elaborar planes de emergencia, planes de contingencia, planes de respuesta y planes de seguimiento.
- Capacitar al personal en tema de sismos y conformar brigadas de emergencia acorde a los planes con las normativas establecidas.

4.3.1. Propuestas Técnicas de Intervención Estructural, correspondiente a sismo

Las recomendaciones técnicas que se plantean a continuación han sido desarrolladas en respuesta directa a las deficiencias estructurales evidenciadas en los resultados obtenidos durante el modelamiento, verificación de rigidez y comprobaciones de deformación. Cada propuesta responde a un parámetro crítico cuantificado y se orienta a mejorar el comportamiento sísmico y funcional del edificio evaluado.

1. Refuerzo de Vigas con Flechas Superiores al Límite Admisible

Datos críticos:

a) V-102, V-103 y V-104 presentan flechas de 44.23 mm, 44.23 mm y 43.43 mm respectivamente.

b) Límite admisible según NEC 2014: 18.75 mm

c) Cumplimiento general en tramo: 36%

Medidas propuestas:

- Incorporación de placas metálicas inferiores tipo UPN soldadas longitudinalmente en toda la luz de las vigas V-102, V-103 y V-104.
- Aplicación de encamisado con FRP en las vigas V-106, V-108, V-110 y V-112 que superan los 25 mm de flecha activa, con el objetivo de reducir deformación y aumentar rigidez sin modificar geometría.
- Revisión del sistema de losas vinculado a estas vigas, para analizar redistribución de carga y evitar sobrecarga localizada.

2. Intervención por Distorsiones Críticas en Pilares

Datos críticos:

a) Pilares C52 y C53: distorsión sísmica de d/h = 1/13 en dirección X

b) Pilar C49: distorsión D/H = 1/26 en dirección Y

c) NEC 2014 establece límites de distorsión estructural típicos entre 1/200 y 1/50, dependiendo de la categoría.

Medidas propuestas:

- Reforzar C52, C53 y C49 mediante encamisado vertical de concreto armado, con sección aumentada en un 20%, confinamiento con estribos a espaciamiento reducido (cada 10 cm) y control de longitud de traslape.

- En caso de acceso limitado o intervención sin demolición, aplicar laminados de fibra de carbono tipo CFRP, especialmente en C49 por su condición lateral crítica.

3. Correcciones ante Dominancia Modal y Comportamiento Torsional

Datos relevantes:

a) Lgz en modo 1 = 0.9465, modo 2 = 0.9804

b) Dominancia torsional confirmada

c) Participación modal en dirección X: Mx = 89.4%, en Y: My = 1.91%

Medidas propuestas:

- Reforzar simetría de rigidez agregando muros de corte en dirección Y, empotrados en cimentación, con sección ≥ 25 cm y armado doble cara.

- Incorporar contravientos metálicos en marcos externos, especialmente en dirección Y, para reequilibrar la participación modal y limitar efectos de torsión.

- Optimizar distribución de masa en planta, mediante eliminación de cargas concentradas o modificación de usos internos que contribuyen a asimetrías dinámicas.

4. Verificación y Aseguramiento ante Cortante Basal

Resultados verificados:

a) Cortante de diseño en X: 110.99 t ≥ 94.14 t

b) Cortante de diseño en Y: 106.57 t ≥ 94.14 t

c) No procede corrección por factor modal (N.P.)

Medidas propuestas:

- Confirmar resistencia de zonas de transferencia mediante revisión de nodos en planta baja (viga-columna), especialmente en columnas C35, C36, C52 y C53.

- Instalar elementos disipadores tipo amortiguador viscoso en puntos donde el cortante combinado por planta supera los 65 t, como en Forjado 1 (QX = 110.99 t).

5. Sistema de Monitoreo y Mantenimiento

Medidas complementarias:

- Implementar una red de sensores de desplazamiento y humedad en elementos reforzados (vigas, pilares y muros), con comunicación inalámbrica y registro digital.

- Establecer un protocolo trimestral de inspección técnica, centrado en zonas intervenidas, y validar posibles movimientos post-refuerzo.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

6. • En base al objetivo general el ***Nivel de vulnerabilidad*** sísmica estimado en base a los resultados y con concordancia de la NEC es ***Moderado*** lo que implica que puede resistir eventos sísmicos significativos, pero presenta zonas críticas que requieren intervención técnica para evitar efectos negativos en futuros sismos, además la comparación con estudios previos (Estrada Arana, 2020; MIDUVI, 2015) confirma que la falta de mantenimiento y la necesidad de reforzamiento de elementos críticos son factores recurrentes en edificaciones públicas. Esto refuerza la necesidad de intervenciones preventivas para reducir la vulnerabilidad futura.

• Se cumplió satisfactoriamente el objetivo específico uno de sistematizar la información técnica del edificio, mediante un proceso de levantamiento físico-digital detallado utilizando AutoCAD 2025. La organización de los elementos constructivos por capas temáticas permitió una representación clara y estructurada de la edificación. Asimismo, la incorporación de datos de campo en fichas técnicas fortaleció la base documental, facilitando la comprensión integral del estado estructural. Esta información consolidada sirvió como insumo confiable para la elaboración del modelo estructural en CYPECAD, garantizando coherencia, trazabilidad y precisión en el análisis estructural.

• En base al resultado especifico dos en cuanto al cumplimiento parcial de las vigas activas frente al límite de flecha admisible establecido en la NEC-2014 (L/240, Cap. 4.2.3.2) evidencia que, de las 39 vigas evaluadas, 26 cumplen con la normativa mientras que 13 la exceden, llegando en algunos casos a duplicar el valor permitido bajo cargas combinadas (permanente + viva). Este hallazgo confirma que, aunque la mayoría de los elementos mantienen una rigidez flexional adecuada, existe un grupo crítico cuya deformación compromete tanto el confort de los ocupantes como la seguridad

estructural frente a cargas gravitacionales y sísmicas. En consecuencia, el resultado del objetivo específico tres demuestra la necesidad de reforzar y rehabilitar las vigas que superan el límite normativo, garantizando un desempeño homogéneo y consistente con los criterios de seguridad y servicio exigidos por la NEC-2014.

