

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**TEMA DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS.
ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX-
CORREOS DE EL SALVADOR.**

PRESENTADA POR:

JONATHAN ENMANUEL ARDÓN GUZMÁN

BRAYAN JOSUÉ GUERRA ALAS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO :

ARQ. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

M.Eng. Ing. CARLOS ALBERTO ESCOBAR FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Curso de Especialización previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**TEMA DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN
EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS.**

**ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX-
CORREOS DE EL SALVADOR.**

Presentado por :

JONATHAN ENMANUEL ARDÓN GUZMÁN

BRAYAN JOSUÉ GUERRA ALAS

Curso de Especialización Aprobado por:

MSC. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN

San Salvador, mayo de 2025

Curso de Especialización aprobado por:

Docentes Asesores :

MSC. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos concedido el don de la vida, la sabiduría, la salud y la fortaleza necesarias para culminar esta etapa académica. Su guía y bendición fueron fundamentales en cada paso del camino.

A nuestros padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y los innumerables sacrificios realizados a lo largo de nuestra formación. Gracias por creer en nosotros, por motivarnos a seguir adelante y por estar siempre presentes con palabras de aliento en los momentos más difíciles. Este logro también es suyo.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Protección Civil, en especial al Ing. Juan Ramón Ramos Martínez y a la Licda. María Eva Ortiz Mártir, por el valioso apoyo brindado durante el desarrollo de nuestra investigación. Su disposición para compartir información técnica, así como su acompañamiento durante visitas y evaluaciones, fue fundamental para enriquecer este trabajo.

De igual forma, extendemos un agradecimiento profundo a Ingeniería NDT S.A. de C.V., y en particular al Ing. Marlon Ebiezer Vigil Sánchez, por su generoso apoyo al facilitarnos, sin costo alguno, la realización de ensayos no destructivos. Su asesoría especializada, la apertura para compartir conocimientos técnicos y el respaldo brindado en el proceso de análisis estructural contribuyeron significativamente a la calidad y profundidad de este estudio.

A todos quienes nos acompañaron de alguna manera a lo largo de este proceso, nuestro más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
1.5 Alcances.....	8
1.6 Limitaciones.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO: PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS.....	11
2.1 Definición.....	12
2.2 Tipos de patologías de estructuras.....	12
2.3 Clasificación de la patología estructural.....	14
2.3.1 Patología estructural de origen congénito.....	14
2.3.2 Patología estructural de origen adquirido.....	15
2.4 Lesiones.....	15
2.4.1 Lesiones químicas.....	16
2.4.2 Lesiones físicas.....	16
2.4.3 Lesiones mecánicas.....	18
2.5 Estudio patológico.....	19

2.5.1	Definición y etapas del proceso.....	19
2.5.2	Personal que intervine en un estudio patológico.	22
2.6	Metodología de evaluación.....	23
2.6.1	Fundamentos de Evaluación	24
2.6.2	Procedimiento de Evaluación	24
2.7	Daños típicos.....	27
2.7.1	Daños por configuración estructural inadecuada.	27
2.7.1.1	Irregularidades en planta no recomendadas:	28
2.7.1.2	Irregularidades en elevación no recomendadas.....	31
2.7.2	Daños por defectos de resistencia, rigidez y ductilidad.....	34
2.7.2.1	Tipos de fallos en columnas de concreto reforzado.	34
2.7.2.2	Tipos de fallos en vigas de concreto armado.	39
2.7.2.3	Tipos de fallos en uniones de concreto reforzado.....	40
2.7.2.4	Tipos de fallos en losas.....	42
2.7.3	Daños por defectos de diseño.....	43
2.8	Ensayos no destructivos.....	44
2.8.1	Pachómetro (ACI 228.2, CAPITULO 2.5).....	45
2.8.2	“Método de prueba estándar para el número de rebote del concreto endurecido” (ASTM C 805).....	46
2.8.3	“Método de prueba estándar para la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto” (ASTM C 597)	48
CAPÍTULO 3: EDIFICIO EX CORREOS DE EL SALVADOR.....		53
3.1	Generalidades	54
3.1.1	Antecedentes.....	54

3.1.2	Ubicación.....	58
3.1.3	Colindantes.	59
3.1.4	Topografía del lugar.	61
3.1.5	Geología del lugar.	61
3.1.6	Zonificación morfoestructural del lugar.	62
3.1.7	Clasificación de la edificación según normativa	63
3.2	Estudio patológico del edificio.	66
3.2.1	Descripción del proceso realizado.....	66
3.2.2	Descripción de la estructura.....	71
3.2.3	Configuración estructural.....	74
3.2.4	Elementos estructurales.....	76
3.2.5	Planta alargada.....	77
3.2.6	Esbeltez.....	78
3.2.7	Piso débil.....	78
3.2.8	Núcleo de escaleras.....	80
3.2.9	Irregularidades en elevación.....	82
3.2.10	Conexiones inadecuadas.....	83
3.3	Levantamiento de daños.	84
3.4	Ensayos realizados.....	115
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES.....		126
BIBLIOGRAFÍA.....		128
ANEXOS.....		130

ÍNDICE DE IMAGENES.

Imagen 1. Acceso restringido – segundo nivel.....	10
Imagen 2. Proceso del estudio patológico.	21
Imagen 3. Daño por columna corta.....	35
Imagen 4. Daño por tensión diagonal	36
Imagen 5. Daño en unión viga columna.....	37
Imagen 6. Daño por torsión	37
Imagen 7. Daños en columnas	38
Imagen 8. Daños en vigas	39
Imagen 9. Daños en unión de esquina	40
Imagen 10. Daños en unión exterior de estructuras de múltiples pisos	41
Imagen 11. Daños en uniones interiores.....	41
Imagen 12. Daños debido a flexión.....	42
Imagen 13. Daños debido a torsión	42
Imagen 14. Daños debido a punzonamiento	43
Imagen 15. Correlación típica de martillos de rebote.....	47
Imagen 16. Esquema del aparato para la velocidad del pulso ultrasónico	49
Imagen 17. Imagen del antiguo edificio de correos en la Avenida España	54
Imagen 18. Imagen de estampilla del edificio ex correos El Salvador	55
Imagen 19. Nota que declara no habitable el edificio	56
Imagen 20. Vista frontal actual.....	57
Imagen 21. Recubrimiento de mármol año 2008	57

Imagen 22. Vista lateral en la actualidad	57
Imagen 23. Esquema de ubicación del edificio	58
Imagen 24. Esquema de ubicación del edificio	59
Imagen 25. Colindantes al norte	59
Imagen 26. Colindantes al este.....	60
Imagen 27. Colindantes al sur	60
Imagen 28. Colindantes al oeste.....	60
Imagen 29. Geología del lugar.....	61
Imagen 30. Zonificación Morfoestructural	62
Imagen 31. Clasificación de Grupo	63
Imagen 32. Clasificación de Tipo	64
Imagen 33. Categoría de Ocupación	64
Imagen 34. Sistemas Estructurales	65
Imagen 35. Marco de concreto reforzado en sentido norte – sur.....	71
Imagen 36. Marco de concreto reforzado en sentido este - oeste	71
Imagen 37. Junta de separación de 10 cm entre ambos cuerpos del edificio...	72
Imagen 38. Cuerpos del edificio.....	73
Imagen 39. Formas de estructuras.	74
Imagen 40. Esquematzación de forma del edificio, cuerpo principal.....	75
Imagen 41. Esquematzación de forma del edificio, cuerpo secundario.	75
Imagen 42. Detalles de dimensiones de columnas.....	76
Imagen 43. Detalles de dimensiones de vigas.....	76

Imagen 44. Esquema de planta alargada.	77
Imagen 45. Sección en altura del edificio.	79
Imagen 46. El daño más severo del edificio se localiza en una de las columnas del primer nivel, la cual presenta una falla por cortante.	79
Imagen 47. Esquemas de núcleos.	80
Imagen 48. Núcleo de escaleras y ascensor.	81
Imagen 49. Cuerpo de escaleras vinculados directamente a la estructura principal y cerramientos de mampostería con juntas de 4 cm.	81
Imagen 50. Voladizo a los costados Este y Oeste, vinculación directa de las paredes de relleno con la estructura principal por medio de los nervios de confinamiento.	82
Imagen 51. Esquema de estructuración de cuerpo secundario.	83
Imagen 52. Implementación de ensayo: Pachómetro.	115
Imagen 53. Detallado de refuerzo – Columna C-1 (3/D).	115
Imagen 54. Implementación de ensayo: Número de rebote.	116
fuelle: equipo utilizado para ensayo.	119
Imagen 56. Implementación de ensayo: Velocidad de pulso ultrasónico.	119

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Irregularidades no recomendadas.	30
Tabla 2. Irregularidades en elevación no recomendadas.	33

Tabla 3. Resultados ensayo No. 1.	117
Tabla 4. Resultados ensayo No. 2.	117
Tabla 5. Resultados ensayo No. 3.	118
Tabla 6. Resultados ensayo No. 4.	118
Tabla 7. Resultados ensayo Pulso Ultrasónico.	120
Tabla 8. Evaluación de calidad del concreto.	120
Tabla 9. Estimación de resistencia mediante ASTM C597.	121
Tabla 10. Comparación de estimación de resistencia mediante ASTM C805 y ASTM C597.	122

INTRODUCCIÓN.

El Salvador, ubicado en una de las zonas de mayor actividad sísmica del mundo, ha sido históricamente afectado por eventos telúricos de gran impacto. Entre ellos, el terremoto ocurrido el 10 de octubre de 1986 destaca como uno de los más devastadores, generando importantes pérdidas humanas y severos daños en la infraestructura del Área Metropolitana de San Salvador

El Edificio ex Correos de El Salvador, construido en el año 1972, resultó significativamente dañado por este evento sísmico. El diseño original del edificio, aunque basado en las regulaciones vigentes en ese momento, no contemplaba algunas de las exigencias sísmicas modernas, lo cual lo hizo vulnerable a los efectos del terremoto. Posteriormente, el inmueble fue catalogado como no habitable y desde entonces ha experimentado un deterioro progresivo debido al abandono, la exposición a la intemperie, las afectaciones humanas y la falta de mantenimiento.

Dado el estado actual de la estructura, surge la necesidad de realizar una evaluación técnica detallada. El presente estudio tiene como propósito identificar, clasificar y evaluar los daños estructurales y no estructurales presentes en el edificio, mediante inspecciones visuales y la aplicación de técnicas de ensayo no destructivo, tales como el ensayo de martillo de rebote, el pulso ultrasónico y el uso de Pachómetro para la detección de acero de refuerzo.

La información generada a partir de esta investigación busca no solo documentar el estado de deterioro del Edificio ex Correos de El Salvador, sino también aportar al conocimiento técnico sobre el comportamiento de edificaciones antiguas sometidas a cargas sísmicas severas. Asimismo, pretende servir de referencia para la toma de decisiones informadas en futuras intervenciones estructurales, reforzamientos o demoliciones, en el marco de una gestión más segura, resiliente y sostenible del patrimonio construido en zonas de alta amenaza sísmica.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.

1.1 ANTECEDENTES.

El Salvador es un país caracterizado por su alta sismicidad, lo que lo ha expuesto históricamente a terremotos de gran magnitud, ocasionando pérdidas humanas y considerables daños a la infraestructura. La normativa sísmica para edificaciones ha sido revisada y mejorada con el tiempo, principalmente después de eventos sísmicos significativos. Sin embargo, existen numerosos edificios construidos antes de la implementación de códigos adecuados, los cuales, por lo tanto, podrían no cumplir con las regulaciones actuales, presentando vulnerabilidades frente a futuros terremotos.

Es importante señalar que muchos edificios dañados en terremotos pasados continúan en uso, ya sea en su función original o adaptados a nuevos usos, sin haber sido evaluados de manera adecuada. En algunos casos, estos inmuebles presentan cargas superiores a las recomendadas. Además, aunque algunos han sido sometidos a evaluaciones estructurales, no se han realizado los trabajos de reforzamiento necesarios para garantizar su seguridad sísmica.

En El Salvador, el 88.7% del territorio se considera zona de riesgo sísmico, y en esta área vive el 95.4% de la población, lo que convierte al país en uno de los más vulnerables a desastres sísmicos en el mundo.

En lo que respecta a la amenaza sísmica los últimos terremotos que han causado daños en El Salvador son los siguientes:

Terremoto del 3 de mayo de 1965

- Magnitud: 6.0 Mw
- Intensidad: VI-VII MM
- Epicentro: Sureste de San Salvador (13.70°N, 89.17°O)
- Profundidad: 15 km

Terremoto del 19 de junio de 1982

- Magnitud: 7.3 Mw
- Intensidad: VII MM
- Epicentro: Océano Pacífico (13.30°N, 89.40°O)
- Profundidad: 80 km

Terremoto del 10 de octubre de 1986

- Magnitud: 5.4 Mw
- Intensidad: VIII-IX MM
- Epicentro: Cercano a San Salvador (13.67°N, 89.18°O)
- Profundidad: 10 km

Terremoto del 13 de febrero de 2001

- Magnitud: 6.1 Mw
- Intensidad: IV MM en San Salvador
- Epicentro: San Pedro Nonualco, La Paz
- Profundidad: 8 km

Terremoto del 13 de enero de 2001

- Magnitud: 7.6 Mw
- Intensidad: VII MM en San Salvador
- Epicentro: Océano Pacífico (12.83°N, 88.79°O)
- Profundidad: 39 km

Terremoto del 30 de mayo de 2019

- Magnitud: 6.8 Mw
- Intensidad: VI MM en San Salvador
- Epicentro: Playa Mizata, La Libertad
- Profundidad: 48 km

De los terremotos antes mencionados, los que han causado daños materiales y físicos en el área de San Salvador han sido los sismos 3 de mayo de 1965 y el del 10 de octubre de 1986. Esto a pesar de que presentan magnitudes menores a los demás citados, esto debido a que han sido generados por fallas locales.

En el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), el sismo del 10 de octubre de 1986 causó daños en aproximadamente 75 edificios de tres o más pisos. Esto se debió a que muchos de los inmuebles afectados por los sismos del 3 de mayo de 1965 y del 19 de junio de 1982 no fueron reparados ni reforzados adecuadamente, lo que resultó en una insuficiente resistencia frente a la intensa sacudida de este evento, llegando en algunos casos al colapso total de la estructura (Bommer y Ledbetter, 1987). Por otro lado, los sismos ocurridos en 2001 generaron daños que variaron desde el desprendimiento de repellos hasta afectaciones graves en los sistemas estructurales de edificios de baja altura. Los

edificios de más de 10 niveles, en cambio, parecen haber soportado el evento sin daños significativos.

El antiguo Edificio de Correos de El Salvador, que será objeto de estudio en este proyecto, fue construido en 1972 y ha sido afectado por los sismos de 1986, así como por los ocurridos el 13 de enero y en febrero de 2001. Este edificio está ubicado en la intersección de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el área conocida como "Centro de Gobierno". Actualmente, el inmueble es inhabitable debido a los múltiples daños sufridos; en su lugar, se realizan actividades de almacenamiento y prácticas de rescate a cargo del cuerpo de socorristas de Protección Civil.

Además, hasta la fecha de este documento, se ha propuesto la demolición total del edificio para dar paso a la construcción de un nuevo inmueble destinado a las oficinas de Protección Civil de El Salvador. Esta propuesta se detalla en la tesis titulada "Propuesta de Diseño Arquitectónico de Edificio Administrativo para Protección Civil", elaborada por estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Las condiciones actuales del edificio lo hacen adecuado para llevar a cabo inspecciones, levantamientos y evaluaciones de los daños estructurales y no estructurales, así como la aplicación de ensayos no destructivos para determinar el estado de la edificación.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El edificio ex Correos de El Salvador ha experimentado diversos daños estructurales a lo largo de su vida útil, principalmente a causa por eventos sísmicos, hasta el punto de ser catalogado como no habitable, provocando que a raíz de la falta de uso ha sufrido un deterioro que ha progresado en los últimos años por su estado; algunos eventos que han provocado su mayor deterioro son: desmontaje de elementos no estructurales, afectación por eventos naturales, actividades humanas.

En este sentido, surge la necesidad de realizar una investigación que documente el estado actual del edificio ex Correos mediante un estudio patológico.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El Salvador es un país altamente vulnerable a la actividad sísmica, lo que ha impulsado esfuerzos académicos y científicos para mejorar las normativas de diseño y construcción de edificaciones. Sin embargo, muchas estructuras construidas antes de la implementación de códigos modernos presentan deficiencias que las hacen susceptibles a daños ante futuros sismos.

Este estudio tiene como propósito identificar, clasificar y evaluar los daños en el Edificio ex Correos de El Salvador, así como analizar las posibles causas de sus fallas estructurales. La información obtenida contribuirá a los esfuerzos de diversas instituciones y profesionales en el campo de la ingeniería estructural, proporcionando datos clave para la documentación y evaluación de errores de diseño y construcción en edificaciones vulnerables.

Además, como complemento a las actividades de identificación de daños, se incluirá la aplicación de ensayos no destructivos que permitirán conocer información acerca de propiedades de la estructura como por ejemplo conocer la calidad del concreto (Pulso Ultrasónico), dureza del concreto y resistencia $f'c$ mediante correlación (Martillo de Rebote), distribución de aceros de refuerzo en elementos estructurales (Pachómetro).

Los resultados de este estudio podrán servir como referencia para futuras investigaciones y como una herramienta para mejorar los procesos de diagnóstico y reforzamiento de edificaciones en el país.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar estructuralmente el edificio ex Correos El Salvador mediante la identificación y clasificación de daños y la aplicación de ensayos no destructivos, con el fin de obtener información del estado actual de la estructura.

1.4.2 Objetivos específicos.

Realizar un levantamiento de la configuración geométrica estructural tanto en planta como en elevación del edificio, para identificar irregularidades de éste.

Implementar técnicas de estudio patológico al Edificio ex Correos El Salvador para identificar, clasificar y evaluar los tipos de daños presentes, analizando sus causas y efectos en la estructura.

Aplicar métodos de ensayo no destructivos para determinar las propiedades mecánicas del edificio, utilizando el Método de Ensayo Estándar para Número de Rebote del Concreto Endurecido (ASTM C 805), el Método de Ensayo Estándar para Velocidad de Pulso a través del Concreto, (ASTM C 597) y Pachómetro (Micro Covermeter).

1.5 ALCANCES.

El trabajo consistirá en la evaluación patológica del Edificio ex Correos El Salvador realizando una serie de visitas para el levantamiento, identificación, clasificación y evaluación de daños a través de una inspección visual de los elementos estructurales y no estructurales, además, de la identificación de propiedades mecánicas mediante la aplicación de ensayos no destructivos.

Al finalizar este proyecto, la investigación realizada permitirá conocer la serie de daños estructurales y no estructurales del edificio en relación, además de las propiedades mecánicas actuales de algunos elementos de la estructura.

Las actividades más relevantes son:

- Investigación bibliográfica de los antecedentes del edificio.
 - Levantamiento geométrico del edificio y elaboración de Planos geométricos estructurales del edificio (según detalles del levantamiento).
 - Levantamientos de daños en elementos estructurales y no estructurales.
 - Aplicación de ensayos no destructivos.
 - Procesamiento y presentación de resultados del estudio.
-

1.6 LIMITACIONES.

En la ejecución de las múltiples actividades relacionadas a este proyecto, los trabajos se han desarrollado de manera ordenada, siguiendo mecanismos y protocolos establecidos por las instituciones relacionadas, Universidad de El Salvador, Protección Civil y Correos El Salvador. A pesar de la disponibilidad y trabajo colectivo entre los involucrados, se han presentado limitantes, mencionando algunas tenemos:

Acceso a las instalaciones: A lo largo del trabajo realizado, se ha visitado por cuatro ocasiones al edificio, en las cuales se ha explorado nivel por nivel cada zona que es posible ingresar, dado que partes que actualmente se encuentran utilizadas como almacenamiento, bodegas, e incluso áreas sin acceso alguno, por lo que ha posible realizar exploración completa (ver imagen 1). Las zonas no exploradas son:

- ✓ Segundo nivel.
- ✓ Sótano.
- ✓ Zona este – primer nivel (actualmente utilizado como bodega).

Acceso a documentación: En la investigación de antecedentes del edificio para conocer su historia, que permitiese identificar eventos, actividades, datos que permitan obtener trazabilidad con su condición actual, se ha obtenido información limitada, dado que en sitios web como en las instalaciones no ha sido posible obtener datos históricos.

Implementación de ensayos: En cuanto a la implementación de ensayos no destructivos para conocer propiedades de la estructura, se han aplicado un total de seis ensayos no destructivos, realizados únicamente en elementos del Cuarto nivel. A raíz de la complejidad de acceso a las otras áreas, costo de los ensayos

y alcance del trabajo en relación, no se ha alcanzado a realizar en los siguientes niveles.



*Imagen 1. Acceso restringido – segundo nivel.
fuente: propia.*

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO: PATOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS.

2.1 DEFINICIÓN.

La palabra proviene del griego “pathos”: enfermedad, y “logos”: estudio; y en la construcción, enfoca el conjunto de enfermedades, de origen químico, físico, mecánico o electroquímico, y sus soluciones¹; La patología estructural es la rama de la ingeniería y la arquitectura que estudia los daños, fallas y deterioros en las estructuras de edificaciones, puentes y otras construcciones. Su objetivo es identificar las causas de los defectos estructurales, evaluar su impacto en la seguridad y funcionalidad de la edificación y proponer soluciones para su reparación o refuerzo.

Esta disciplina analiza factores como defectos en los materiales, errores de diseño, fallas en la construcción, impacto ambiental y efectos del envejecimiento. Se aplica en la inspección de estructuras existentes, prevención de colapsos y mantenimiento de edificaciones para garantizar su estabilidad y durabilidad.

2.2 TIPOS DE PATOLOGÍAS DE ESTRUCTURAS.

Patología en Cimentaciones: Las cimentaciones, que pueden ser superficiales o profundas, son elementos clave para la estabilidad estructural. Las fallas comunes incluyen fisuras en muros, hundimientos y desplomes, generalmente causados por asentamientos diferenciales, suelos expansivos, o una mala compactación del terreno. Estas patologías se manifiestan como grietas escalonadas, pisos desnivelados e inclinación de muros.

Patología en Estructuras de Concreto Armado: Las patologías en elementos de concreto armado como muros, columnas, vigas y forjados, son comunes y pueden comprometer la integridad estructural. Entre las más frecuentes se encuentran la carbonatación, proceso en el cual el CO₂ penetra el concreto, reduce su pH y deja expuesta la armadura a la corrosión; la fisuración por

¹ (María Mercedes Florentín Saldaña & Granada Rojas, 2009)

retracción o sobrecarga; y el ataque químico por cloruros o sulfatos presentes en el ambiente. Estas fallas se manifiestan mediante desprendimientos del recubrimiento, fisuras diagonales en vigas y presencia de óxido en las armaduras.

Patologías en Estructuras Metálicas: Las patologías en estructuras metálicas, que comprenden pilares, vigas, cerchas y elementos especiales de unión, suelen estar asociadas a la corrosión provocada por la humedad, la pérdida de sección transversal y la fatiga estructural debido a cargas cíclicas. Estas fallas se manifiestan mediante la aparición de óxido, grietas en las soldaduras, deformaciones visibles y fenómenos de pandeo.

Patologías en Estructuras de Madera: Las estructuras de madera que suelen incluir vigas, viguetas, correas y otros elementos similares son susceptibles al deterioro natural con el paso del tiempo, especialmente cuando están expuestas a condiciones de humedad. Las principales patologías provienen del ataque de insectos xilófagos, como termitas y carcomas, así como de hongos que generan pudrición. Estos daños se manifiestan mediante agujeros visibles, presencia de serrín, deformaciones y debilitamiento de las secciones estructurales.

Patología en Estructuras de Mampostería: Las estructuras de mampostería, formadas por elementos como ladrillo de barro, bloques de concreto o piedra, presentan diversas patologías estructurales y estéticas. Entre las fallas más comunes se encuentran las fisuras provocadas por asentamientos diferenciales, la aparición de eflorescencias debido a la migración de sales, y la pérdida de adherencia o disgregación del mortero. Estas patologías se manifiestan a través de grietas en forma de escalera, manchas blancas en la superficie y debilitamiento del muro.

Patologías en Estructuras Especiales: Las estructuras especiales, menos comunes pero fundamentales en edificaciones emblemáticas, incluyen elementos como vigas de gran canto, estructuras metálicas espaciales, cerchas

complejas y tirantes. Debido a su diseño singular y a las exigencias mecánicas que enfrentan, estas estructuras pueden presentar patologías como el pandeo, la fatiga por cargas repetitivas o fracturas en las uniones. Entre las causas más frecuentes se encuentran las sobrecargas, vibraciones no controladas y la falta de mantenimiento adecuado.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LA PATOLOGÍA ESTRUCTURAL.

La patología estructural puede clasificarse según su origen en congénita o adquirida, dependiendo de si los defectos estaban presentes desde el inicio o se desarrollaron con el tiempo.

2.3.1 Patología estructural de origen congénito.

Son aquellas fallas o defectos que están presentes desde la fase de diseño o construcción de la estructura. Es decir, surgen debido a errores cometidos en las etapas iniciales del proyecto.

Causas principales:

Errores de diseño: fallas en los cálculos estructurales, elección inadecuada de materiales o configuraciones que no cumplen con los principios de estabilidad.

Deficiencias en los materiales: uso de materiales de baja calidad o mal preparados (por ejemplo, concreto mal dosificado o acero defectuoso).

Defectos de construcción: mala ejecución de la obra, como soldaduras deficientes, fallos en la compactación del concreto o falta de cumplimiento de normativas.

Falta de estudios previos: ausencia o deficiencia en los estudios geotécnicos, lo que puede derivar en problemas en los cimientos debido a suelos inadecuados.

2.3.2 Patología estructural de origen adquirido.

Son daños o fallas que aparecen después de la construcción debido a factores externos o al deterioro con el tiempo.

Causas principales:

Acciones ambientales: humedad, corrosión, cambios de temperatura, sismos, viento o exposición a sustancias químicas.

Cargas imprevistas: modificaciones en el uso de la estructura que generan sobrecarga (por ejemplo, convertir una vivienda en un almacén).

Falta de mantenimiento: ausencia de inspecciones o reparaciones periódicas que permitan detectar problemas a tiempo.

Desgaste natural: envejecimiento de los materiales por su uso prolongado.

Accidentes o impactos: colisiones de vehículos, explosiones, incendios o sismos que generan daños en la estructura.

Una manifestación visible de una patología estructural son las lesiones estructurales, las cuales representan los daños físicos que afectan la resistencia, estabilidad o funcionalidad de una edificación.

2.4 LESIONES.

Las lesiones estructurales son cada una de las manifestaciones visibles de un problema constructivo o patológico en una edificación. Son el síntoma final de un proceso de degradación que afecta la integridad de los elementos que conforman la estructura principal (cimientos, columnas, vigas, losas, muros de carga, etc.). Dichas lesiones indican que se ha producido una alteración en el comportamiento esperado de la estructura, poniendo en riesgo su estabilidad y seguridad.

El conjunto de lesiones que puede presentarse en un edificio es muy amplio, dada la gran diversidad de materiales (concreto, acero, madera, mampostería, entre otros) y de sistemas constructivos utilizados. A pesar de esta variedad, las lesiones pueden clasificarse en tres grandes familias, según la naturaleza del proceso patológico que las origina:

2.4.1 Lesiones químicas.

Es el resultado de la exposición de los materiales a sustancias corrosivas que provienen del exterior o del interior. La corrosión puede generarse por:

Corrosión química: reacción de metales con gases.

Corrosión electroquímica: corrosión de metales por un medio electrolítico.

Corrosión metálica: metales en contacto con agua.

Corrosión por erosión: es el desgaste en la sección de los metales, ejemplo: El desgaste de una cañería por la velocidad del fluido que circula en su interior por acción de una bomba muy potente.

Corrosión por incrustación: por deposición de sarro y barro, ejemplo: Sedimentación de sarro en un termo calefón.

Corrosión general: deterioro por acción del medio ambiente como, por ejemplo: la oxidación, la eflorescencia aparición de manchas blancas por presencia de sales.

2.4.2 Lesiones físicas.

Las lesiones físicas son aquellas provocadas por la acción directa de agentes climáticos y ambientales sobre los materiales de construcción. Entre estos

agentes se incluyen la lluvia, la lluvia ácida, el viento, el calor, los rayos ultravioletas, la nieve, las heladas, y los cambios bruscos de temperatura.

La exposición continua a estos factores genera diversos tipos de deterioros físicos en los materiales, tales como:

Humedad: Infiltraciones o absorción de agua en los materiales, afectando su integridad y promoviendo procesos de degradación como el hinchamiento o la pérdida de cohesión.

Suciedad: Acumulación de partículas en la superficie de los elementos, que además de afectar la estética puede acelerar procesos de deterioro, especialmente si contiene agentes químicos contaminantes.

Erosión: Desgaste progresivo de la superficie de los materiales debido a la acción mecánica de partículas transportadas por el viento, la lluvia o el agua corriente.

Dilatación: Expansión de los materiales ante el aumento de temperatura. Si no existe un adecuado control mediante juntas de dilatación, pueden generarse fisuras o deformaciones.

Deformación: Cambios en la forma o posición de los elementos constructivos, resultado de la acción prolongada de agentes físicos o de tensiones internas generadas por variaciones térmicas.

Rigidización: Pérdida de la flexibilidad natural de algunos materiales, especialmente en recubrimientos, morteros o sellantes, lo cual favorece la aparición de fisuras.

Fragilidad: Endurecimiento y pérdida de ductilidad de los materiales, haciéndolos más susceptibles a fracturas ante esfuerzos menores.

Resecamiento: Pérdida de humedad natural de ciertos materiales (como maderas o morteros), provocando agrietamientos, fisuración superficial o reducción de volumen.

Criptoflorescencia: Proceso oculto de formación de sales dentro del material por efecto de la humedad ascendente. A diferencia de la eflorescencia superficial, en la criptoflorescencia el aumento de volumen interno genera tensiones que pueden fracturar o desintegrar el material.

Aumento de volumen por absorción de humedad: En materiales porosos como la piedra, la cerámica o algunos concretos, la absorción de agua provoca hinchamientos internos que producen tensiones, agrietamientos o pérdida de adherencia.

Estos procesos, aunque inicialmente pueden parecer superficiales, con el tiempo comprometen la capacidad funcional y estructural de los materiales, favoreciendo la aparición de lesiones más graves si no se controlan.

2.4.3 Lesiones mecánicas.

Las lesiones mecánicas son aquellas que se originan por la acción de esfuerzos o tensiones internas o externas que superan la resistencia de los materiales, o bien por deficiencias en el diseño, construcción o ejecución de las obras civiles. Estas tensiones pueden deberse a sobrecargas, movimientos del terreno, asentamientos diferenciales, errores de cálculo estructural, choques o impactos, así como a la falta de coordinación en los procesos constructivos.

Entre las manifestaciones más comunes de este tipo de lesiones se encuentran:

Grietas: Aberturas lineales que se desarrollan en los elementos constructivos debido a esfuerzos mecánicos excesivos. Pueden afectar tanto recubrimientos

como elementos estructurales y ser síntoma de movimientos o deformaciones importantes.

Fisuras: Aberturas más superficiales y delgadas que las grietas, generalmente relacionadas con retracciones, tensiones térmicas o asentamientos menores. Aunque menos graves, pueden evolucionar si no se controlan.

Deformaciones: Cambios en la forma o en la alineación de los elementos estructurales o constructivos, causados por cargas mal distribuidas, fallos en el diseño o pérdida de capacidad resistente.

Desprendimientos: Separación de fragmentos de material (revestimientos, morteros, concreto, entre otros) debido a impactos, vibraciones o pérdida de adherencia por esfuerzos mal controlados o incompatibilidad de materiales.

Estas lesiones afectan directamente la estabilidad, seguridad y funcionalidad de una edificación, por lo que deben ser evaluadas y tratadas oportunamente, especialmente cuando comprometen elementos estructurales.

2.5 ESTUDIO PATOLÓGICO.

2.5.1 Definición y etapas del proceso.

El estudio patológico consiste en analizar estos daños de forma sistemática. el estudio patológico es "el análisis de los patrones de deterioro que presenta un edificio, por medio del cual se establece un estado de conservación de la construcción, y se realizan las recomendaciones correspondientes"².

El objetivo principal es identificar y diagnosticar las anomalías estructurales, evaluar su gravedad y extensión, y determinar sus causas para planificar las soluciones más adecuadas. En la práctica se busca establecer el origen de los

² (VENTURA RODRIGUEZ, 2004)

daños, cuantificar el deterioro y proponer actuaciones correctivas o de refuerzo. En imagen 2 se encuentra de manera resumida el proceso de un estudio patológico.

Para dar inicio al estudio de las enfermedades en una edificación, se debe establecer las etapas que intervienen en el estudio de patología, con el fin de realizar las diferentes actividades de manera organizada y coherente, donde la toma de datos que se debe realizar a todos los elementos que presentan lesiones sea elaborada de manera correcta y se ejecute en el menor tiempo posible, puesto que en ocasiones algunas edificaciones deben ser intervenidos de inmediato. Estas etapas se establecen de la siguiente manera para cualquier tipo de estudio de patología, sin importar la clase de edificación: ³

Etapas 1. Reconocimiento: consiste en la identificación visual desde la vulnerabilidad observada de las fallas, donde se determina los ensayos necesarios que pueda requerir la edificación para determinar la causa de la lesión.

Etapas 2. Historia clínica: consiste en la recopilación de información de la edificación sin derecho a omitir alguna investigación, puesto que de esto dependerá en gran medida los procesos de diagnóstico y rehabilitación; esta búsqueda deberá incluir planos arquitectónicos, planos estructurales, planos topográficos, estudios geotécnicos, informes fotográficos, bitácoras de obras, entrevistas que denoten información relevante, información de los parámetros de diseños de acuerdo a la zona sísmica, referencias climáticas de la ubicación y localización, etc. Si se presenta el caso de que alguna edificación no cuente con dichos documentos, los estudios deben ser mucho más complejos para la reconstrucción de la historia, además el estudio será mucho más costoso.

³ (Vera Guarnizo, Miranda Gutiérrez, Monroy Gutiérrez, Díaz Ochoa, & Grimaldo Rodríguez, 2022)

Etapa 3. Ensayos y diagnóstico: esta etapa consiste en la toma de ensayos destructivos o no destructivos de acuerdo al requerimiento de los elementos y del estado de los mismos, se recomienda en lo posible no realizar ensayos destructivos, puesto que estos, en ocasiones, afectan la integridad del elemento y lo dejan aún más vulnerable; también en esta fase se evidencia el acompañamiento y la intervención de diferentes profesionales que estarán sujetos a la complejidad de la edificación, Con los resultados de la etapa 1, 2 y 3 se realizarán el dictamen de las enfermedades encontradas.

Etapa 4. Propuesta de rehabilitación o demolición: En esta fase se formulan las recomendaciones técnicas necesarias para restaurar la funcionalidad y seguridad de los elementos estructurales afectados. El objetivo es devolver al sistema estructural sus características mecánicas y operativas originales o adaptadas a nuevas exigencias. Dependiendo del nivel de daño, esta etapa puede incluir propuestas de rehabilitación, mediante técnicas de reparación o refuerzo estructural, o en casos extremos, la demolición controlada de elementos irreversibles. Las acciones sugeridas deben estar sustentadas en el diagnóstico previo, considerando criterios de viabilidad técnica, económica y de seguridad.



Imagen 2. Proceso del estudio patológico.
fuente: Documento de apoyo del curso especial en evaluación de estructuras.

2.5.2 Personal que intervine en un estudio patológico.

Especialista en Patología, para la dirección de los estudios, profesionales y actividades a realizar para auscultar, evaluar y diagnosticar el problema. Profesional con formación integral que le permita poder tener en cuenta todas las posibles variables y sus repercusiones en la edificación u obra

Especialista en Geotecnia, para que analice las condiciones de los suelos y las soluciones de cimentación; para verificar que sean las adecuadas para la edificación y cumplan con todos los requerimientos de la norma sismo resistente. Esta adicionalmente puede requerir de estudios de suelos que le permitan verificar información, mediante la realización de sondeo y apiques para posteriormente realizar ensayos de laboratorio a los materiales y poder caracterizarlos.