- En base al objetivo dos en las pruebas realizadas con higrómetro en elementos estructurales del edificio revelaron niveles de humedad que oscilan entre un mínimo de 4% y un máximo de 60%, este último registrado en una pared y techo del área de cubículos del primer piso, atribuible a deficiencias en el sistema de drenaje. En total, se identificaron más de 20 elementos estructurales (vigas, columnas y paredes) con humedad superior al 10%, lo cual excede los rangos recomendados para condiciones óptimas de conservación estructural.

- Para reducir las vulnerabilidades detectadas en base al objetivo tres y como se detalla en el mismo, se recomienda reforzar la planta baja mediante la incorporación de elementos de rigidez lateral adicionales y el mejor confinamiento de pilares. Estas medidas deben complementarse con un programa de mantenimiento y monitoreo periódico de deformaciones, asegurando que la estructura mantenga un desempeño homogéneo y confiable frente a cargas sísmicas y prolongue su vida útil en el contexto ecuatoriano.

6.1. RECOMENDACIONES

- Continuar con la actualización periódica de planos y fichas técnicas mediante herramientas CAD y SIG, incorporando nuevas intervenciones o modificaciones estructurales. Se sugiere establecer un protocolo de documentación técnica que permita mantener la trazabilidad de los cambios y facilite futuras evaluaciones estructurales.

- Reforzar los niveles inferiores: Debido a las mayores distorsiones y esfuerzos acumulados en Forjado 1, se recomienda considerar soluciones de refuerzo estructural, como Aumentar la rigidez de vigas principales mediante la construcción de un muro divisar que ayude en zonas donde se detecten deformaciones críticas bajo cargas gravitacionales o sísmicas.

- En futuras investigaciones o diseños, se recomienda aplicar análisis no lineales para evaluar el comportamiento post-elástico de las vigas, particularmente en casos donde se prevea formación de rótulas plásticas.

- Revisar los sistemas de drenaje pluvial del edificio, diseñar e implementar un plan de mantenimiento periódico para evitar acumulaciones de agua, verificar las conexiones, identificando obstrucciones, deterioros o fugas, que prevengan problemas estructurales por humedad.

- Implementar las medidas de reducción propuestas, como señalización de riesgo, prevención, y de emergencias, además de los planes de respuesta, planes de emergencia, planes de continuidad así garantizando la seguridad de los funcionarios públicos y estudiantes además de la ciudadanía en general, la conservación del edificio y el cumplimiento de normativas al 100%, promoviendo un entorno académico seguro y eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

El Comercio. (09 de 09 de 2018). Chillanes carecía de servicios antes del sismo del jueves 6 de septiembre. Obtenido de https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/chillanes-sismo-refugios-viviendas-movimientotelurico.html

GRISS-UTPL GRUPO DE NGENIERÍA SÍSMICA Y SISMOLOGÍA. (2018). OBSERVATORIO SÍSMICO DEL ECUADOR, SISMO CUMANDÁ, 11 de septiembre, 2018. Loja.

56734.pdf. (s. f.). Recuperado 6 de noviembre de 2024, de https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56734.pdf?form=MG0AV3

Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo -. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2024, de https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/amenaza-vulnerabilidad-y-riesgo/

Artedinamico. (s. f.). AJH Soluciones Integrales, diseño estructural Medellín, Ingenieros calculistas Medellín, Ingeniería civil Medellín, Ingenieros consultores Medellín, Ingeniería estructural, Construcción de edificaciones comerciales, Desarrollo inmobiliario, diseño estructural Medellín, construcción de obras civiles Medellín, ingenieros geólogos Medellín, ingenieros estructurales (Colombia) [Text]. diseño estructural, Ingenieros calculistas, ejecución de estudios, diseños, interventoría, asesoría, consultoría y construcción de obras civiles, actividad licita civil y comercial; sioingenieria.com. Recuperado 20 de noviembre de 2024, de https://www.sioingenieria.com//portal/novedades/vulnerabilidad-estructural-y-no-estructural

Capítulo 16 Diseño Estructural—International Building Code Spanish Edition (IBC). (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de https://codes.iccsafe.org/content/IBCSP2021P1/capitulo-16-diseno-estructural

Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2024, de https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/

Castro, G. V., Escobar, R. H., & Pinedo, S. S. (2024). DISEÑO ESTRUCTURAL CON LA METODOLOGÍA FEMA P-58 PARA ESTIMAR RESILIENCIA SÍSMICA EN UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN LIMA - PERÚ. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 29(1), Article 1. https://doi.org/10.24133/ettmrb03

Coello, R. A. J. (s. f.). ANÁLISIS POR DESEMPEÑO DE UNA ESTRUCTURA CON PLASTICIDAD DISTRIBUIDA MEDIANTE FIBRAS BASADAS EN DESPLAZAMIENTOS.