Especialista en estructuras, para valorar a la luz de las normas si la solución estructural plantea o utilizada cumple a cabalidad con todos los requerimientos que garanticen su estabilidad. En este punto es importante recalcar que no debería realizarse ningún estudio de patología sin realizar a la estructura un estudio de evaluación según lo requerido por las normas vigentes.

Ingeniero químico o químicos, ya que algunas de las patologías se originan por fenómenos químicos que ocurren en los componentes de elementos de las edificaciones, como por ejemplo con el cemento Portland o el acero de refuerzo, por mencionar algunos de los más comunes

Técnico de laboratorio de materiales, ya sea requerido por el estructural para verificar la condición de algún(os) material(es) o por el patólogo según su criterio. Aquí se pueden tanto realizar ensayos no destructivos como destructivos, para obtener información. Incluso se puede llegar a requerir de pruebas de carga con toda la instrumentación pertinente

Arquitecto, en caso de que se requiera preservar algún bien de carácter patrimonial, para poder orientar las alternativas de 3 recuperación o reforzamiento sin que se pierda su valor arquitectónico o histórico.

Ingenieros auxiliares, para el levantamiento completo de todos los síntomas, bajo la dirección del patólogo. Esto con el fin de realizar un mapeado completo que le permita al experto poder visualizar en forma integral la problemática.

Proveedor de materiales, equipos y técnicas constructivas para soportar la incidencia de estas tanto en la fase de construcción, como en la de uso, sin perder en cuenta el tema de mantenimiento, poco utilizado en nuestro medio y que muchas veces es el origen de los problemas.

2.6 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El objetivo de la metodología es establecer un procedimiento técnico que permita clasificar, de forma estandarizada y rápida, el nivel de daño que ha sufrido una edificación como consecuencia de un sismo. Esta clasificación permite identificar si una edificación puede continuar siendo utilizada, debe restringirse su uso o debe ser evacuada completamente⁴.

En cuanto a su alcance, esta metodología se aplica a:

- Edificaciones construidas con sistemas estructurales convencionales: concreto armado, mampostería confinada, estructuras de acero y mixtas.
- Edificaciones urbanas y rurales de distintos usos: residenciales, comerciales, escolares, hospitalarios, patrimoniales.
- Evaluaciones inmediatas posteriores a un evento sísmico, en contextos donde se requiere rapidez y cobertura masiva de inspecciones.

⁴ (GRANADOS MEJIA & LEMUS HERNÁNDEZ, 2003)

Asimismo, esta herramienta puede ser utilizada por organismos de protección civil, ingenieros estructurales, arquitectos, personal técnico entrenado, y autoridades municipales o nacionales encargadas de la gestión del riesgo y la recuperación post-desastre.

2.6.1 FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN

La evaluación de daños post-sismo parte de principios fundamentales de comportamiento estructural, vulnerabilidad sísmica, y observación de patologías constructivas. Entre los elementos clave se encuentran:

- La identificación de daños visibles que puedan comprometer la integridad estructural: fisuras diagonales en muros, columnas inclinadas, vigas fracturadas, desprendimiento de elementos pesados, colapso parcial.
- El análisis del contexto sísmico: intensidad del movimiento, duración, tipo de onda predominante, geología local, tipo de suelo.
- El reconocimiento de las condiciones de vulnerabilidad preexistentes, como construcciones informales, materiales de baja calidad, falta de mantenimiento, y ausencia de diseño estructural adecuado.

Se parte de la premisa de que los daños estructurales tienen patrones reconocibles que, con una formación básica, pueden ser identificados mediante inspección visual sin necesidad de equipos especializados. Esto permite una evaluación expedita, aunque no exhaustiva, del estado del edificio.

2.6.2 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El procedimiento de evaluación de daños en un edificio sigue una estructura secuencial y lógica, organizada en tres etapas fundamentales que aseguran un análisis adecuado del estado del inmueble. Cada etapa es crucial para garantizar la precisión en la identificación de los daños y la posterior toma de decisiones. A continuación, se describe con mayor detalle cada una de las etapas:

1. Recolección de Información Preliminar: La recolección de información preliminar es un paso inicial vital para establecer una base sólida sobre la cual se realizará la evaluación. En esta etapa, se reúnen todos los datos relevantes del edificio, que incluyen:

Datos generales del inmueble: tales como su dirección, el tipo de uso (residencial, comercial, industrial, entre otros), año de construcción, número de niveles o pisos y tipo de sistema estructural utilizado (como concreto armado, acero, madera, etc.).

Condiciones visibles del entorno: se examina el entorno inmediato del edificio, observando factores que puedan influir en su estabilidad, como el terreno, la presencia de otras estructuras cercanas o riesgos externos (inundaciones, movimientos sísmicos, etc.).

Antecedentes de daños anteriores: se investigan daños previos en el edificio, así como intervenciones pasadas para repararlos, si las hay. Esta información puede ayudar a identificar patrones recurrentes y a prever futuros problemas.

Planos del edificio: si están disponibles, se recopilan planos arquitectónicos y estructurales que ayuden a entender la distribución de los elementos del edificio y la ubicación de sus principales componentes.

2. Inspección Visual Rápida: Una vez recopilada la información preliminar, se lleva a cabo una inspección visual rápida. Esta etapa tiene como objetivo identificar, de manera general, los daños visibles en los componentes estructurales y no estructurales del edificio. La inspección se realiza recorriendo cada área del inmueble y observando detalladamente los siguientes aspectos:

Componentes estructurales: como cimientos, columnas, vigas, losas, y estructuras de soporte. Se busca cualquier signo de grietas, deformaciones o fallas que puedan comprometer la estabilidad del edificio.

Componentes no estructurales: como paredes interiores, ventanas, puertas, instalaciones eléctricas, plomería y otros elementos que, aunque no afectan la estabilidad general, pueden tener implicaciones en la funcionalidad y seguridad del edificio.

Documentación: se utilizan formatos estandarizados para registrar las observaciones, lo que incluye la localización exacta de los daños, la orientación (horizontal, vertical), su severidad (leve, moderado, grave) y la extensión (área afectada).

Fotografía y croquis: se toman fotografías detalladas y se elaboran croquis esquemáticos que permiten visualizar de manera clara la ubicación y extensión de los daños. Estos documentos servirán como base para la posterior clasificación y toma de decisiones.

3. Clasificación del Daño y Recomendación: Con base en la inspección visual, se procede a clasificar los daños según su severidad, lo que determinará las acciones a seguir:

Verde: el edificio no presenta daños estructurales visibles o significativos, por lo que se considera seguro para su uso. No se requieren medidas inmediatas, aunque podrían necesitarse mantenimientos preventivos.

Amarillo: se han detectado daños moderados que podrían comprometer parcialmente la funcionalidad del edificio o la seguridad en determinadas áreas. Aunque el uso no está completamente prohibido, se recomienda una evaluación más detallada y se restringen ciertas actividades o áreas del edificio hasta obtener más información.

Rojo: el daño es severo o incluso se ha producido un colapso parcial o total en algunas áreas. El uso del edificio está prohibido, y se deben tomar medidas urgentes para la evacuación de personas, la delimitación de las zonas de riesgo

y la planificación de intervenciones estructurales inmediatas para evitar accidentes.

Este proceso de clasificación y recomendación es crucial para una toma de decisiones efectiva, permitiendo actuar rápidamente para salvaguardar la seguridad de los ocupantes y priorizar las intervenciones más urgentes. La implementación de medidas correctivas dependerá de la gravedad de los daños y la clasificación obtenida durante esta etapa.

2.7 DAÑOS TÍPICOS.

Se define como daño típico, aquel daño que es recurrente tanto en características como en magnitud en cualquier elemento de una estructura.

Los daños típicos pueden catalogarse como leves, moderados, graves o severos, dependiendo de la pérdida de resistencia o estabilidad que experimente el elemento en el que se dé dicho daño. En base a observaciones de sismos pasados en El Salvador, se pueden establecer tres causas principales de daños típicos en edificios⁵:

1. Daños por configuración estructural inadecuada.
2. Daños por defectos de resistencia, rigidez y ductilidad.
3. Daños por defectos de diseño.

2.7.1 Daños por configuración estructural inadecuada.

La configuración y diseño de una edificación está relacionada con la forma, el tipo, la disposición, la resistencia, la geometría, entre otros aspectos que puedan

⁵ (GRANADOS MEJIA & LEMUS HERNÁNDEZ, 2003)

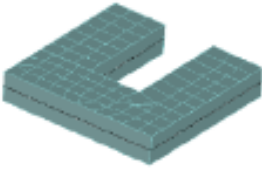
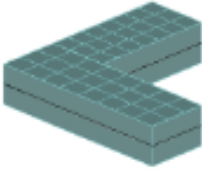
presentar los diferentes elementos estructurales o la edificación completa, como un conjunto dentro de un enfoque global.

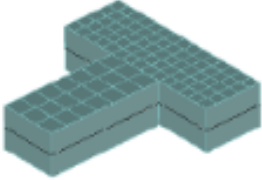
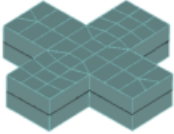
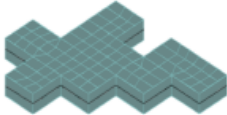
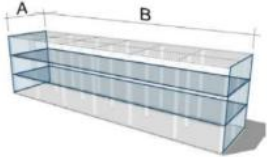
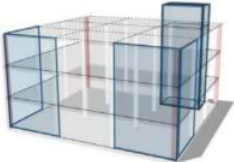
Podemos distinguir algunos casos descritos a continuación:

- Concentraciones de masas
- Columnas débiles
- Pisos Blandos
- Falta de Redundancia
- Excesiva flexibilidad estructural
- Excesiva flexibilidad del Diafragma
- Riesgo Torsional

A continuación, en Tabla 1 y Tabla 2, se muestran las irregularidades no recomendadas:

2.7.1.1 Irregularidades en planta no recomendadas:

DESCRIPCION	FIGURA
Irregularidad en forma de U	
Irregularidad en forma de L	

DESCRIPCION		FIGURA	
Irregularidad en forma de T			
Irregularidad en forma de X			
Irregularidad múltiple			
IRREGULARIDAD	FIGURA	CONDICIÓN	
Planta alargada		$\frac{B}{A} \geq 4$	
Asimetría en rigidez			

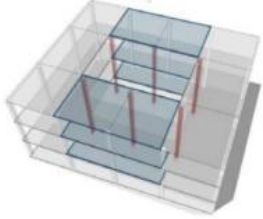
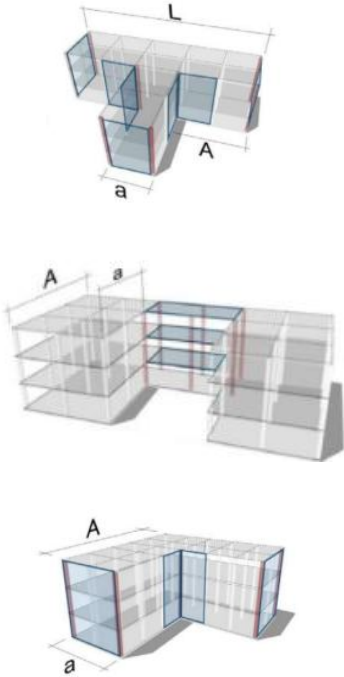
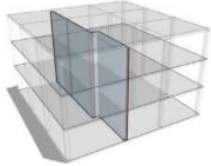
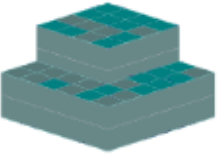
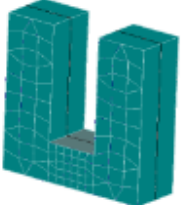
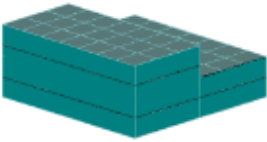
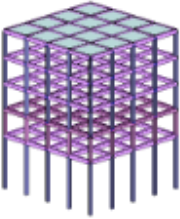
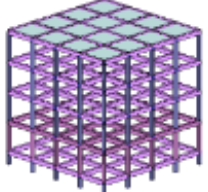
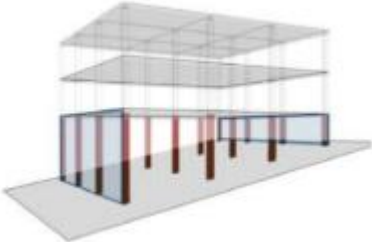
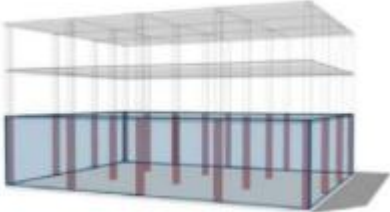
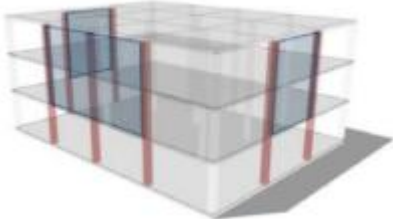
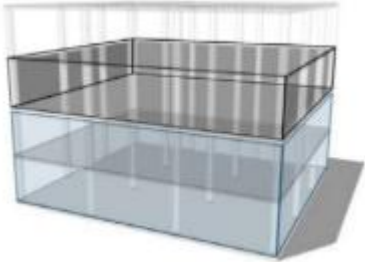
DESCRIPCION	FIGURA	FIGURA
<p>Discontinuidad del diafragma</p>		<p><i>Area abertura</i> $\geq 50\%$ <i>Area bruta</i></p>
<p>Esquinas entrantes</p>		<p>$\frac{a}{A} \geq 0.15$</p>
<p>Deslizamiento fuera del plano</p>		

Tabla 1. Irregularidades no recomendadas.
 fuente: propia.

2.7.1.2 Irregularidades en elevación no recomendadas.

DESCRIPCION	FIGURA
<p>Variación abrupta en elevación de sistema sismo resistente entre pisos consecutivos</p>	
<p>Variación de rigidez en sistema vertical en cuerpos distintos de un edificio</p>	
<p>Variación de ubicación del sistema sismo resistente entre un nivel y otro</p>	
<p>Columna muy esbelta en el primer nivel en comparación con los otros niveles</p>	
<p>Columnas muy cortas en el primer nivel en comparación con los otros niveles</p>	

IRREGULARIDAD	FIGURA	CONDICIÓN
Edificio en colina		
Doble altura de columna		$Rigidez_{\text{piso } i} \leq 0.70 Rigidez_{\text{piso } i+1}$
Muros discontinuos		
Irregularidad en masa		

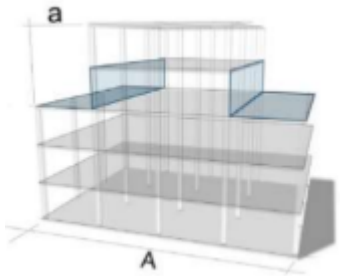
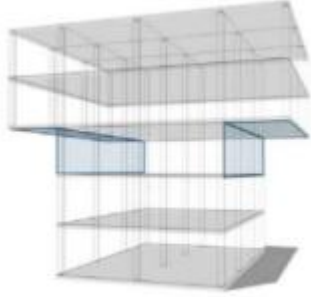
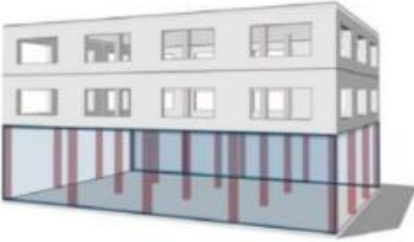
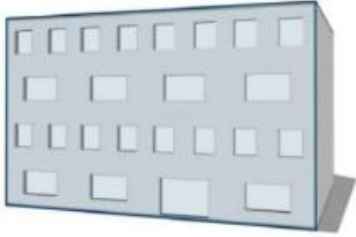
IRREGULARIDAD	FIGURA	CONDICIÓN
Irregularidad Geométrica Vertical		$\frac{a}{A} \geq 0.30$
		
Discontinuidad en la Capacidad – Piso débil		$Rigidez_{\text{piso } i} \leq 0.80 Rigidez_{\text{piso } i+1}$
Discontinuidad en el Plano de los Elementos Verticales		

Tabla 2. Irregularidades en elevación no recomendadas.
fuente: propia.

2.7.2 Daños por defectos de resistencia, rigidez y ductilidad.

2.7.2.1 Tipos de fallos en columnas de concreto reforzado.

- Falla frágil de cortante en columnas acortadas por el efecto restrictivo al desplazamiento acusado por elementos no estructurales.

La intersección entre elementos no estructurales, tales como muros divisorios de mampostería, y las columnas de marcos de concreto, provoca concentraciones de fuerza cortante en los extremos libres de las columnas, mismas que tienden a fallar frágilmente por cortante.

Esto conduce a que la porción libre de la columna adquiera mucha mayor rigidez en comparación de las demás columnas del mismo piso, que no están confinadas ni restringidas, en ninguno de sus lados, por elementos no estructurales, generándose así elevados esfuerzos de corte en la columna corta dando lugar a consecuencias desastrosas. En imagen 3 se observa, de manera esquemática, algunos daños provocados a causa de columna corta.

Ante la insuficiente ductilidad de la columna acortada, la falla se genera por tensión diagonal producida por elevados esfuerzos cortantes y es más frágil respecto a la de las columnas no restringidas parcialmente debido a que su longitud deformable es mucho menor. Esta situación puede evitarse si se deja suficiente separación entre la columna y el muro de relleno para que así ésta se deforme libremente durante la sollicitación sísmica.