Elsa Jaqueline Moposita, R., Bayas, C. L. G., Camacho, M. R. M., & Flores, G. A. N. (2021). VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO. UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR. 2019. Revista de Investigación Talentos, 8(1), Article 1. https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.141

Escala sismológica de Richter. (2024). En Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Escala_sismol%C3%B3gica_de_Richter&oldid=163235987

Evaluaciones Estructurales. (s. f.). cgmser. Recuperado 27 de noviembre de 2024, de https://www.cgmser.com/evaluaciones-estructurales

Gestión del Riesgo de Desastres | UN-SPIDER Knowledge Portal. (s. f.). Recuperado 20 de noviembre de 2024, de https://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-del-riesgo-de-desastres

Guerrero, B. (2020, febrero 18). ¡Hormigón—Excelencia en la construcción—Revista CLAVE! Clave! https://www.clave.com.ec/hormigon-excelencia-en-la-construccion/

Ingeniería Sísmica _ AcademiaLab. (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2024, de https://academia-lab.com/enciclopedia/ingenieria-sismica/?form=MG0AV3

Mapa Últimos Sismos—Instituto Geofísico—EPN. (s. f.). Recuperado 22 de noviembre de 2024, de https://www.igepn.edu.ec/mapa-ultimos-sismos

Museo Geológico Sernageomin. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2024, de https://www.sernageomin.cl/Museo_Geologico/terremotos/losTerremotos2.html

Programa de peligrosos de terremotos Estudio geológico. (s. f.). Recuperado 21 de noviembre de 2024, de https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards

Quiero aprender. (s. f.). Recuperado 27 de noviembre de 2024, de https://www.eird.org/fulltext/ABCDesastres/teoria/terremoto.htm

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

TFM ANA LAURA GARZON.pdf. (s. f.). Recuperado 6 de noviembre de 2024, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/342067/TFM%20ANA%20LAURA%20GARZON.pdf?sequence=2&form=MG0AV3

Alvear Erazo Tania Coralia Tutor: Ing. Carlos Andrés Páez Vargas, Msc. (2024). Análisis del reforzamiento estructural sismorresistente de una vivienda construida de manera informal en el barrio de Chimbacalle de la ciudad de Quito. Obtenido de Universidad Central del Ecuador Análisis del reforzamiento estructural sismorresistente de una vivienda construida de manera informal en el barrio de Chimbacalle de la ciudad de Quito. Trabajo de titulación – Opción: Estudio técnico presentado para obte: https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec

El Comercio. (09 de 09 de 2018). Chillanes carecía de servicios antes del sismo del jueves 6 de septiembre. Obtenido de https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/chillanes-sismo-refugios-viviendas-movimientotelurico.html

GRISS-UTPL GRUPO DE NGENIERÍA SÍSMICA Y SISMOLOGÍA. (2018). OBSERVATORIO SÍSMICO DEL ECUADOR, SISMO CUMANDÁ, 11 de septiembre, 2018. Loja.

Manual de Mantenimiento de Edificios.pdf. (NOVIEMBRE de 2014). Obtenido de https://www.funcionjudicial.gob.ec/resources/pdf/publicaciones/manuales/Manual%20de%20Mantenimiento%20de%20Edificios.pdf

NEC_SE_RE_Riesgo_sismico.pdf. (Diciembre de 2014). Obtenido de RIESGO SÍSMICO,: https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2023/01/NEC_SE_RE_Riesgo_sismico.pdf

ANEXOS

Anexo 1: inspección visual de la estructural



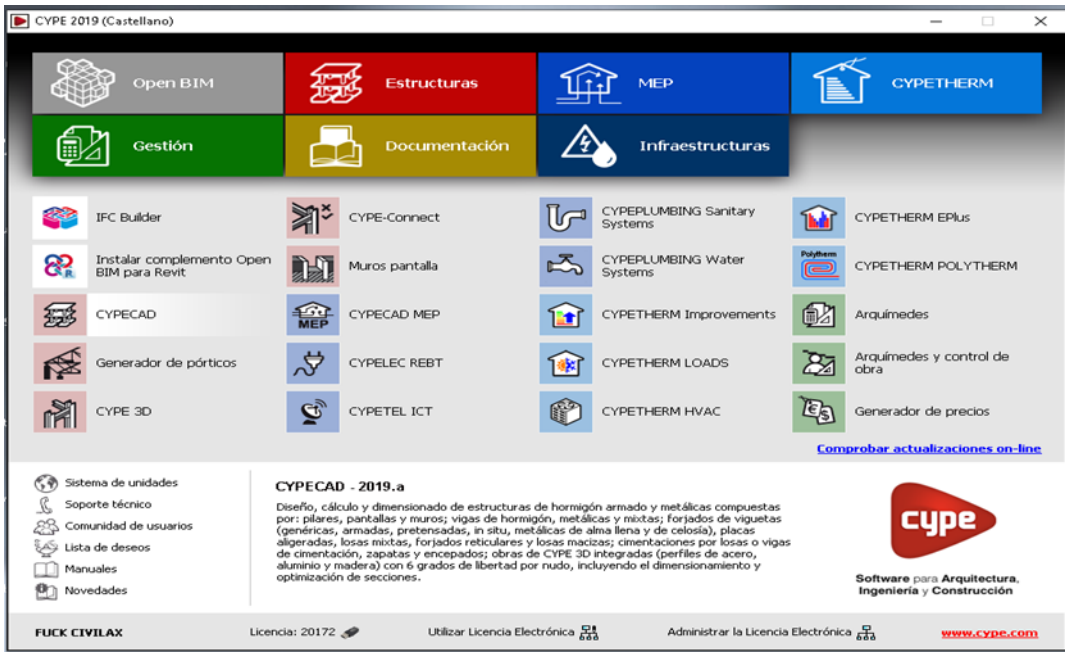
Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 2: medición de elementos estructurales para la elaboración de planos estructurales y arquitectónicos



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 3: programa CYPECAD 2019



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 4: Esclerómetro



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 5: Piedra abrasiva



Fuente: Elaboración propia (2025)

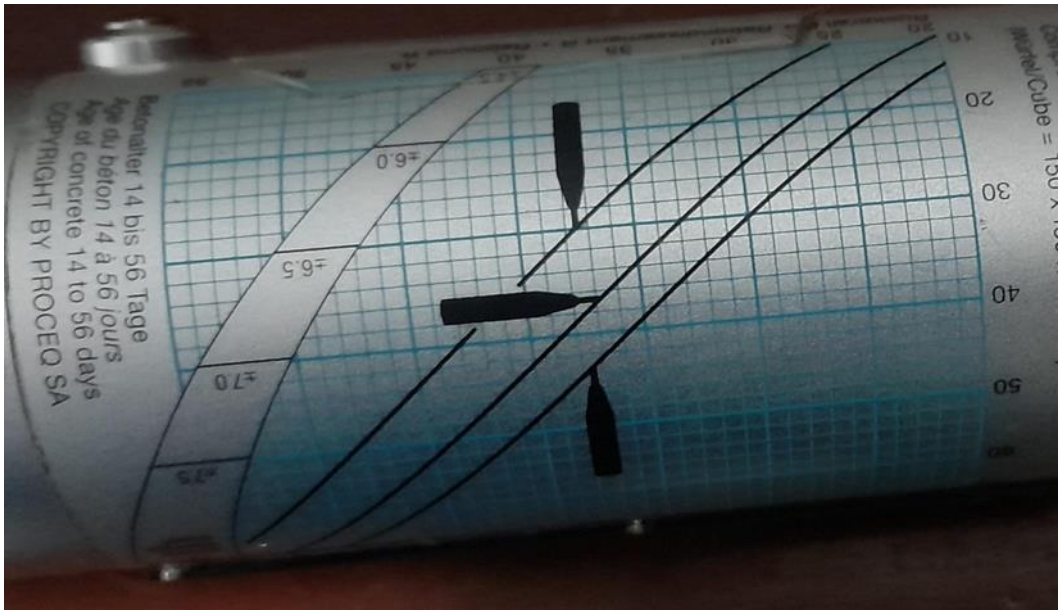
Anexo 6: toma de muestras en las columnas y vigas con el esclerómetro





Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 7: grafica de la cuadricula del esclerómetro.



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 8: higrómetro



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 9: toma de muestras de humedad en paredes y en vigas con el higrómetro

INFORMACIÓN DE HUMEDAD DEL EDIFICIO							
PISO		HUMEDAD DELA INFRAESTRUCTURA					
	ÁREA	Bigas	Humedad %	Columnas	Humedad %	Paredes	Humedad %
1	Baños	1	0%	1	11%	1	18%
		1	0%	1	12%	1	17%
	Recepción	1	0%	1	0%	0	0%
		1	0%	1	0%	0	0%
	Bodegas	1	0%	1	5%	1	7%
		1	0%	1	4%	1	13%
	Cubículos	6	0%	6	16%	1	60%
		6	0%	6	0%	1	15%
	Dirección	2	15%	2	16%	1	5%
		2	17%	2	0%	1	4%
2	Bodegas	1	18%	1	12%	1	8%
		1	19%	1	15%	1	7%
	DECE	1	10%	1	5%	1	5%
			14%	1	4%	1	8%
	Balcón	1	0	1	15%	2	12%

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 10: toma de muestras de humedad en los elementos de la estructura



Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 11: Fotos de antecedentes pos evento sísmico en la edificación, razón de este estudio.





Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 12: informe de la justificación de la acción sísmica.

1.- SISMO

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

1.1.- Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E

Sistema estructural

RX: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RX : 8.00

RY: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) RY : 8.00

F P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) F P : 0.90

F E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I F E : 0.90

h: Altura del edificio

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

h : 5.22 m

Fracción de sobrecarga de uso : 0.00

Factor multiplicador del espectro : 1.00

Efectos de la componente sísmica vertical

No se consideran

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

Vigas primarias frente a la acción sísmica: 0.5

Vigas secundarias frente a la acción sísmica: 0.01

Forjados primarios frente a la acción sísmica: 0.5

Forjados secundarios frente a la acción sísmica: 0.01

Pilares: 0.8

Pantallas: 0.6

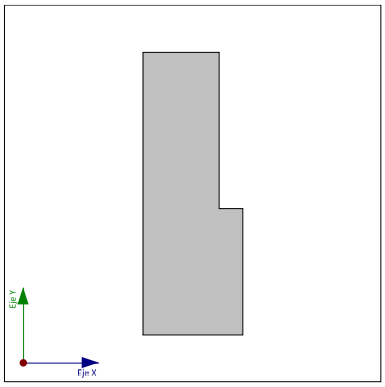
Muros: 0.6

Muros de fábrica: 0.5

Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

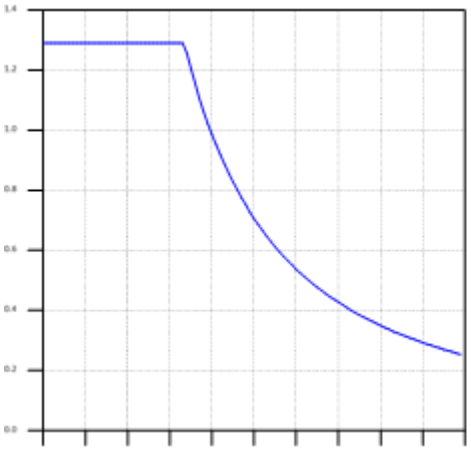
Acción sísmica según Y



Proyección en planta de la obra

1.2.- Espectro de cálculo

1.2.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef.Amplificación:

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I$$

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I \cdot \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.290 g.