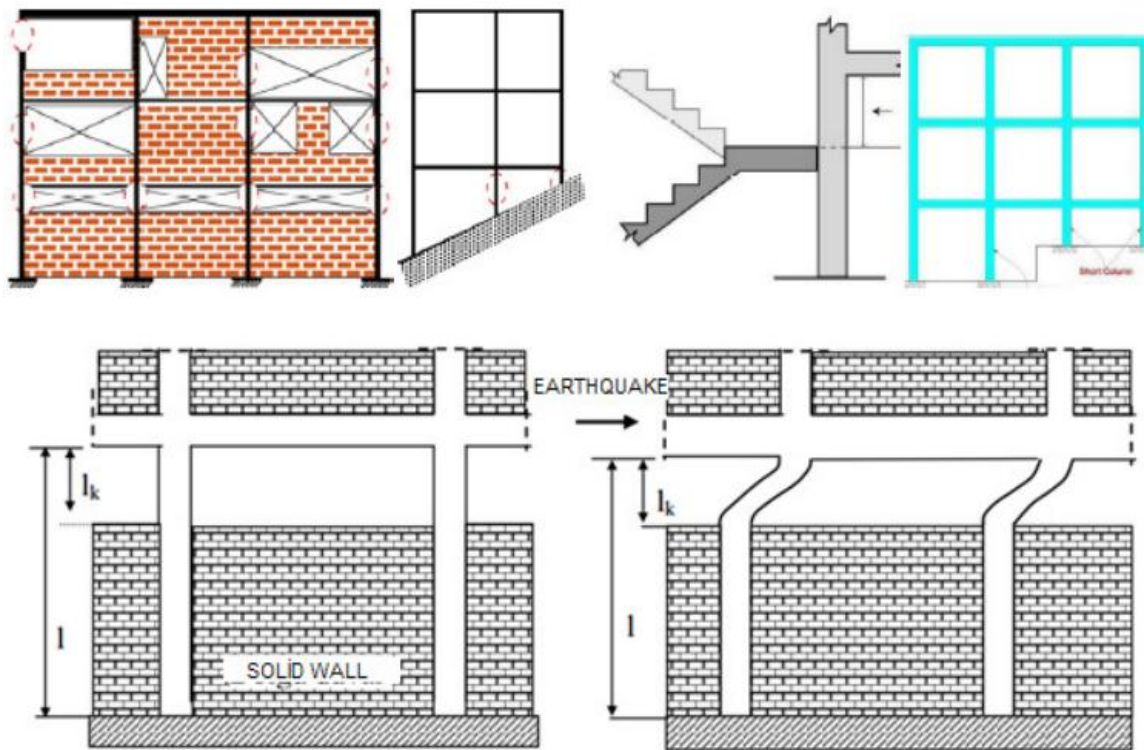


Imagen 3. Daño por columna corta
 fuente: *construction and design defects in the residential buildings and observed earthquake damage types in turkey.*

– Falla frágil de cortante y tensión diagonal

Este tipo de falla se origina debido a la gran concentración de refuerzos que se producen precisamente en los extremos de las columnas por las elevadas acciones internas como son una carga axial, fuerza cortante y momento flector, causadas por las fuerzas sísmicas. Muchas estructuras se han colapsado como resultado de un inadecuado confinamiento del núcleo de concreto en columnas. El mismo tipo de falla puede presentarse también en secciones intermedias y superiores de las columnas. El confinamiento del núcleo de concreto evita también la falla por tensión diagonal producida por fuerza cortante. Este tipo de falla está caracterizado por la formación de grietas inclinadas. En imagen 4 se observa daño por tensión diagonal encontrado en el edificio en estudio.



*Imagen 4. Daño por tensión diagonal
fuente: propia*

- Falla por adherencia del bloque de unión en las conexiones viga -columna debida al deslizamiento de las varillas ancladas o a falla de cortante.

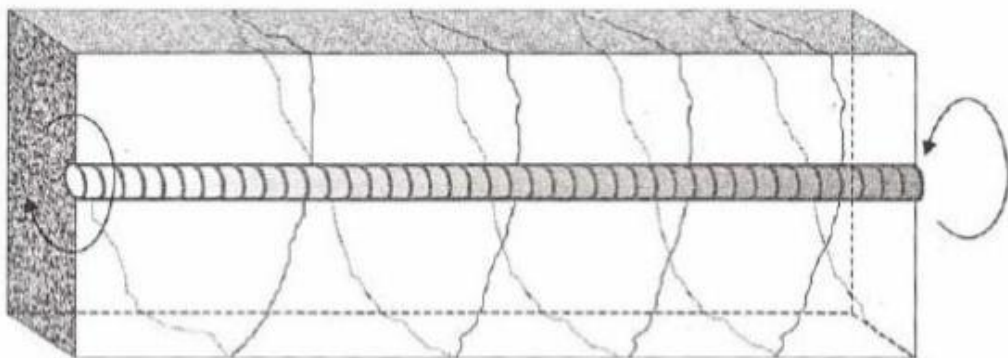
Con frecuencia, las conexiones entre los distintos elementos estructurales se presentan elevadas concentraciones y complejas condiciones de refuerzos, mismos que han conducido a distintos y numerosos casos de falla especialmente en las uniones entre muros y losas de estructuras a base de paneles, entre vigas y columnas en estructuras de marcos, entre columnas y losas planas, y entre columnas y cimentaciones (ver imagen 5).



*Imagen 5. Daño en unión viga columna
fuente: construction and design defects in the residential buildings and observed earthquake
damage types in turkey.*

– Fallas Por Torsión.

Las fisuras por torsión también son oblicuas pero continuas y en espiral. Atraviesan completamente la sección de los miembros afectados (ver imagen 6).



*Imagen 6. Daño por torsión
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de edificaciones en el área metropolitana de san
salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001*

– Fallas Por Compresión

Si se rebasa la capacidad resistente del elemento en compresión, entonces ocurre una fisuración que es paralela a la dirección de carga del elemento. Cuando el patrón de fisuración es oblicuo, puede estar indicando que el hormigón está seco (ver imagen 7).

– Fallo por flexión:

La falla por flexión en vigas o columnas de concreto reforzado se inicia con el agrietamiento del concreto en el lado de las tensiones en donde el acero de refuerzo debe contribuir a soportar dichas fuerzas (ver imagen 7).

– Fallo por pérdida de recubrimiento:

Ya sea por compresión pura o por compresión y flexión, cuando el elemento llega a su capacidad de compresión lo primero que ocurre es el desgaste del recubrimiento que se desprende y deja expuesto el acero y el núcleo de concreto de la columna; así se reduce el área de concreto de esta y, por lo mismo, también se ve reducida su capacidad de resistencia.

– Fallo por flexo compresión:

La flexo-compresión en columnas se presenta como producto de la combinación de momentos flexionantes y carga axial de compresión a lo largo de su vida útil, que se incrementan cuando sucede un sismo.



Imagen 7. Daños en columnas

fuelle: Documento de apoyo del curso especial en evaluación de estructuras

2.7.2.2 Tipos de fallos en vigas de concreto armado.

- Daños debido a la flexión: Se manifiestan mediante fisuras, puede producirse en el centro de la longitud, se inicia en la zona de tracción y progresa en vertical curvándose al alcanzar la zona de compresión
- Daños debido a cortante: Se manifiestan como fisuras inclinadas próximos a los apoyos de la viga.
- Daños debido a torsión: Son grietas transversales e inclinadas similares a las fisuras de corte siguen particularmente un patrón de espiral que atraviesa toda la sección del elemento.

En imagen 8 se observa esquemáticamente los daños comunes en vigas.

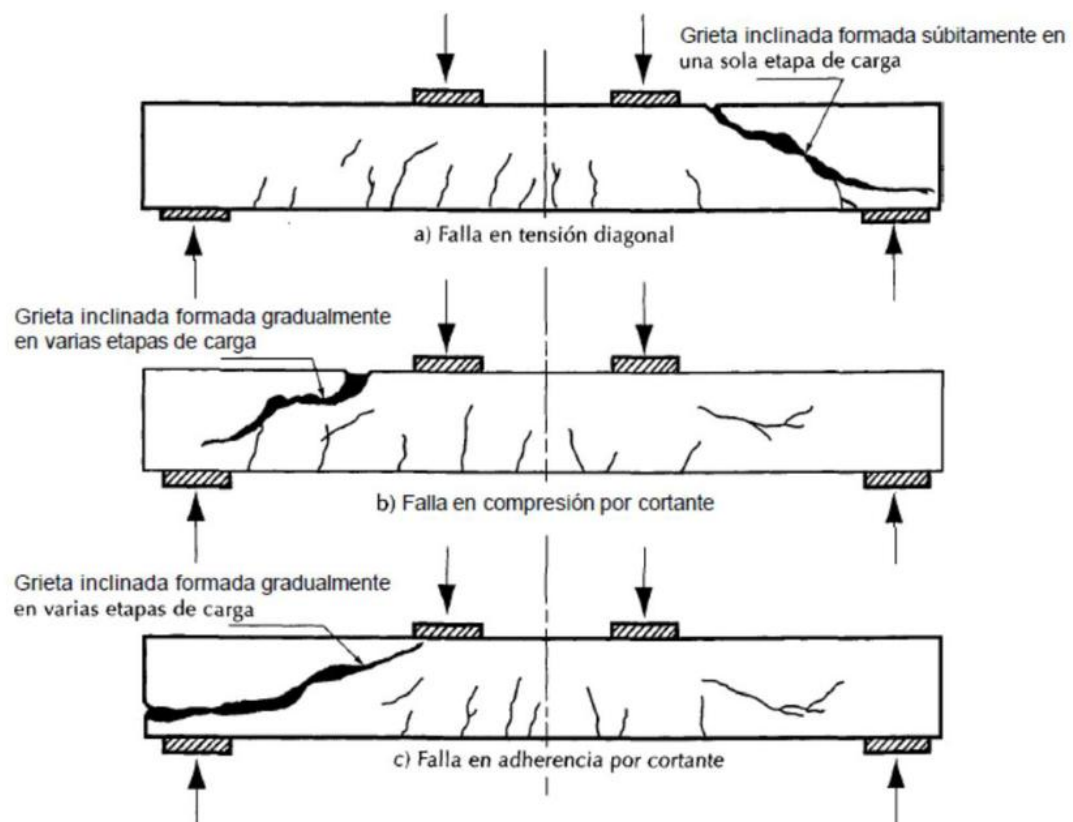


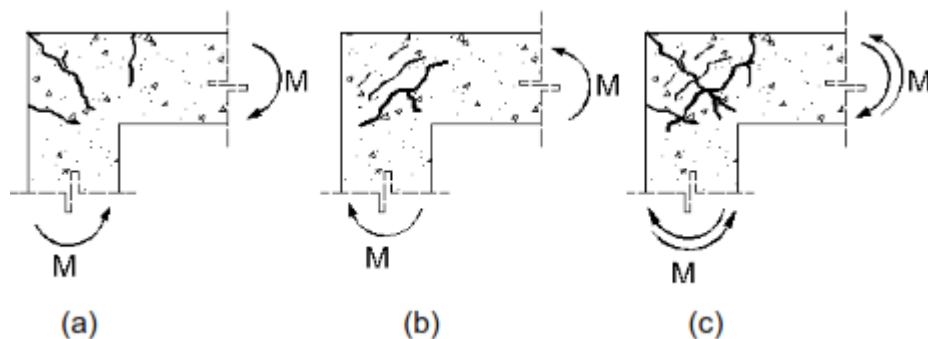
Imagen 8. Daños en vigas

fuelle: Plataforma Educativa del área Tecnológica de la Facultad de Arquitectura - UMSNH

2.7.2.3 Tipos de fallos en uniones de concreto reforzado.

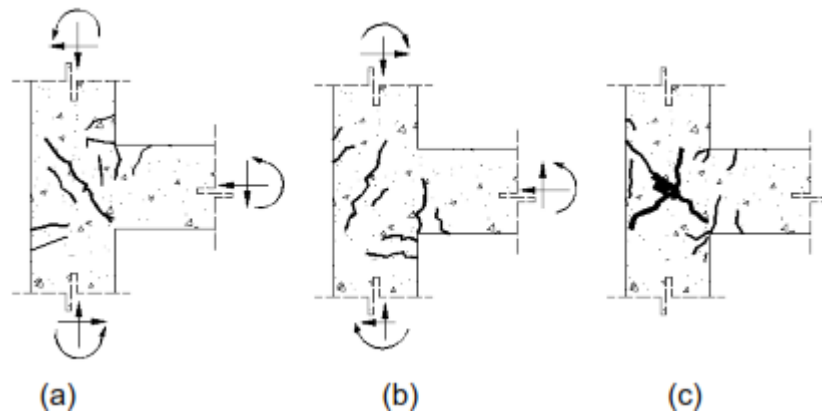
El daño en las uniones vigas-columnas, aun en etapas prematuras de agrietamiento, debe ser considerado como peligroso para la estructura y debe ser tratado acordeamente. Los daños de este tipo reducen la rigidez del elemento estructural y conducen a incontrolables redistribuciones de los efectos de las cargas.

Las fallas más comunes en uniones vigas-columnas (unión de esquina, unión exterior de estructuras de múltiples pisos y uniones interiores) son presentadas a continuación:



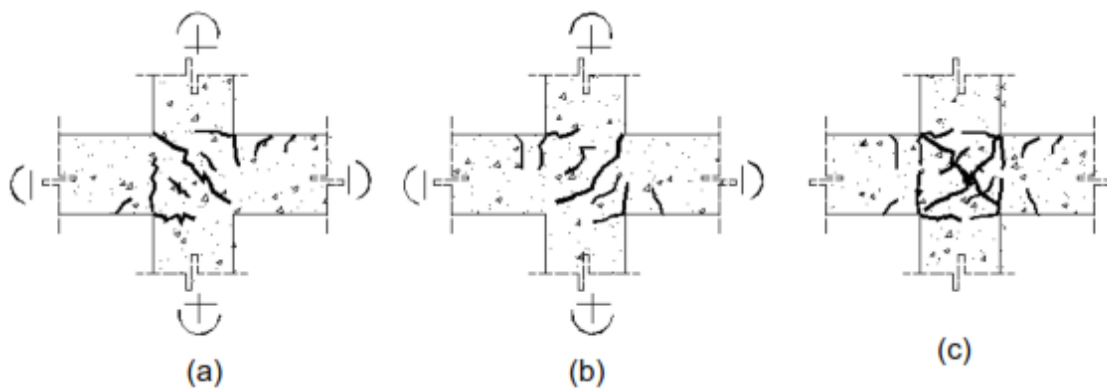
*Imagen 9. Daños en unión de esquina
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de edificaciones en el área metropolitana de san salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001.*

Fallas en nudos viga-columna en esquina: (a) momentos que sujetan a la fibra interior a compresión; (b) momentos que sujetan a la fibra interior a tensión; (c) carga por momento cíclico (ver imagen 9).



*Imagen 10. Daños en unión exterior de estructuras de múltiples pisos
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de edificaciones en el área metropolitana de san salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001*

Fallas en nudos exteriores viga-columna de un edificio de varios niveles: (a) momentos que inducen compresión en la fibra superior de la viga; (b) momentos que inducen compresión a la fibra inferior de la fibra; (c) carga por momento cíclico (ver imagen 10).



*Imagen 11. Daños en uniones interiores
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de edificaciones en el área metropolitana de san salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001*

Fallas en nudos interiores de viga-columna: (a) acción sísmica en la dirección de derecha a izquierda; (b) acción sísmica en la dirección de izquierda a derecha; (c) acción cíclica por sismo (ver imagen 11).

2.7.2.4 Tipos de fallos en losas.

- Daños debido a flexión: Se manifiestan mediante fisuras a 45° que van del centro de la losa a los apoyos externo (ver imagen 12), generalmente en forma simétrica.

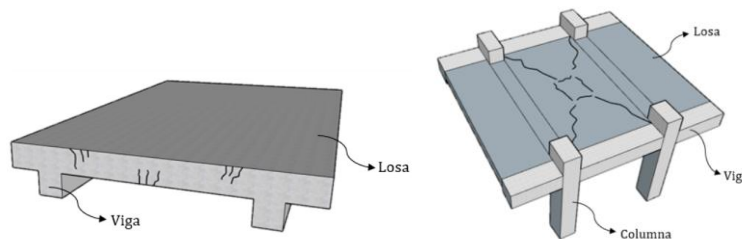


Imagen 12. Daños debido a flexión
fuente: <https://www.libreingenieriacivil.com/>

- Daños debido a torsión: Se manifiestan mediante fisuras a 45° en los cambios y/o esquinas de losas (ver imagen 13).

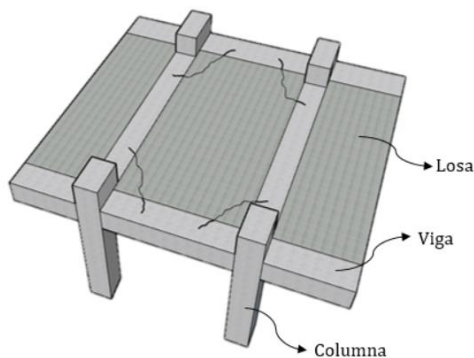


Imagen 13. Daños debido a torsión
fuente: <https://www.libreingenieriacivil.com/>

- Daños debido a punzonamiento: son fisuras que se producen en el plano superior en la unión columna – losa, se originan alrededor de la losa en forma radial y circunferencial simultáneamente (ver imagen 14), es frecuente en losas sin vigas intermedias.

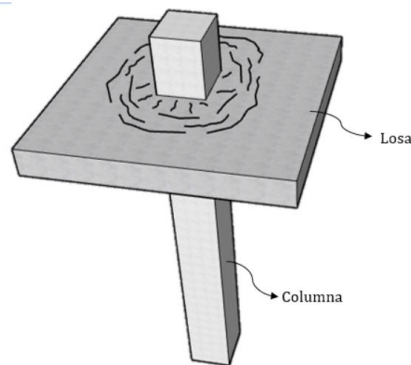


Imagen 14. Daños debido a punzonamiento
fuente: <https://www.libreingenieriacivil.com/>

2.7.3 Daños por defectos de diseño.

En cuanto a los defectos de diseño, se ha observado en sismos pasados que los siguientes errores se han presentado de manera repetida⁶

- En edificios antiguos, el empleo de armadura de refuerzo lisa en columnas
- Estribos de columnas deficientes en diámetro y espaciamiento con ganchos a 90°
- Falta de estribos en los nudos viga-columna
- Fallas de los anclajes o traslapes de armaduras, particularmente en columnas.

⁶ (GRANADOS MEJIA & LEMUS HERNÁNDEZ, 2003)

2.8 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Los ensayos no destructivos que se implementan en estructuras de concreto tienen como finalidad estimar las propiedades del concreto, se caracterizan por no causar daños estructurales significativos en los elementos estudiados. Estos ensayos son utilizados normalmente para:

- Evaluar la uniformidad del concreto.
- Identificar áreas donde es ideal hacer ensayos destructivos (extracción de núcleos).
- Estimación de la resistencia del concreto.
- Evaluar la calidad del concreto.
- Evaluar la dureza superficial de estructuras del concreto.