NEC-SE-DS 2014 (3.3.1)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1) Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V — Z : *0.40*

h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — h : *2.48*

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos

F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3) — F_a : *1.00*

F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4) — F_d : *1.60*

F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5) Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E — F_s : *1.90*

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): V

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) — *1.30*

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Estructuras de ocupación especial — I :

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — *1.50*

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): E — r :

T_C: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1) — T_C : *1.67* s

$$T_C = 0.55 \cdot F_s \cdot \frac{F_d}{F_a}$$

1.2.2.- Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (R• ΦP•ΦE) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E}$$

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_X : *8.00*

R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) R_Y : *8.00*

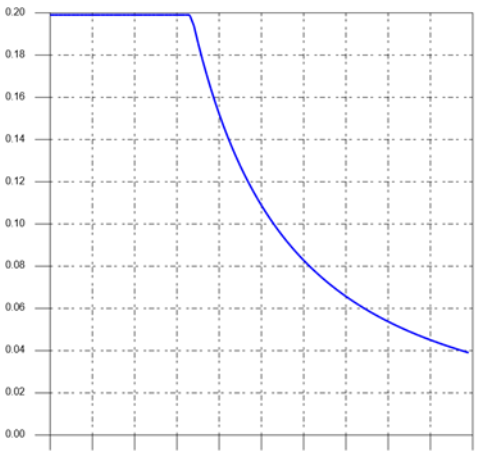
F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) F_P : *0.90*

F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) F_E : *0.90*

NEC-SE-DS 2014 (6.3.2)

Espectro de diseño según X

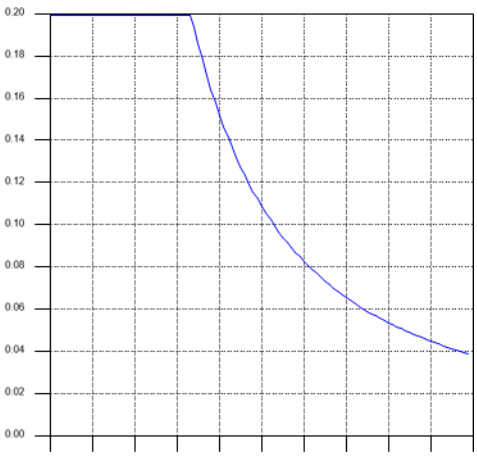
Coef.Amplificación (g)



Periodo (s)

Espectro de diseño según Y

Coef.Amplificación (g)



Periodo (s)

1.3.- Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.813	0.3193	0.0467	0.9465	89.4 %	1.91 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 32.6861 mm
Modo 2	0.754	0.0535	0.1898	0.9804	5.88 %	74.18 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 28.1293 mm
Modo 3	0.696	0.0184	0.0526	0.9984	2.72 %	22.22 %	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm	R = 6.48 A = 1.952 m/s² D = 23.9388 mm
Total					98 %	98.31 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

Lx, Ly: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

Lgz: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

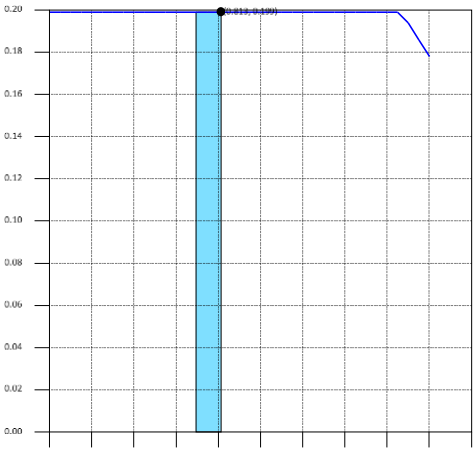
A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X

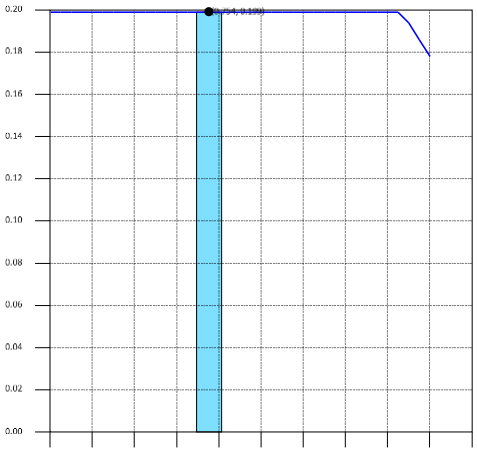
Coef.Amplificación (g)



Periodo (s)

Espectro de diseño según Y

Coef.Amplificación (g)



Periodo (s)

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.813	0.199

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.754	0.199

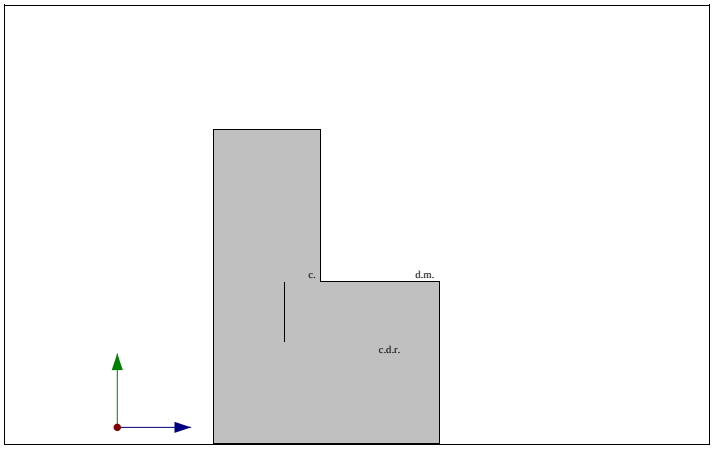
1.4.- Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_X (m)	e_Y (m)
Forjado 2	(10.66, 11.76)	(11.52, 11.60)	-0.86	0.16
Forjado 1	(10.15, 18.78)	(11.11, 15.26)	-0.96	3.52

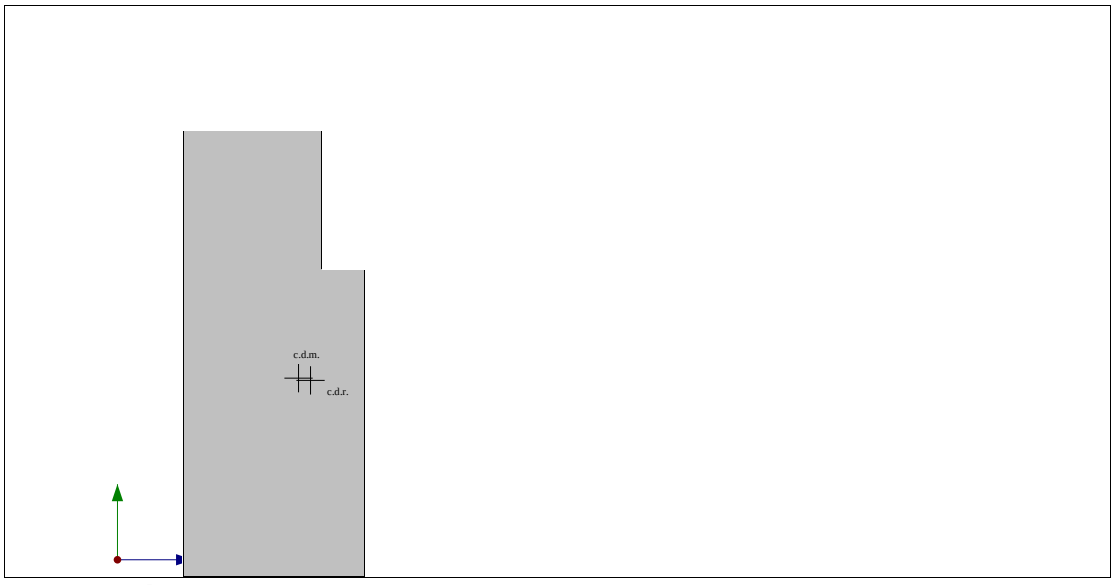
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y) eX: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X) eY: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



Forjado 1



Forjado 2

1.5.- Corrección por cortante basal

1.5.1.- Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (Vd), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_X (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	105.3791	110.9971
	Modo 2	6.9365	
	Modo 3	3.2018	
Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	2.2511	106.5781
	Modo 2	87.3015	
	Modo 3	26.1476	

Vd,X: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

Vd,Y: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

1.5.2.- Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

VSX: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) VS,X : 117.6809 t

$$V_{s,x} = S_{d,x}(T_a) \cdot W$$

Sd,X(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (X) Sd,X(Ta) : 0.199 g

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I

h: Altura del edificio h : 5.22 m

VS,Y: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2) VS,Y : 117.6809 t

Ta,X: Periodo fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

Ta,X : 0.27 s

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

$$V_{s,y} = S_{d,y}(T_a) \cdot W$$

Sd,Y(Ta): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) Sd,Y(Ta) : 0.199 g

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): I

h: Altura del edificio h : 5.22 m

W: Peso sísmico total de la estructura W : 591.3244 t

$$T_a = 0.072 \cdot h^{0.8}$$

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

$$W = \sum_{i=1}^{n} w_i$$

wi: Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Planta	w_i (t)
Forjado 2	223.4347
Forjado 1	367.8897
W= w_i	**591.3244**

1.5.3.- Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (Vd), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (Vs), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:

0.80•Vs/Vd.

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

NEC-SE-DS 2014 (6.2.2b)

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 110.9971 t ≥ 94.1447 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 106.5781 t ≥ 94.1447 t	N.P.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

1.6.- Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

1.6.1.- Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

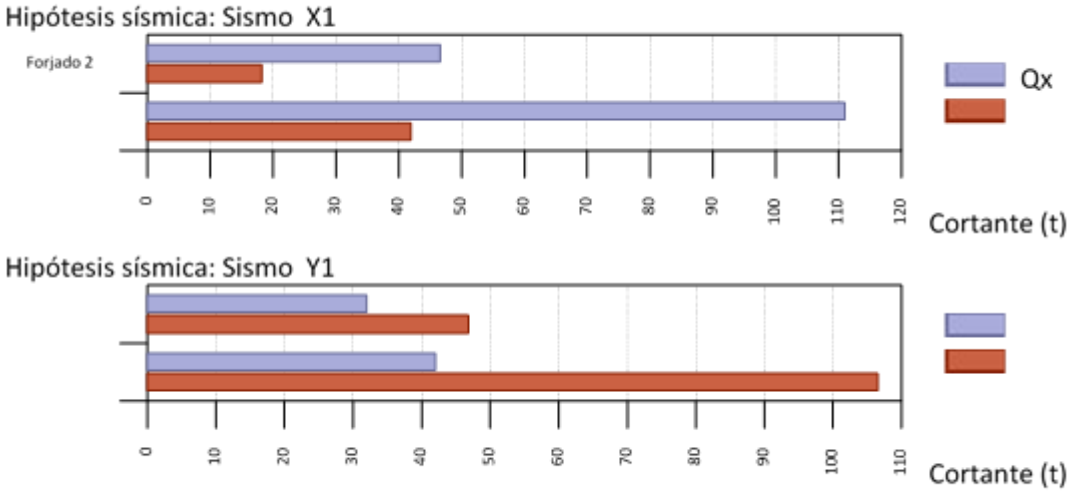
Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Forjado 2	46.6713	46.6713	18.2031	18.2031
Forjado 1	110.9971	65.4270	42.0125	23.8151

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Cortantes sísmicos máximos por planta