Si bien antes se menciona, que estos ensayos permiten estimar la resistencia del concreto, es importante indicar que estos ensayos no destructivos NO se deben utilizar por sí solos para dicha finalidad, siempre deben ir acompañados de pruebas de extracción de núcleos para poder determinar la resistencia del concreto. La manera que permite establecer valores de resistencia mediante ensayos no destructivos es bajo una previa correlación entre una serie de pruebas conjuntas entre núcleos y ensayos NDT.

Existe una variedad de ensayos no destructivos aplicables para la evaluación de estructuras; entre ellos, se encuentran Número de Rebote, Pulso Ultrasónico, entre otros.

A continuación, se detalla el resumen y alcance de ensayos no destructivos que se han implementado en este trabajo.

2.8.1 Pachómetro (ACI 228.2, CAPITULO 2.5)

La medición con este equipo permite determinar la posición de las barras de acero de refuerzo y la dirección de estas en una pantalla digital. Al mismo tiempo, nos proporciona información aproximada de la profundidad a la que dichas barras se encuentran, de modo que nos permite conocer el recubrimiento de las armaduras en el elemento en estudio.

En ocasiones se necesitan realizar dictámenes estructurales, peritajes estructurales, o analizar la capacidad de carga de una estructura vieja de concreto reforzado y no se cuenta con los planos originales. Esto tiene como resultado la incertidumbre acerca del acero de refuerzo puesto que la cantidad de acero, el diámetro de la varilla, su orientación y profundidad no se conoce.

Por otra parte, cuando se requiere extraer núcleos de concreto, es conveniente no taladrar a través del acero de refuerzo ya que esto daña la estructura. A la vez, el Instituto Americano del Concreto no acepta obtener la resistencia a compresión de núcleos/testigos incluyendo refuerzo como base para determinar la resistencia a compresión.

El uso de este equipo ofrece:

- Localización de acero de refuerzo longitudinal y transversal en elementos como columnas, vigas, losas, y otros elementos estructurales de concreto reforzado.
- Diámetro de la varilla de refuerzo a una precisión de ± 1 número de varilla.
- Recubrimiento del concreto.

Funcionamiento

Cuando la corriente fluye a través de una bobina eléctrica, se crea un campo magnético y hay un flujo de líneas de flujo magnético entre los polos magnéticos.

Esto conduce a un circuito magnético, en el que el flujo de flujo magnético entre polos es análogo al flujo de corriente en un circuito eléctrico (*Fitzgerald et al., 1967*). La resistencia al flujo de flujo magnético se llama reluctancia, que es análoga a la resistencia al flujo de corriente en un circuito eléctrico.

2.8.2 “Método de prueba estándar para el número de rebote del concreto endurecido” (ASTM C 805)

Resumen del método

Un martillo de acero impacta, con una cantidad de energía predeterminada, un émbolo de acero entra en contacto con una superficie de concreto de modo que se mide la distancia que rebota el martillo. El número de rebote que se registra corresponde a un valor adimensional.

Se debe sujetar el instrumento en una posición perpendicular a la superficie de prueba, se empuja gradualmente el instrumento hacia la superficie de prueba hasta que este impacte. Luego del impacto se mide el número de rebote al entero más cercano. Se deben tomar diez lecturas de cada área de prueba a una distancia de al menos 25 mm (1”) entre sí y la distancia entre los puntos de impacto y los bordes del elemento debe ser al menos 50 mm (2”).

Importancia y uso

Es aplicable para evaluar la uniformidad del hormigón en el lugar, para delinear variaciones de calidad en el concreto a lo largo de la estructura.

El número de rebote se ve afectado por factores como el contenido de humedad de la superficie de prueba, el tipo de material de encofrado o el tipo de acabado que

presenta la superficie en estudio, la distancia vertical desde el fondo de una colocación de concreto y la profundidad/nivel de carbonatación.

Diferentes instrumentos con el mismo diseño nominal pueden arrojar valores de rebote que difieren entre 1 y 3 unidades; es por ello por lo que cuando se requiere comparar pruebas es importante que estas sean realizadas utilizando el mismo instrumento.

Las relaciones entre el número de rebote y la resistencia del concreto (estimada) que proporciona en el fabricante (ver imagen 15) se deben utilizar únicamente para proporcionar estimaciones de la resistencia del concreto en diferentes puntos del mismo elemento/estructura.



Imagen 15. Correlación típica de martillos de rebote.

fuelle: <https://geotecniafacil.com/martillo-schmidt-rocas/>

Si la intención es utilizar este método de ensayo para estimar la resistencia del concreto, es necesario establecer una relación entre la resistencia y el número de rebote para el concreto y un instrumento determinado. Se debe establecer la relación correlacionando los números de rebote de la estructura con las resistencias medidas de los núcleos extraídos en los puntos correspondientes.

Se deben tomar al menos dos núcleos de al menos seis puntos con diferente número de rebote; estos son seleccionados de modo que se obtenga un amplio rango de índice de rebote de la estructura. Esta correlación es aplicable a números de rebote que mantenga la orientación de los puntos en análisis. Los puntos donde se estima la resistencia deben tener una textura superficial similar y haber estado expuestos a condiciones similares a la de los puntos donde se tomaron los núcleos utilizados para la correlación.

Si se usan muestras de probetas moldeadas para determinar una correlación, esta puede no proporcionar una relación confiable debido a la textura de la superficie y la profundidad de carbonatación de las muestras moldeadas, pues estas muestras generalmente no son representativas del concreto “in situ”.

Este método de prueba no es adecuado como base para la aceptación o rechazo de la resistencia del concreto.

2.8.3 “Método de prueba estándar para la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto” (ASTM C 597)

Resumen del método

Un transductor electroacústico que se mantiene en contacto con una superficie de concreto ensayado genera pulsos de ondas ultrasónicas de tensión longitudinal. Tras atravesar el concreto, un segundo transductor, ubicado a una distancia L del transmisor, recibe los pulsos y los convierte en energía eléctrica. El tiempo de tránsito T se mide electrónicamente. La velocidad del pulso ultrasónico se determina dividiendo L entre T .

En imagen 16 se presenta de manera esquemática el mecanismo de funcionamiento del aparato utilizado para este ensayo.

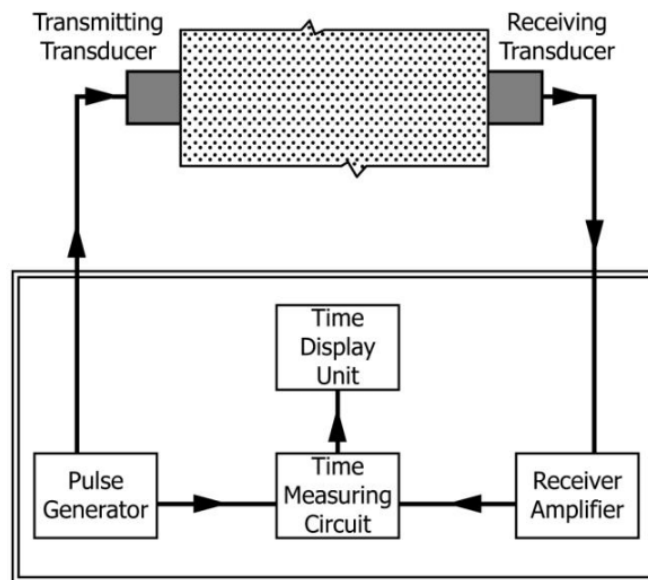


Imagen 16. Esquema del aparato para la velocidad del pulso ultrasónico
fuente: ASTM C 597-22.

Para obtener los mejores resultados, coloque los transductores uno frente al otro (método directo). No debe utilizar mediciones a lo largo de la misma superficie (método indirecto) a menos que solo sea accesible una cara de la estructura, ya que dichas mediciones pueden ser indicativas únicamente de las capas superficiales y las velocidades de pulso calculadas no coincidirán con las obtenidas mediante transmisión directa.

Importancia y uso

La velocidad del pulso ultrasónico, V , de las ondas de tensión ultrasónicas longitudinales en una masa de concreto está relacionada con sus propiedades elásticas y densidad de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V = \sqrt{\frac{E(1 - \mu)}{\rho(1 + \mu)(1 - 2\mu)}}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad dinámico.
- μ : Coeficiente de Poisson dinámico.
- ρ : densidad.

Este ensayo se aplica para evaluar la uniformidad y la calidad relativa del concreto, para detectar la presencia de huecos o grietas y para evaluar la eficacia de las reparaciones de grietas. También es aplicable para indicar cambios en las propiedades del concreto y, en inspecciones estructurales, para estimar la gravedad del deterioro o la fisuración. Si se utiliza para monitorear cambios en el estado a lo largo del tiempo, se debe marcar los puntos de ensayo en la estructura para garantizar que los ensayos se repitan en los mismos puntos.

El grado de saturación del concreto afecta la velocidad del pulso ultrasónico, factor que debe tenerse en cuenta al evaluar los resultados de los ensayos. Además, la velocidad del pulso ultrasónico en el concreto saturado es menos sensible a los cambios de su calidad relativa. La velocidad del pulso ultrasónico en concreto saturado puede ser de hasta un 5% mayor que en concreto seco.

La velocidad del pulso ultrasónico es independiente de las dimensiones del elemento de ensayo, siempre que las ondas son reflejadas en los límites no dificulten la determinación del tiempo de llegada del pulso transmitido directamente.

La precisión de la medición depende de la capacidad del operador para determinar con precisión la distancia entre los transductores y del equipo para medir con precisión el tiempo de tránsito del pulso ultrasónico. La intensidad de la señal recibida y el tiempo de tránsito medido se ven afectados por el

acoplamiento de los transductores a las superficies del concreto. La intensidad de la señal recibida también se ve afectada por la longitud de recorrido y por la presencia y el grado de agrietamiento o deterioro en el concreto ensayado.

La magnitud de medida en este método de prueba es el tiempo de tránsito, a partir del cual se calcula la velocidad aparente del pulso ultrasónico en función de la distancia entre los transductores. No todas las formas de deterioro o daño modifican la velocidad del pulso ultrasónico del material, pero sí afectan la trayectoria real del pulso ultrasónico desde el transmisor hasta el receptor. Por ejemplo, el agrietamiento inducido por la carga aumentará la longitud real del recorrido del pulso ultrasónico y, por lo tanto, el tiempo de tránsito medido. La longitud real del recorrido del pulso ultrasónico no se puede medir. Dado que la distancia entre el transductor transmisor y el receptor se utiliza en el cálculo, la presencia de agrietamiento resulta en una disminución de la velocidad aparente del pulso, aunque la velocidad real del pulso ultrasónico del material no haya cambiado. Muchas formas de agrietamiento y deterioro son de naturaleza direccional.

Los resultados obtenidos mediante este método de ensayo no deben considerarse como un medio para medir la resistencia ni como ensayo adecuado para determinar la conformidad del módulo de elasticidad del concreto de obra con el supuesto en el diseño. Se recomienda de resonancia longitudinal (ASTM C215) para determinar el módulo de elasticidad dinámico de las probetas obtenidas de concreto en obra, ya que no es necesario conocer el coeficiente de Poisson.

Si las circunstancias lo justifican, se puede establecer una relación velocidad – resistencia mediante la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico y la resistencia a compresión en varias muestras de concreto. Esta relación puede servir de base para la estimación de la resistencia mediante pruebas de velocidad

de pulso ultrasónico en dicho concreto. Consultar ACI 228.1R4 para obtener orientación sobre los procedimientos para desarrollar y utilizar dicha relación.

Este ensayo es aplicable tanto en pruebas de campo como de laboratorio, independientemente del tamaño o la forma de la muestra, dentro de las limitaciones de las fuentes de generación de pulsos disponibles.

Dado que la velocidad del pulso ultrasónico en el acero es hasta el doble que, en el concreto, la velocidad del pulso ultrasónico medida cerca del acero de refuerzo será mayor que en el hormigón simple de la misma composición. Si es posible, evite realizar mediciones cerca del acero en dirección paralela a la propagación del pulso.

CAPÍTULO 3: EDIFICIO EX CORREOS DE EL SALVADOR

3.1 GENERALIDADES

3.1.1 Antecedentes.

El ex Edificio de Correos de El Salvador fue inaugurado alrededor de 1972 y tiene una huella de construcción de aproximadamente 1,040 m². Actualmente es propiedad de Correos de El Salvador y fue diseñado para albergar sus oficinas y operaciones. Esta institución gubernamental es responsable de gestionar y operar el servicio postal en el país, garantizando la recepción, clasificación, transporte y entrega de correspondencia y paquetería, tanto a nivel nacional como internacional. A lo largo de su historia, ha jugado un papel clave en la comunicación y el intercambio de información en El Salvador, facilitando la conectividad y el acceso a servicios postales esenciales.

El 1 de marzo de 1977, las Oficinas Operativas de Correos de El Salvador fueron trasladadas desde el antiguo edificio, ubicado en la Avenida España y Calle Delgado (ver imagen 17), a un moderno y funcional inmueble denominado Edificio 6-B, situado en el Centro de Gobierno de San Salvador, contiguo al Edificio Administrativo (ver imagen 18).



*Imagen 17. Imagen del antiguo edificio de correos en la Avenida España
fuente: Internet*



*Imagen 18. Imagen de estampilla del edificio ex correos El Salvador
fuente: <https://lapagina.com.sv/>*

Durante el tiempo que el edificio estuvo en uso, éste se distribuida de modo que el sótano era utilizado como área de convivencia y reuniones, ya que contaba con un amplio salón; el primer nivel estaba destinado a la atención al cliente, e incluía el área de apartados postales y ventanillas para la atención del público; los niveles superiores eran utilizados como oficinas para el personal administrativo, mientras que en el último nivel se encontraba la oficina del director.

El 24 de octubre de 1977, se inauguró el sistema mecanizado en el Edificio Operativo, el cual sufrió daños durante el terremoto de 1986, lo que obligó a su retiro para reparar el edificio.

Como consecuencia del terremoto de octubre de 1986, el Edificio de Clasificación 6B del Correo Central también sufrió daños; sin embargo, los servicios postales no se interrumpieron. Se continuó operando a la intemperie bajo canopis instalados en el parqueo de clientes del Edificio Central, mientras se gestionaba la construcción de nuevas instalaciones. Finalmente, se construyeron cuatro galeras para albergar al personal de la Sección de Carteros y las Oficinas Operativas.

Como consecuencia de los daños ocasionados por el terremoto de 1986, el edificio fue declarado no habitable por una comisión evaluadora de daños, en el año 2008 (ver imagen 19). Desde entonces, ha permanecido en estado de abandono, lo que ha acelerado su deterioro estructural y funcional. Actualmente, el edificio carece de sistemas eléctricos e hidráulicos operativos, salvo algunas conexiones eléctricas provisionales en la primera planta, en el área que se utiliza como bodega.

COMITÉ
INTERINSTITUCIONAL
PERMANENTE.

NO HABITABLE

COMITÉ
INTERINSTITUCIONAL
PERMANENTE.

Esta edificación ha sido evaluada y fue clasificada como se indica en la parte superior (en letras grandes) debido a los siguientes aspectos:

La Edificación presenta una columna que ha fallado y daños de fuentes a modernar en pocos elementos estructurales, pero serios en pocas paredes de relleno la finales de Fachada

Nombre de la edificación y dirección: *Ex. 606 -
Piso de Centro de El Salvador
frente 5ª calle poniente y prolonga-
ción diagonal Universidad C. de Gds*

Recomendaciones: *Se recomienda No En-
trar en el edificio, remover los ele-
mentos No estructurales en peligro (de
cuerlocabado de marmol), apuntalar
de inmediato la columna que ha
fallado y realizar la evaluación
de Ingeniería*

Tipo de evaluación: *De Emergencia*

La evaluación fue: Interna
 Externa
 Completa

La entrada a la edificación es: Permitida
 Restringida
 No permitida

Código de Inspección: *0614-1002-1*

Fecha (D, M, A): *26 / 04 / 2008*

Hora (24:00): *9:15*

Informar a las autoridades (accidia, policía, bomberos) sobre cualquier daño que afecte la seguridad de los habitantes debido a réplicas del terremoto

No retirar este rótulo hasta que lo indiquen las autoridades.

*Imagen 19. Nota que declara no habitable el edificio
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de edificaciones en el área metropolitana de san salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001.*

Durante el tiempo posterior a su declaración de no habitable, sus instalaciones han sido utilizada como área de entrenamiento para el Cuerpo de Bomberos, lo que ha provocado daños adicionales. En el desarrollo de estas actividades de entrenamiento se han perforado losas y paredes de mampostería de relleno, y se han realizado ejercicios para control de incendios, dejando evidentes rastros de

estos en los niveles cuarto y quinto, los cuales presentan signos de haber sido afectados por incendios.

Además, el edificio ha perdido su cielo falso, y la mayoría de las ventanas de vidrio han sido retiradas o destruidas (ver imagen 20). En 2008, se recomendó la remoción del recubrimiento de mármol de las paredes exteriores para evitar riesgos por desprendimientos (ver imagen 21 e imagen 22). Sin embargo, al quedar expuestas las paredes de ladrillo de barro, estas han absorbido humedad, propiciando la proliferación de hongos y acelerando aún más su deterioro (ver imagen 21 y 22).

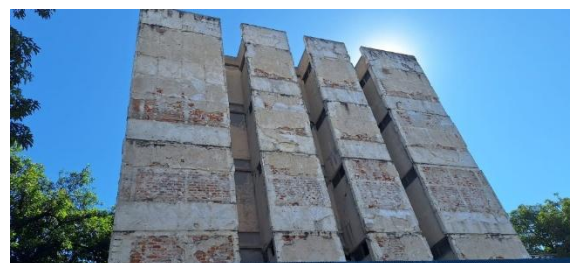
El estado actual de la edificación es crítico, con movilidad interna reducida debido a la acumulación de materiales almacenados en su interior, lo que representa un riesgo adicional para su integridad y seguridad.



*Imagen 20. Vista frontal actual
fuente: propia*



*Imagen 21. Recubrimiento de mármol año 2008
fuente: tesis Evaluación de daños típicos de
edificaciones en el área metropolitana de san
salvador ante los sismos ocurridos en 1986 y 2001.*



*Imagen 22. Vista lateral en la actualidad
fuente: propia*

3.1.2 Ubicación.

El edificio ex correos de El Salvador, se encuentra ubicado en la final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, municipio de San Salvador centro, departamento de San Salvador (ver imagen 23); con coordenadas geográficas 13.705626 N, -89.196643 W.