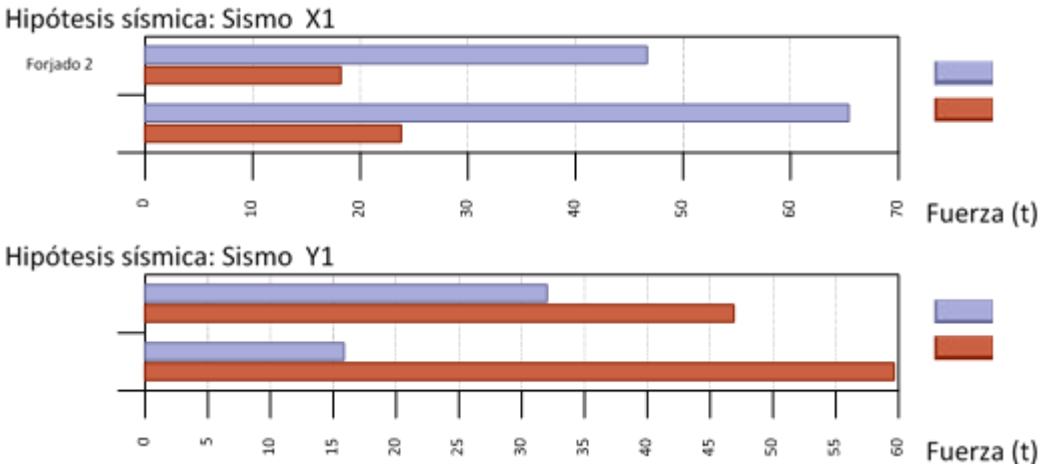


Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Planta	Q_X (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_Y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Forjado 2	32.0198	32.0198	46.9028	46.9028
Forjado 1	42.0201	15.8817	106.5781	59.6806

Forjado 1 Qy

Forjado 2 Qx



Fuente: CYPECAD

Elaborado por: Cristian Ll. &René Q., 2025

Anexo 13: informe de distorsiones de pilares

H: Altura del nivel respecto al inmediato inferior

Distorsión:

Absoluta: Diferencia entre los desplazamientos de un nivel y los del inmediatamente inferior Relativa: Relación entre la altura y la distorsión absoluta

Origen:

G: Sólo gravitatorias

GV: Gravitatorias + viento

Nota:

Las diferentes normas suelen limitar el valor de la distorsión relativa entre plantas y de la distorsión total (desplome) del edificio.

El valor absoluto se utilizará para definir las juntas sísmicas. El valor relativo suele limitarse en función de la altura de la planta 'h'. Se comprueba el valor 'Total' tomando en ese caso como valor de 'h' la altura total.

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C30	Forjado 2	4.95	3.24	0.0018	h / 1800	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0017	h / 1839	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0035	h / 1819	G	0.0002	----	G
C31	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0016	h / 1954	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0033	h / 1929	G	0.0002	----	G
C32	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0015	h / 2084	G	0.0002	----	G

	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0031	h / 2054	G	0.0002	----	G
C33	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0013	h / 2404	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0029	h / 2195	G	0.0002	----	G
C34	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0012	h / 2605	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0027	h / 2358	G	0.0002	----	G
C35	Forjado 2	4.95	3.24	0.0015	h / 2160	G	0.0000	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0010	h / 3125	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0025	h / 2546	G	0.0002	----	G
C36	Forjado 2	4.95	3.24	0.0015	h / 2160	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0010	h / 3125	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0025	h / 2546	G	0.0002	----	G
C37	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0012	h / 2605	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0027	h / 2358	G	0.0002	----	G
C38	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0012	h / 2605	G	0.0003	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0027	h / 2358	G	0.0004	----	G
C39	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0013	h / 2404	G	0.0003	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0029	h / 2195	G	0.0004	----	G
C40	Forjado 2	4.95	3.24	0.0016	h / 2025	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0013	h / 2404	G	0.0001	----	G

	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0029	h / 2195	G	0.0002	----	G
C41	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0015	h / 2084	G	0.0003	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0031	h / 2054	G	0.0004	----	G
C42	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0015	h / 2084	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0031	h / 2054	G	0.0002	----	G
C43	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0016	h / 1954	G	0.0003	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0033	h / 1929	G	0.0004	----	G
C44	Forjado 2	4.95	3.24	0.0017	h / 1906	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0016	h / 1954	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0033	h / 1929	G	0.0002	----	G
C45	Forjado 2	4.95	3.24	0.0018	h / 1800	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0017	h / 1839	G	0.0003	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0035	h / 1819	G	0.0004	----	G
C46	Forjado 2	4.95	3.24	0.0018	h / 1800	G	0.0001	----	G
	Forjado 1	1.71	3.13	0.0017	h / 1839	G	0.0001	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.0035	h / 1819	G	0.0002	----	G
C49	Forjado 1	1.71	3.13	0.0009	h / 3473	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.0009	h / 3473	G	0.0002	----	G
C50	Forjado 1	1.71	3.13	0.0007	h / 4465	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.0007	h / 4465	G	0.0002	----	G
C51	Forjado 1	1.71	3.13	0.0006	h / 5209	G	0.0002	----	G
	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.0006	h / 5209	G	0.0002	----	G
C52	Forjado 1	1.71	3.13	0.0004	h / 7813	G	0.0002	----	G

	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.0004	h / 7813	G	0.0002	----	G
C53	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.0004	h / 7813	G	0.0001	----	G
	Total		3.13	0.0004	h / 7813	G	0.0001	----	G
C54	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.0006	h / 5209	G	0.0001	----	G
	Total		3.13	0.0006	h / 5209	G	0.0001	----	G
C55	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.0007	h / 4465	G	0.0001	----	G
	Total		3.13	0.0007	h / 4465	G	0.0001	----	G
C56	Forjado 1	1.71	3.13	0.0009	h / 3473	G	0.0001	----	G