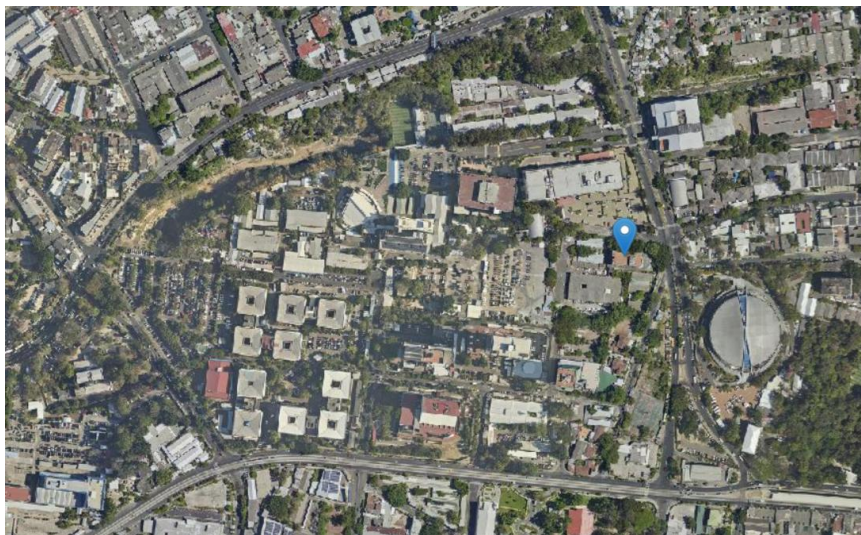
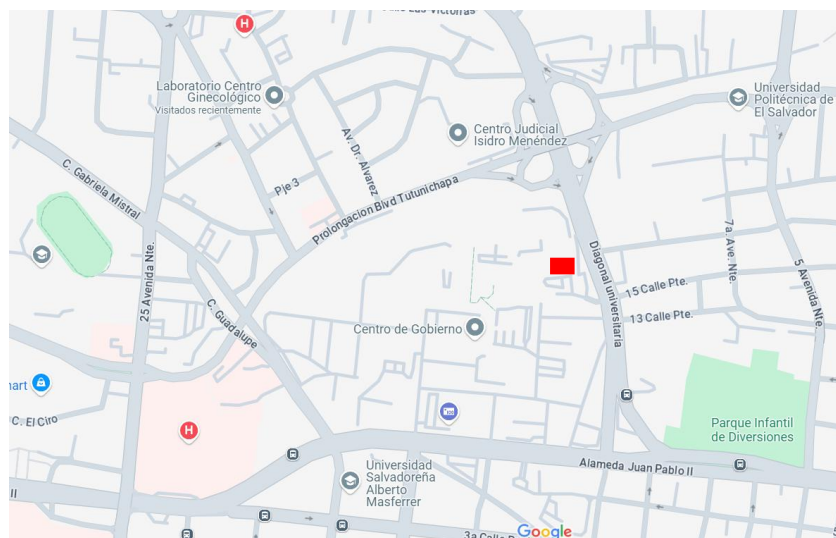


Imagen 23. Esquema de ubicación del edificio
fuente: Google Maps.

3.1.3 Colindantes.

Los entornos del terreno en estudio en los cuatro puntos cardinales son como se muestra en imagen 24:

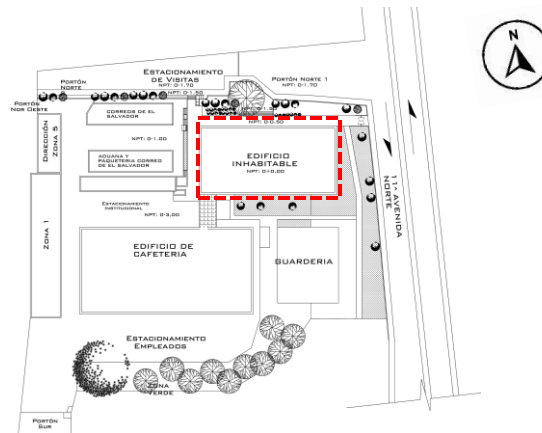


Imagen 24. Esquema de ubicación del edificio
fuente: tesis propuesta de diseño arquitectónico de edificio administrativo para protección civil).

Al norte se tiene el portón de acceso al edificio, además se encuentra un estacionamiento para clientes de correos, este divide el terreno de correos con la corte suprema de justicia (ver imagen 25). En este punto se encuentra su caseta de vigilancia.



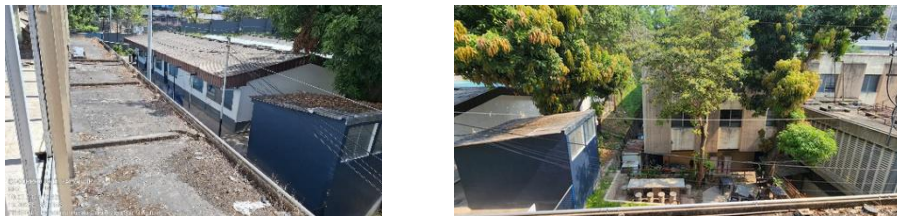
Imagen 25. Colindantes al norte
fuente: propia

Al este del terreno se encuentra el tapial límite del terreno junto a un pasillo de circulación peatonal a lo largo del tapial (ver imagen 26).



*Imagen 26. Colindantes al este
fuente: propia.*

Al sur se encuentra una edificación de 1 nivel que es de uso para guardería para empleados, siguiente de este se encuentra el edificio utilizado como comedor para empleados (ver imagen 27); este último está unido directamente con un pasillo techado con el edificio en estudio.



*Imagen 27. Colindantes al sur
fuente: propia*

Al oeste se encuentra las oficinas de atención al público de Correos de El Salvador, la cual está dividida con el terreno por medio de un pasillo de circulación peatonal (ver imagen 28).



*Imagen 28. Colindantes al oeste
fuente: propia.*

3.1.4 Topografía del lugar.

El terreno donde se encuentra el Centro de Gobierno de San Salvador presenta una pendiente suave, que oscila entre el 2% y 3%, lo que lo convierte en un área relativamente plana. Esta condición es el resultado de un proceso de terraceo realizado para la construcción de la edificación existente y del conjunto de edificios situados en su área de influencia.

3.1.5 Geología del lugar.

La geología del área se caracteriza por la presencia de tefras riolíticas, depósitos volcánicos compuestos principalmente por fragmentos de ceniza, pómez y otros materiales expulsados durante erupciones explosivas (ver imagen 29). Estos depósitos se formaron a partir de eventos eruptivos del sistema volcánico del país.

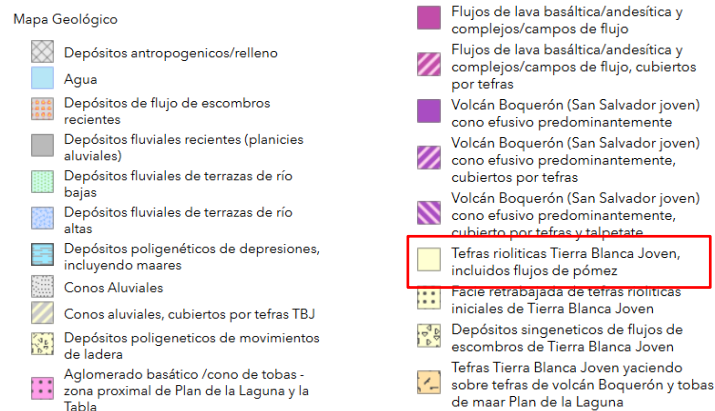
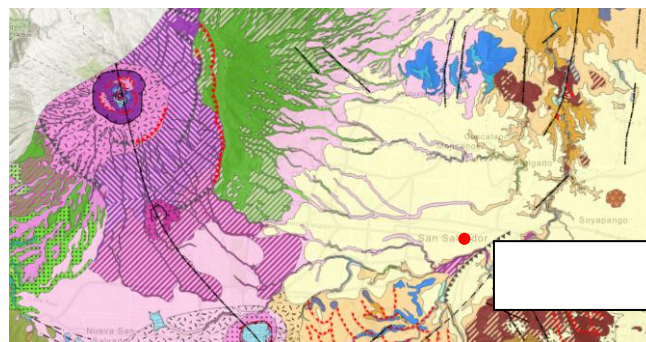


Imagen 29. Geología del lugar
fuente: <https://geovisor.opamss.org.sv>.

3.1.6 Zonificación morfoestructural del lugar.

El edificio está asentado cercano a una falla morfoestructural (ver imagen 30), lo que significa que el terreno donde se ubica ha sido afectado por movimientos tectónicos a lo largo del tiempo, básicamente, esta falla es una fractura en la corteza terrestre causada por la actividad sísmica del país.



Sismos históricos (magnitud)

mag

- 4.000000 - 4.400000
- 4.400001 - 5.560000
- 5.560001 - 6.470000

Fallas de mapa geológico 1:15,000

- falla comprobada
- - - falla probable



Imagen 30. Zonificación Morfoestructural
fuente: <https://geovisor.opamss.org.sv>.

3.1.7 Clasificación de la edificación según normativa

El ex Edificio de Correos de El Salvador fue construido alrededor de 1972, cuando ya estaba en vigencia el Código de Diseño Sísmico de 1966. Según este reglamento, pertenece a la clasificación de edificios del Grupo A (ver imagen 31) por ser una edificación gubernamental y por la importancia que este tenía para la comunicación para la época.

GRUPO A. - Edificios gubernamentales, municipales, o de servicio público tales como plantas de bombeo, centrales eléctricas y telefónicas, estaciones de bomberos, etc. aquellos en que se presentan servicios especialmente importantes en casos de catástrofes, como los hospitales y policlínicas; los edificios destinados a guardar objetos o materiales de gran valor artísticos, históricos y arqueológico, como museos; y aquellos con área total construída superior a 400 metros cuadrados, donde existe frecuentes aglomeraciones de personas tales como centros penitenciarios, escuelas, estadios, salas de espectáculos, templos, estaciones terminales de comunicación, etc.

*Imagen 31. Clasificación de Grupo
fuente: Código de Diseño Sísmico de 1966*

En cuanto a la clasificación estructural el edificio pertenece al Tipo 1 (ver imagen 32), ya que su sistema estructural está compuesto por marcos de concreto reforzado en ambas direcciones, en el lado corto del edificio se cuenta con paredes perimetrales de relleno de ladrillo de barro y en el lado largo cuenta con recubrimiento de ventanas de vidrio tipo celosía, el sistema de entrepisos consta de losas macizas al igual que el techo.

ESTRUCTURA TIPO 1. - Estructuras que posean alineados en la dirección que se analiza, dos o más -- elementos resistentes a fuerza cortante horizontal y cuya deformaciones, ante la acción de cargas laterales en dicha dirección, sean debidas esencialmente a flexión de los miembros estructurales. Se incluyen en esta clase las estructuras para edificios que posean marcos -- constituidos por vigas, o tijeras o losas planas (macizas o nervadas) y columnas metálicas o de concreto reforzado, siendo cada marco capaz de resistir en todos los pisos al menos el 50% de la fuerza cortante de diseño que le tocaría si trabajara aislada, sin requerir para ello la colaboración de paredes ni arriostramientos diagonales. Los pisos y cubiertas de estas estructuras serán suficientemente rígidas y resistentes para distribuir las fuerzas laterales entre los elementos de diversas flexibilidad.

Imagen 32. Clasificación de Tipo
fuente: Código de Diseño Sísmico de 1966

Si realizamos una comparación con el reglamento para la seguridad estructural de las construcciones el salvador, 1994. El edificio pertenece a la **categoría I** (ver imagen 33), ya que para la época era importante para la comunicación, lo que le da un factor de importancia de 1.5

TABLA 3
CATEGORIAS DE OCUPACION

Categorías de Ocupación	Tipo de Ocupación o Función de la Estructura
I	Comprende aquellas edificaciones que son indispensables después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas. Incluye hospitales, centros de salud, estaciones de bomberos, centrales telefónicas y de telecomunicaciones, instalaciones escolares y militares y cualquier otra edificación y/o instalación de servicio público, almacenamiento de sustancias tóxicas que se requiere para superar la emergencia.
II	Cualquier edificación que tenga niveles altos de ocupación o edificaciones que requieren su operación el período inmediatamente después del sismo. Incluye: edificios gubernamentales, universitarios, guarderías, mercados, centros comerciales con un área de más de 3000 m ² , almacenes con un área de piso de 500 m ² o más de 10 mts. de altura, salones que agrupan más de 200 personas, estadios con graderías al aire libre para 2000 personas o más, edificios de más de 4 pisos o más de 1000 mts ² por piso, museos, monumentos, terminales de transporte, instalaciones hospitalarias diferentes a las de categoría de ocupación I, locales que alojen equipo especialmente costoso, etc.
III	Construcciones que tengan niveles bajos de ocupación. Incluye aquellas construcciones comunes destinadas a viviendas, oficinas, locales comerciales, hoteles, edificaciones industriales y todas aquellas construcciones no incluidas en las categorías de ocupación I y II.

Imagen 33. Categoría de Ocupación
fuente: Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones el salvador, 1994.

En cuanto al sistema estructural también es catalogado como un **sistema A** (ver imagen 34) ya que es un sistema de marcos no arriostrados

3.6 SISTEMAS ESTRUCTURALES.

3.6.1 Los sistemas estructurales se definen en esta sección. Sus correspondientes factores de modificación de respuesta, **R**, y de amplificación de desplazamiento, **Cd**, así como sus límites de altura, **H**, se establecen en la Tabla 7.

1) Sistema A. Estructura formada por marcos no arriostrados, los cuales resisten primordialmente por acción flexionante de sus miembros, la totalidad de las cargas gravitacionales y laterales, con la excepción de lo indicado en 3.6.2(1).

2) Sistema B. Estructura formada por marcos no arriostrados que soportan esencialmente las cargas gravitacionales y por paredes enmarcadas o marcos

Imagen 34. Sistemas Estructurales

fuelle: Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones el salvador, 1994.

Se observa que el edificio está dentro de las mismas clasificaciones en ambas normativas.

3.2 ESTUDIO PATOLÓGICO DEL EDIFICIO.

3.2.1 Descripción del proceso realizado.

El proceso patológico llevado a cabo en el edificio ex-Correos de El Salvador se desarrolló mediante una serie de visitas técnicas que permitieron conocer, analizar y documentar el estado actual de la edificación, tanto en sus elementos estructurales como no estructurales. Este proceso fue ejecutado en cuatro etapas, correspondientes a cuatro visitas diferenciadas, cada una con objetivos específicos que, en conjunto, permitieron una evaluación integral del inmueble.

Primera visita – Reconocimiento del edificio y definición del alcance

La primera visita tuvo un carácter exploratorio. El objetivo principal fue conocer el edificio y su distribución general, ya que no se contaba con información previa sobre su configuración. Durante esta jornada se realizó un recorrido por las distintas áreas del inmueble para identificar las condiciones generales, establecer los recursos técnicos y humanos necesarios, y definir el alcance del estudio patológico. Esta fase fue esencial para planificar adecuadamente el trabajo posterior, tanto en términos logísticos como técnicos.

Para dicha visita, se utilizó el siguiente formato:

INFORMACION GENERAL		Fecha:
DATOS DE INSPECTORES		
Inspector 1:		
Nombre completo:	JONATHAN ENMANUEL ARDÓN GUZMÁN	F: _____
Inspector 2:		
Nombre completo:	BRAYAN JOSUÉ GUERRA ALAS	F: _____
Inspector 3:		
Nombre completo:	_____	F: _____
Inspector 4:		
Nombre completo:	_____	F: _____
IDENTIFICACION DEL EDIFICIO		
Nombre del inmueble:	EX CORREOS DE EL SALVADOR	
Departamento:	SAN SALVADOR	
Municipio:	SAN SALVADOR CENTRO	
Coordenadas (GPS) de la edificación:	Lat = 13.705619	Log = -89.196762
Dirección:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno	
AÑOS DE CONSTRUCCION		
1) Antes de 1966	<input type="checkbox"/>	2) De 1966 a 1988 <input checked="" type="checkbox"/>
3) De 1989 a 1996	<input type="checkbox"/>	3) A partir de 1997 <input type="checkbox"/>
Año aproximado de construcción:	1972	
Comentario:		
El país ya contaba con el reglamento de diseño sísmico de 1966		

DESCRIPCION DE LA EDIFICACION		
Dimensiones aproximadas		Numero de Pisos:
Frente(m):	30.40	Sobre el nivel de terreno <input type="text" value="5"/> Sotanos <input type="text" value="1"/>
Fondo (m):	15.40	Altura de 1 nivel (m): 5.15 Altura del sotano 1: 3.3
Area (m2):	468.16	Altura de 2 nivel (m): 3.45 Altura del sotano 2: _____
Elevador	<input checked="" type="checkbox"/>	Altura de 3 nivel (m): 3.45 Altura Total (m): 22.25
Escalera de emergencia	<input type="checkbox"/>	Altura de 4 nivel (m): 3.45
		Altura de 5 nivel (m): 3.45
USO:	<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Industrial
	<input type="checkbox"/> Salud	<input type="checkbox"/> Gubernamental
	<input type="checkbox"/> Educacion	<input checked="" type="checkbox"/> Bodegas
	<input type="checkbox"/> Comercial	<input checked="" type="checkbox"/> Desocupada
	<input type="checkbox"/> Hotelero	<input type="checkbox"/> Estacionamientos
	<input type="checkbox"/> Oficinas	<input type="checkbox"/> Historico
	<input type="checkbox"/> Gimnasio	<input type="checkbox"/> Servicios de emergencia
		Otros: _____
Comentario:		
La primera y segunda planta del inmueble se utilizan como áreas de almacenamiento. El resto del edificio permanece desocupado. Se observa evidencia de incendios en los niveles cuarto y quinto. Actualmente, únicamente la primera planta cuenta con un suministro eléctrico provisional.		

SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL		
1. SISTEMA DE MARCOS 1.1 Concreto 1.2 Acero 1.3 Madera	2. SISTEMA DE PAREDES 2.1 Concreto 2.2 Mamposteria confinada 2.3 Mamposteria reforzada 2.4 Mamposteria sin refuerzo	2.5 Adobe 2.6 Bahareque 2.7 Madera
3. SISTEMA COMBINADO DE PAREDES Y MARCOS 3.1 Marcos de concreto y paredes de concreto 3.2 Marcos de concreto y paredes de mamposteria sin refuerzo 3.3 Marcos de concreto y paredes de mamposteria reforzada 3.4 Marcos de concreto y paredes de mamposteria confinada 3.5 Marcos de acero y paredes de concreto 3.6 Marcos de acero y paredes de mamposteria sin refuerzo 3.7 Marcos de acero y paredes de mamposteria reforzada 3.8 Marcos de acero y paredes de mamposteria confinada		
Sistema estructural en la direccion X <input type="checkbox"/> 1.1 Sistema estructural en la direccion Y <input type="checkbox"/> 1.1		Nota: la direccion X es paralela a la fachada (indicar la direccion X, Y en el croquis)
Comentario:		
<p>El cuerpo principal del edificio cuenta con un voladizo de 2.70 m a ambos extremos. Además, se han realizado prácticas de rescate por parte del Cuerpo de Bomberos de El Salvador, lo que implicó perforaciones en las losas y paredes de relleno del edificio.</p>		

SISTEMA DE ENTREPISO		
1. CONCRETO <input checked="" type="checkbox"/> Losa densa <input type="checkbox"/> Losa pre-fabricada <input type="checkbox"/> Losa reticulada	2. ACERO <input type="checkbox"/> Vigas de alma llena con conectores <input type="checkbox"/> Vigas de alma llena sin conectores <input type="checkbox"/> Metal deck	<input type="checkbox"/> MADERA <input type="checkbox"/> OTROS
SISTEMA DE CIMENTACION		
<input type="checkbox"/> Zapata aislada <input type="checkbox"/> Zapata corrida <input type="checkbox"/> Cimiento de piedra	<input type="checkbox"/> Losa de cimentacion <input type="checkbox"/> Cajon <input type="checkbox"/> Pilotes /pilas	<input checked="" type="checkbox"/> No se sabe
Tipo de suelo: <input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> S3 <input type="checkbox"/> S4 <input checked="" type="checkbox"/> N.S		
Amenaza geologica: <input type="checkbox"/> Licuefaccion <input checked="" type="checkbox"/> Si/No/N.S <input type="checkbox"/> Deslizamientos <input checked="" type="checkbox"/> Si/No/N.S <input type="checkbox"/> Rupt. Surf <input checked="" type="checkbox"/> Si/No/N.S		
Comentario:		
<p>Se sabe que una falla local atraviesa el terreno debajo del edificio.</p>		

Segunda visita – Levantamiento geométrico estructural

En esta etapa se realizó un levantamiento geométrico de los elementos estructurales y no estructurales del edificio. Se tomaron mediciones directas de columnas, vigas, muros, losas, escaleras y otros componentes relevantes, con el fin de generar un juego de planos actualizado, ya que no existía documentación técnica previa del inmueble. Paralelamente, se intentó obtener información histórica y técnica del edificio a través del personal administrativo de Correos, sin embargo, no se recibió colaboración ni se proporcionó información alguna. La elaboración de los planos resultó indispensable para la localización precisa de daños en etapas posteriores.

Tercera visita – Levantamiento de daños

Con base en los planos generados previamente, se procedió al levantamiento de daños presentes en la estructura. Esta actividad incluyó la identificación y registro de grietas, fisuras, desprendimientos, humedades y otras manifestaciones de deterioro. Se utilizaron herramientas básicas como el grietómetro para medir la apertura de grietas, y se llevó a cabo un registro fotográfico sistemático del estado del edificio. Cada daño fue documentado y referenciado dentro de los planos, permitiendo establecer patrones de deterioro y posibles zonas críticas.

Cuarta visita – Ensayos no destructivos (NDT)

Finalmente, en la cuarta visita se realizaron ensayos no destructivos con el objetivo de obtener información sobre las propiedades físicas de los materiales sin afectar la integridad de la estructura. Estos ensayos se efectuaron únicamente en el cuarto nivel del edificio, debido a restricciones técnicas y logísticas. Las pruebas realizadas permitieron complementar la inspección visual con datos más sobre la condición del concreto y otros elementos estructurales.

3.2.2 Descripción de la estructura

El edificio está conformado por dos cuerpos estructuralmente independientes, separados por juntas de construcción. El primer cuerpo corresponde al edificio central de cinco niveles y un sótano, el cual es el objeto principal de estudio. El segundo cuerpo se encuentra presente únicamente en la planta baja, como se observa en la imagen 38.

Configuración estructural del primer cuerpo

El primer cuerpo está compuesto por un sistema estructural de marcos de concreto reforzado. En el sentido Norte-Sur (lado corto), la estructura presenta un marco de 9.0 m de luz, con voladizos de 3.0 m en ambos extremos (ver imagen 35). En el sentido Este-Oeste (lado largo), el sistema estructural consta de cinco marcos de concreto reforzado, con una separación de 6.0 m entre ellos y voladizos de 1.65 m en cada extremo (ver imagen 36).



*Imagen 35. Marco de concreto reforzado en sentido norte – sur
fuente: propia*



*Imagen 36. Marco de concreto reforzado en sentido este - oeste
fuente: propia*

En el sentido Norte-Sur, los cerramientos están conformados por muros de mampostería de ladrillo de barro empleados como elementos de relleno, los cuales se extienden desde el segundo hasta el quinto nivel. Estos muros

presentan daños estructurales severos, evidenciados por fisuración extensa, desprendimientos y fallas por compresión diagonal, probablemente originadas por esfuerzos inducidos por cargas laterales.

En el sentido Este-Oeste, la estructura incorpora un sistema de cerramiento compuesto por ventanas tipo celosía, lo que disminuye la rigidez en esta dirección y permite una mayor permeabilidad al viento y a las variaciones térmicas.

El cuerpo de escaleras se encuentra ubicado entre los ejes 4-5 y C-D, estando directamente vinculado a la estructura principal. Adicionalmente, el núcleo de circulación vertical incluye el cubo de ascensor, el cual está conformado por paredes de mampostería confinada, que contribuyen a la rigidez global de la edificación.

El sistema de entrepiso, que incluye la estructura del techo, está conformado por losas de concreto.

Configuración estructural del segundo cuerpo

El segundo cuerpo se encuentra restringido a la planta baja y presenta una configuración estructural particular, caracterizada por la presencia de columnas inclinadas. Asimismo, se han identificado diversas irregularidades en las conexiones entre sus elementos estructurales (ver imagen 37), las cuales serán detalladas en secciones posteriores del presente informe.



*Imagen 37. Junta de dilatación de 10 cm entre ambos cuerpos del edificio
fuente: propia*

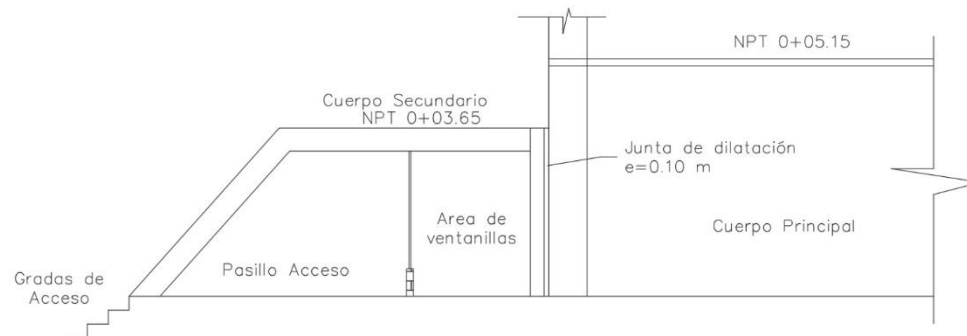


Imagen 38. Cuerpos del edificio.
fuente: propia.

3.2.3 Configuración estructural

Forma:

El cuerpo 1 del ex edificio de Correos de El Salvador presenta una forma **rectangular sencilla**, la base para el sistema de clasificación proviene de los conceptos de concavidad y convexidad (ver imagen 39).

Convexo (sencillo): Es un parámetro que sirve para indicar que una configuración en planta es sencilla, por lo tanto, una configuración es sencilla cuando es posible conectar dos puntos cualesquiera dentro de la figura (silueta) mediante una línea sin que cruce los límites. En imagen 40 se identifica que el cuerpo principal corresponde a una configuración sencilla.

Cóncavo (complejo): Igual que en el caso anterior es un parámetro, pero este sirve para indicar que una configuración en planta o elevación es compleja, por lo tanto, una configuración es compleja cuando dos puntos dentro de la figura (silueta) se pueden conectar mediante una línea que cruza los límites.

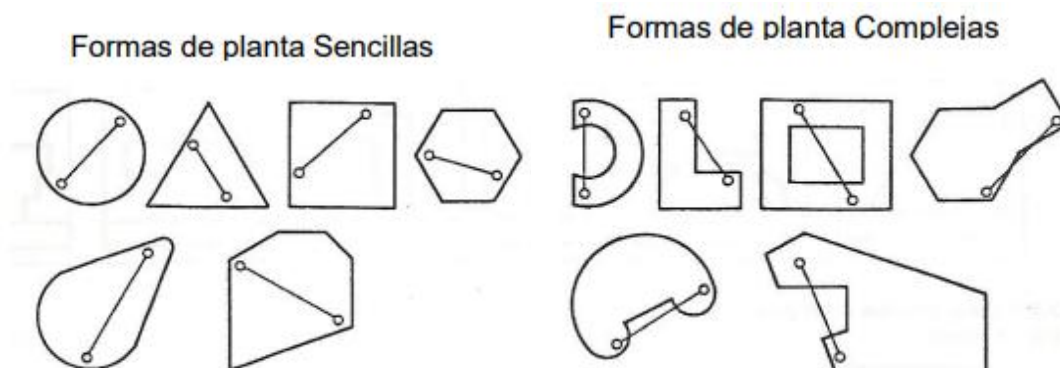


Imagen 39. Formas de estructuras.

fuelle: tesis problemas de estructuración sísmica y configuración estructural en las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Sincelejo

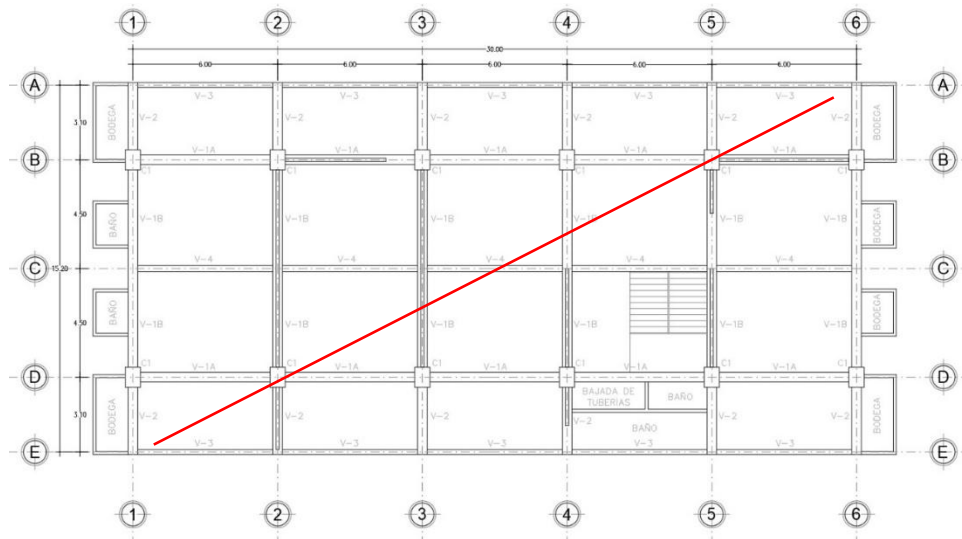


Imagen 40. Esquematización de forma del edificio, cuerpo principal.
fuente: propia.

Mientras que el segundo cuerpo de la estructura presenta una **forma rectangular compleja** ya que posee una abertura de gran tamaño en su diafragma (ver imagen 41).

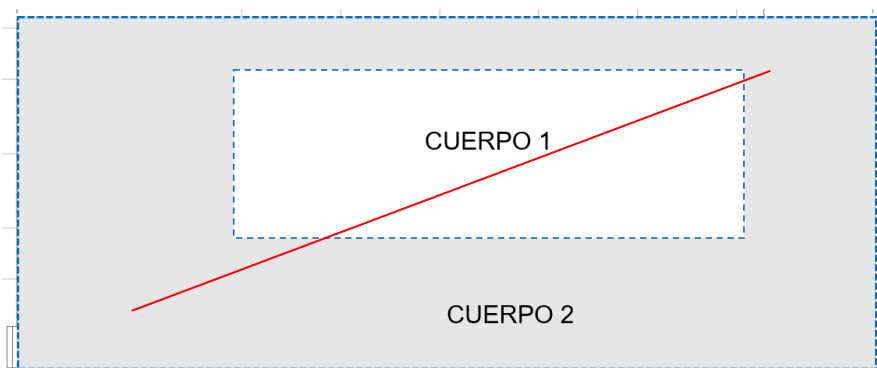


Imagen 41. Esquematización de forma del edificio, cuerpo secundario.
fuente: propia.

3.2.4 Elementos estructurales

Las dimensiones de los elementos estructurales son las indicadas en imagen 42 para columnas y en imagen 43 para vigas.:

- Columnas:

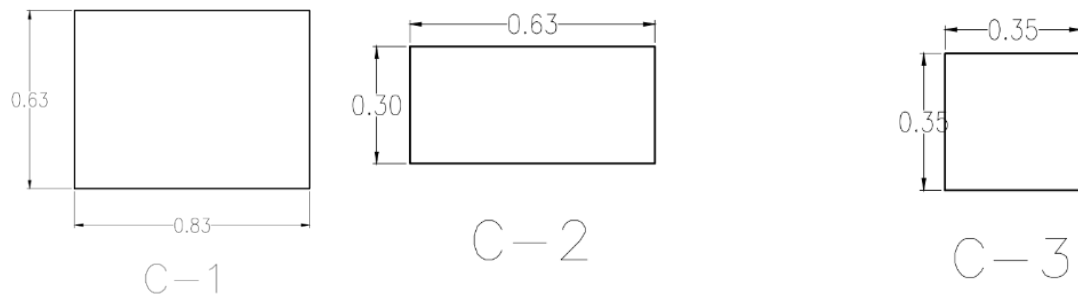


Imagen 42. Detalles de dimensiones de columnas
fuente: propia.

- Vigas:

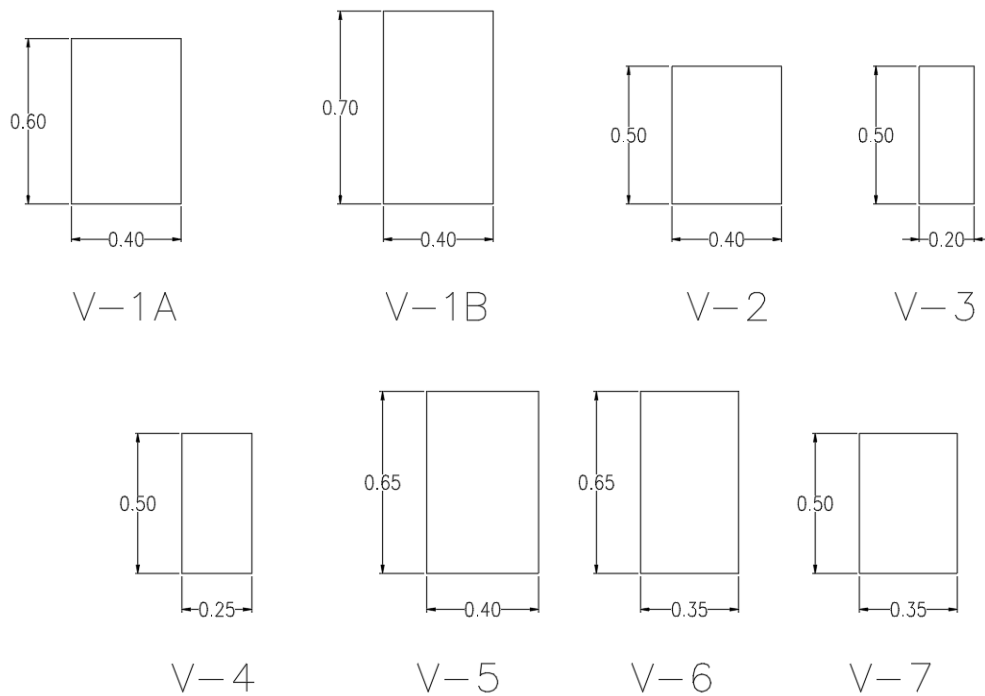


Imagen 43. Detalles de dimensiones de vigas.
fuente: propia

- Losa: conformada con concreto reforzado con dos lechos de varillas $\frac{3}{4}$ " en ambos sentidos.⁷

3.2.5 Planta alargada

A pesar de tener una forma rectangular, el edificio no presenta una irregularidad de planta alargada, ya que la relación entre sus lados es de 1.97, un valor menor al límite de 4 sugerido para considerar una planta alargada (ver imagen 44). Esto implica que sus dimensiones en ambas direcciones son relativamente proporcionadas, lo que contribuye a una mejor distribución de cargas y reduce la posibilidad de efectos torsionales significativos bajo la acción de cargas laterales, como viento o sismos.

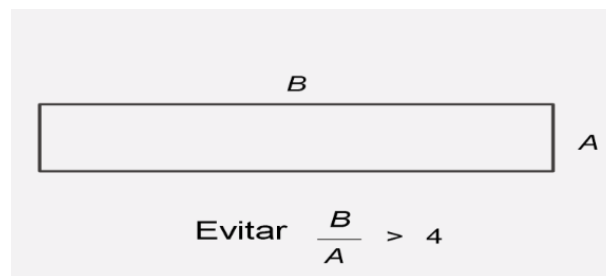


Imagen 44. Esquema de planta alargada.
fuente: propia

Siendo:

- Lado largo (B)=30.00 m
- Lado corto (A)=15.20 m

$$\frac{30.00}{15.20} = 1.97$$

$$1.97 < 4$$

⁷ Distribución de refuerzo estructural en losa identificado en perforaciones de actividades de rescate por parte del cuerpo de bomberos

3.2.6 Esbeltez

Muchos autores sugieren limitar la relación altura/ancho a 3.0 o 4.0. En este contexto, la relación de esbeltez del edificio es baja, con un valor de 1.25, lo que indica que su altura es solo un 25% mayor que su base. Esta configuración confiere al edificio una mayor rigidez y estabilidad global, disminuyendo su susceptibilidad a desplazamientos excesivos o inestabilidades estructurales ante cargas laterales, como las generadas por el viento o los sismos.