Situaciones persistentes o transitorias									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.0009	h / 3473	G	0.0001	----	G
Situaciones sísmicas[(1)]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C30	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0472 0.1388	h / 69 h / 23	---- ----	0.0368 0.1214	h / 89 h / 26	---- ----
	Total		6.37	0.1861	h / 35	----	0.1574	h / 41	----
C31	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0391 0.1102	h / 83 h / 29	---- ----	0.0368 0.1214	h / 89 h / 26	---- ----
	Total		6.37	0.1492	h / 43	----	0.1574	h / 41	----
C32	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0423 0.1177	h / 77 h / 27	---- ----	0.0368 0.1214	h / 89 h / 26	---- ----
	Total		6.37	0.1600	h / 40	----	0.1574	h / 41	----
C33	Forjado 2 Forjado 1	4.95 1.71	3.24 3.13	0.0457 0.1282	h / 71 h / 25	---- ----	0.0368 0.1214	h / 89 h / 26	---- ----

	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1739	h / 37	----	0.1574	h / 41	----
C34	Forjado 2	4.95	3.24	0.0493	h / 66	----	0.0368	h / 89	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1400	h / 23	----	0.1214	h / 26	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1887	h / 34	----	0.1574	h / 41	----
C35	Forjado 2	4.95	3.24	0.0533	h / 61	----	0.0368	h / 89	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1562	h / 21	----	0.1214	h / 26	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.2090	h / 31	----	0.1574	h / 41	----
C36	Forjado 2	4.95	3.24	0.0533	h / 61	----	0.0305	h / 107	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1562	h / 21	----	0.1035	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.2090	h / 31	----	0.1341	h / 48	----
C37	Forjado 2	4.95	3.24	0.0493	h / 66	----	0.0305	h / 107	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1400	h / 23	----	0.1035	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1887	h / 34	----	0.1341	h / 48	----
C38	Forjado 2	4.95	3.24	0.0493	h / 66	----	0.0297	h / 110	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1400	h / 23	----	0.1022	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1887	h / 34	----	0.1319	h / 49	----
C39	Forjado 2	4.95	3.24	0.0457	h / 71	----	0.0297	h / 110	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1282	h / 25	----	0.1022	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1739	h / 37	----	0.1319	h / 49	----
C40	Forjado 2	4.95	3.24	0.0457	h / 71	----	0.0305	h / 107	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1282	h / 25	----	0.1035	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1739	h / 37	----	0.1341	h / 48	----
Situaciones sísmicas[(1)]									
Pilar	Planta	Cota (m)	h (m)	Distorsión X			Distorsión Y		
				Absoluta (m)	Relativa	Origen	Absoluta (m)	Relativa	Origen
C41	Forjado 2	4.95	3.24	0.0423	h / 77	----	0.0297	h / 110	----
	Forjado 1	1.71	3.13	0.1177	h / 27	----	0.1022	h / 31	----
	Cimentación	-1.42							
	Total		6.37	0.1600	h / 40	----	0.1319	h / 49	----

C42	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0423 0.1177	h / 77 h / 27	---- ----	0.0305 0.1035	h / 107 h / 31	---- ----
	Total		6.37	0.1600	h / 40	----	0.1341	h / 48	----
C43	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0391 0.1102	h / 83 h / 29	---- ----	0.0297 0.1022	h / 110 h / 31	---- ----
	Total		6.37	0.1492	h / 43	----	0.1319	h / 49	----
C44	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0391 0.1102	h / 83 h / 29	---- ----	0.0305 0.1035	h / 107 h / 31	---- ----
	Total		6.37	0.1492	h / 43	----	0.1341	h / 48	----
C45	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0472 0.1388	h / 69 h / 23	---- ----	0.0297 0.1022	h / 110 h / 31	---- ----
	Total		6.37	0.1861	h / 35	----	0.1319	h / 49	----
C46	Forjado 2 Forjado 1 Cimentación	4.95 1.71 -1.42	3.24 3.13	0.0472 0.1388	h / 69 h / 23	---- ----	0.0305 0.1035	h / 107 h / 31	---- ----
	Total		6.37	0.1861	h / 35	----	0.1341	h / 48	----
C49	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.1798	h / 18	----	0.1214	h / 26	----
	Total		3.13	0.1798	h / 18	----	0.1214	h / 26	----
C50	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.2017	h / 16	----	0.1214	h / 26	----
	Total		3.13	0.2017	h / 16	----	0.1214	h / 26	----
C51	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.2237	h / 14	----	0.1214	h / 26	----
	Total		3.13	0.2237	h / 14	----	0.1214	h / 26	----
C52	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.2459	h / 13	----	0.1214	h / 26	----
	Total		3.13	0.2459	h / 13	----	0.1214	h / 26	----
C53	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.2459	h / 13	----	0.1035	h / 31	----
	Total		3.13	0.2459	h / 13	----	0.1035	h / 31	----
C54	Forjado 1	1.71	3.13	0.2237	h / 14	----	0.1035	h / 31	----

	Cimentación	-1.42							
	Total		3.13	0.2237	h / 14	----	0.1035	h / 31	----
C55	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.2017	h / 16	----	0.1035	h / 31	----
	Total		3.13	0.2017	h / 16	----	0.1035	h / 31	----
C56	Forjado 1 Cimentación	1.71 -1.42	3.13	0.1798	h / 18	----	0.1035	h / 31	----
	Total		3.13	0.1798	h / 18	----	0.1035	h / 31	----

Valores máximos

Desplome local máximo de los pilares (d / h)				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[(1)]	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
Forjado 2	1 / 1800 (C30, ...)	----	1 / 61 (C35, C36)	1 / 89 (C30, ...)
Forjado 1	1 / 1839 (C30, ...)	----	1 / 13 (C52, C53)	1 / 26 (C30, ...)
Notas: *[(1)] Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*				

Desplome total máximo de los pilares (D / H)			
Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas[(1)]	
Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
1 / 1819 (C30, ...)	----	1 / 13 (C52, C53)	1 / 26 (C49, ...)
Notas: (1) *Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.*			