Siendo:

- Alto (H)=18.95 m
- Lado corto (A)=15.20 m

$$\frac{18.95}{15.20} = 1.25$$

$$1.25 < 4$$

3.2.7 Piso débil

Por otra parte, el edificio presenta una configuración estructural que lo hace susceptible a los efectos de un piso débil. En particular, el primer nivel, con una altura libre de 5.00 m, muestra una resistencia y rigidez significativamente menores en comparación con los niveles superiores, cuya altura es de 3.30 m (ver imagen 45). Esta diferencia en la altura libre disminuye la capacidad del primer nivel para resistir cargas laterales, especialmente aquellas inducidas por eventos sísmicos, lo que provoca una concentración de esfuerzos y desplazamientos en dicho nivel. Esta condición incrementa considerablemente la vulnerabilidad estructural del edificio, favoreciendo la aparición de grietas, fallas en los elementos portantes y, en última instancia, un debilitamiento global de la estructura. Tal situación se evidencia en la falla por cortante observada en una

de las columnas del primer nivel (ver imagen 46), constituyéndose como el daño estructural más severo identificado en la edificación.

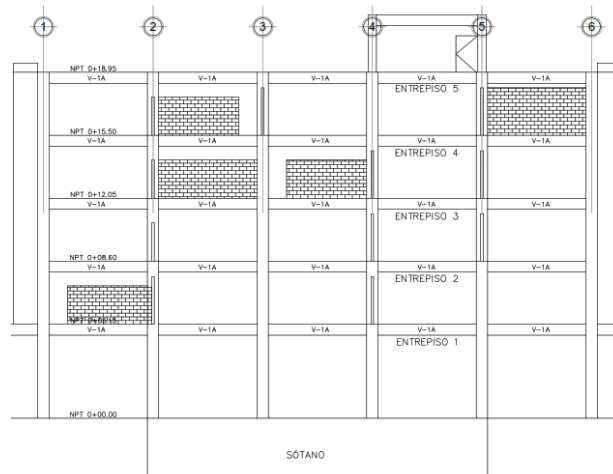


Imagen 45. Sección en altura del edificio.
fuente: propia



Imagen 46. El daño más severo del edificio se localiza en una de las columnas del primer nivel, la cual presenta una falla por cortante.
fuente: propia

3.2.8 Núcleo de escaleras

Un núcleo en una edificación consiste en una serie de aberturas alineadas verticalmente que permiten la integración de servicios mecánicos, como ascensores y escaleras. Su función principal es facilitar la circulación dentro del edificio y, en muchos casos, contribuir a la estabilidad estructural al resistir cargas verticales y laterales. Aunque diagramáticamente se representa como un solo tubo, en la práctica su forma puede ser más compleja y adaptarse a las necesidades del diseño arquitectónico. Un núcleo puede estar cerrado con materiales estructurales para mejorar la rigidez del edificio o simplemente delimitado por paredes de relleno sin aportar resistencia significativa.

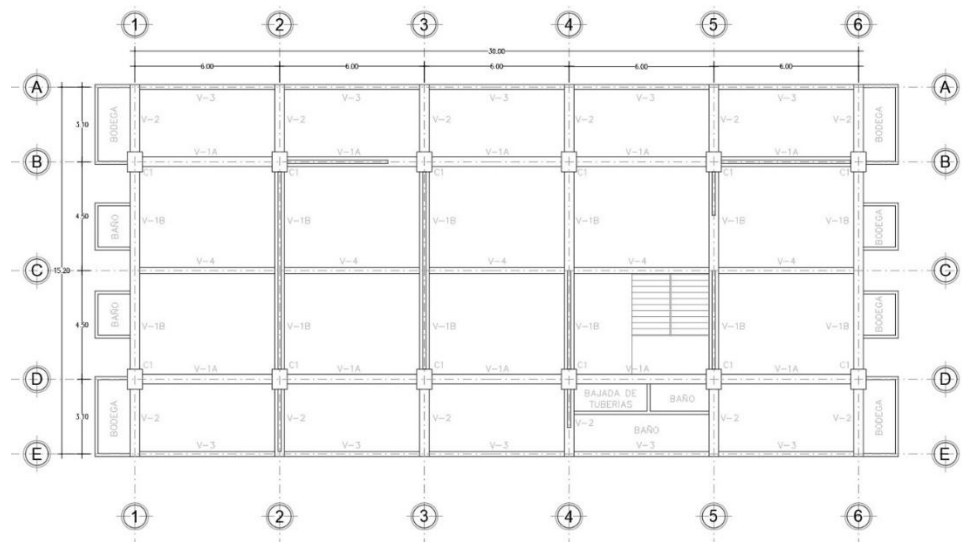


Imagen 47. Esquemas de núcleos.
fuente: propia

En el caso del edificio en estudio, el núcleo se encuentra ubicado entre los ejes 4 y 5 y ejes C y D, alberga el cuerpo de escaleras y ascensor; Tal como se observa en la imagen 47 e imagen 48, dicho núcleo presenta una disposición excéntrica respecto al centro de masa de la estructura. No obstante, este núcleo

no está cerrado con materiales estructurales, sino con paredes de relleno (ver imagen 49), lo que limita significativamente su capacidad para absorber fuerzas laterales y, por ende, su contribución a la estabilidad global del edificio. Además, el edificio carece de escaleras de emergencia, lo que representa una deficiencia en términos de seguridad y evacuación. La ausencia de un núcleo estructuralmente reforzado y de rutas de evacuación adicionales compromete la respuesta del edificio ante eventos sísmicos o situaciones de emergencia, resaltando la importancia de una adecuada configuración estructural para garantizar tanto la estabilidad como la seguridad de los ocupantes.



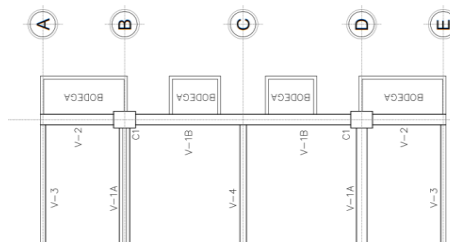
*Imagen 48. Núcleo de escaleras y ascensor.
fuente: propia*



*Imagen 49. Cuerpo de escaleras vinculados directamente a la estructura principal y cerramientos de mampostería con juntas de 4 cm.
fuente: propia*

3.2.9 Irregularidades en elevación

El edificio presenta voladizos de 1.65 m (ver imagen 50), los cuales han provocado el colapso de numerosas paredes de relleno debido a su interacción directa con estos elementos. Este daño constituye uno de los más severos y evidentes en la edificación, ya que la mayoría de las paredes afectadas han colapsado como consecuencia de una configuración estructural inadecuada. A pesar de que se dejó una junta de separación de 2.5 cm, las paredes de relleno fueron vinculadas directamente a la estructura principal mediante los nervios de confinamiento de las paredes, lo que impidió su desplazamiento independiente frente a movimientos laterales. Esta rigidez forzada incrementó los esfuerzos internos durante los eventos sísmicos, favoreciendo el colapso de las paredes. Además, se han identificado grietas significativas en la viga V-1B, asociadas a esta misma interacción (ver imagen 50), como se detalla en el levantamiento de daños.



*Imagen 50. Voladizo a los costados Este y Oeste, vinculación directa de las paredes de relleno con la estructura principal por medio de los nervios de confinamiento.
fuente: propia*

3.2.10 Conexiones inadecuadas

En cuanto al cuerpo 2 presenta una conexión de elementos inadecuados ya que la unión entre vigas no es desarrollada de manera directa a la columna, en cambio, la viga es apoyada a lo largo de la viga primaria del cuerpo secundario, como se muestra en imagen 51.

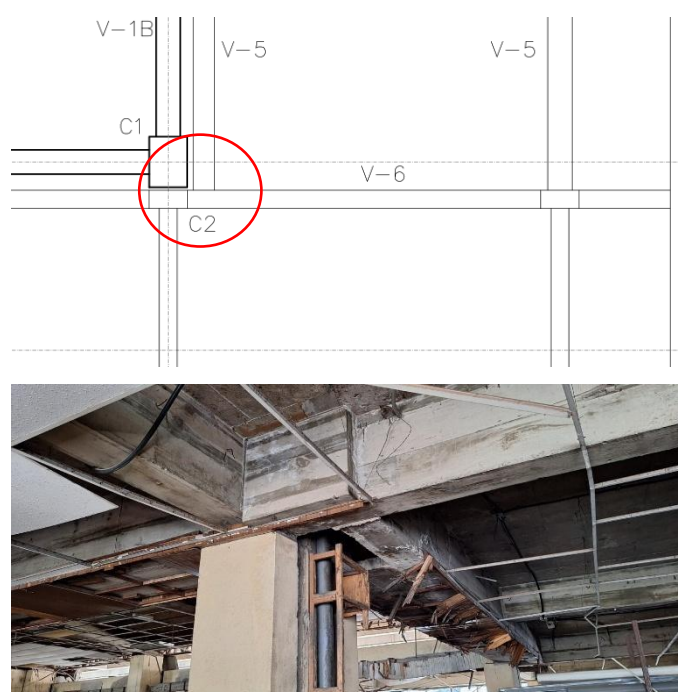


Imagen 51. Esquema de estructuración de cuerpo secundario.
fuente: propia.

Una buena configuración estructural es esencial para garantizar la estabilidad y seguridad de un edificio, especialmente frente a cargas laterales como las provocadas por sismos. La disposición adecuada de los elementos estructurales, como el núcleo, la distribución de los espacios y la relación entre las dimensiones del edificio, son factores clave que influyen directamente en su desempeño. Un diseño bien planteado asegura que las cargas se distribuyan de manera

uniforme, reduciendo el riesgo de deformaciones excesivas y mejorando la capacidad del edificio para resistir fuerzas externas. Además, una correcta configuración también facilita la evacuación y la seguridad de los ocupantes durante situaciones de emergencia.

3.3 LEVANTAMIENTO DE DAÑOS.

A lo largo del estudio en relación a este documento se han realizado una serie de visitas al edificio con la finalidad de identificar, levantar y clasificar los daños observables del edificio ex correos El Salvador. Para desarrollar de manera adecuada este estudio, se han implementado formatos que permiten la obtención y documentación adecuada de la información recolectada en campo.

En las expediciones realizadas al edificio se ha encontrado una variedad de daños ocasionados por una variedad de factores, como por ejemplo eventos sísmicos, eventos pluviales, actividades humanas. Se han identificado daños como por ejemplo en los extremos este y oeste, donde se encuentra anexo el voladizo (baños y bodegas), se observan columnas con pérdida de recubrimiento, interacción entre vigas y paredes no estructurales provocando agrietamiento en paredes e incluso a colapso de éstas; además se observa grietas que van desde los 0.10 mm hasta los 0.50 mm en vigas principales y secundarias, teniendo mayor presencia en los niveles 4 y 5; Así mismo, en estos niveles junto a la azotea se observan daños provocados a raíz de lluvias y acumulaciones de agua en las instalaciones, generando así el crecimiento de vegetación, acumulación de materia orgánica, humedad en losas. En cuanto a las paredes no estructurales se ha identificado, en la mayoría, daños por cortante, los cuales han sido provocados por la interacción con las columnas durante los eventos sísmicos, estos daños se observan en paredes ubicadas en los distintos niveles y en el

cuerpo de escaleras. Además, en elementos como ventanas, puertas y recubrimientos se observa un avanzado deterioro, el cual va desde la pérdida de vidriera, doblez o caída de perfilado de metal de ventanas, pérdida total y parcial de recubrimiento de Plywood a paredes, caída de pintura por incendios, humedad y exposición a intemperie, pérdida total o parcial de cielo falso.

En cuanto a los sistemas básicos de suministro, como son sistemas hidráulicos y eléctricos, a lo largo de todas las instalaciones, excepto en sector este del primer nivel, se identifica que estos sistemas han sido removidos, quedando así únicamente vestigios de lo que en su momento fueron, además, las pocas tuberías que han quedado se observan dañadas a raíz de los incendios provocados en el lugar. Los accesorios hidráulicos y eléctricos han sido eliminados, de modo que por ejemplo para los baños se han logrado identificar principalmente por zonas enchapadas, tuberías de abastecimiento y desagüe que aún quedan superficialmente.

Volviendo a la estructura principal, en general, se observa una estructura levemente afectada, observando grietas menores, no se observan deflexiones en vigas, tampoco agrietamientos de gran escala en columnas, a excepción del caso de la columna D5 la cual, si presenta un alto daño por cortante, pérdida de recubrimiento y exposición del acero de refuerzo.

En cuanto al sótano y área de fundaciones no ha sido posible obtener información de su condición actual, debido a que es imposible la exploración del sótano y a la excavación de las cimentaciones.


Se han observado daños ocasionados a raíz de errores en el diseño y errores en el proceso constructivos, como lo son conexiones entre elementos no adecuadas, unión entre elementos estructurales y de relleno, error en dimensión de juntas.


En el nivel 3, principalmente en la viga secundaria se observa que anteriormente se han realizado algunas reparaciones, pero que se desconoce el alcance y tipo de estas.


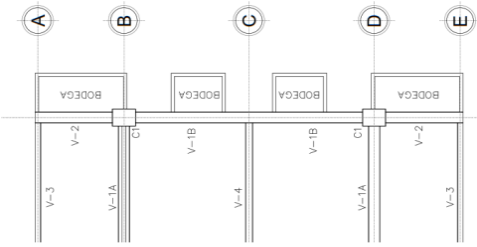
A continuación, se presentan los daños encontrados:


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	En todo el edificio		
Fotografía:		Tipo de daño:	
 <p>EX-CORREO DE EL SALVADOR UES 10/01/2025 11:20 1370558-89.19671 PR43+66V, Estacionamiento Correo de San Salvador</p>		Daños en las juntas	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observan daños en las juntas del edificio, evidenciados por el deterioro del material de sellado. En algunas áreas, el material flexible ha sufrido un proceso de cristalización, perdiendo su elasticidad y capacidad de sellado. En otras, el material de relleno ha desaparecido por completo, dejando expuestas las juntas y aumentando el riesgo de filtraciones, lo que podría generar afectaciones estructurales.</p>	
Causas			
<p>Los daños en las juntas de construcción pueden estar relacionados con los efectos del sismo que afectó al edificio. La vibración y los movimientos diferenciales generados durante el evento sísmico pudieron haber causado la pérdida de adherencia del material de sellado, lo que provocó su desprendimiento o cristalización. Además, las deformaciones estructurales y los esfuerzos repetitivos agravaron el deterioro, especialmente en juntas que ya presentaban desgaste previo. La falta de mantenimiento y la exposición a la intemperie también contribuyeron a la degradación del material de relleno, dejando algunas juntas sin sellado, lo que aumenta el riesgo de filtraciones. Adicionalmente, el daño por fuego podría haber afectado la integridad del material de sellado y las juntas, ya que las altas temperaturas generadas durante el incendio alteraron las propiedades del material, acelerando su desgaste y pérdida de funcionalidad.</p>			

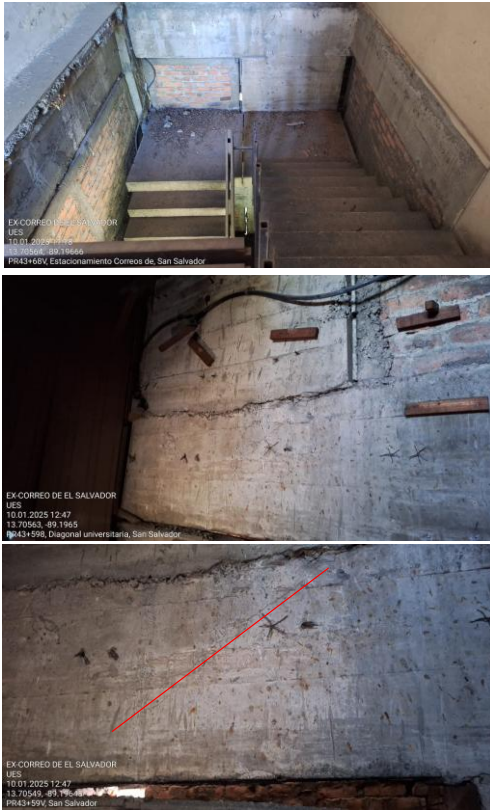
Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	5º Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Grieta por cortante	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observan grietas por cortante en la mampostería. A pesar de contar con una junta entre la pared y la columna, se nota que durante el sismo ambas estructuras han interactuado, lo que ha generado las fisuras.</p>	
Causas			
<p>Defecto constructivo: No considerar en el diseño el efecto de las paredes de relleno y su interacción con la estructura principal. Inadecuada separación entre columna y pared. Eventos sísmicos de 1986.</p>			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	2° al 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Daños por cortante	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observa cómo la interacción entre la viga y el voladizo que conforma los baños del edificio afectó a las paredes, generando en algunos casos grietas por cortante, como se muestra en la imagen con las líneas rojas. En otros niveles, se aprecia el colapso total de la pared. Además, se evidencia la incorrecta estructuración de dichos voladizos y la inadecuada separación entre los elementos.</p>	
Causas			
<p>Error de diseño Evento sísmico de 1986. A pesar de tener juntas de construcción de 2.5 cm, las paredes fueron conectadas a la estructura principal mediante los nervios de confinamiento, como se muestra en la imagen.</p>			


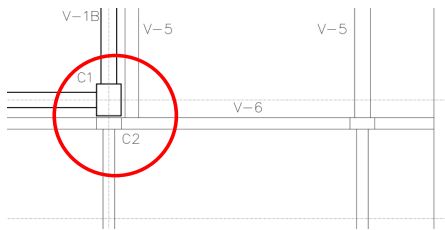

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	2° al 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Pérdida de recubrimiento	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		Se observa la pérdida de recubrimiento en la columna.	
Causas			
Se observa una posible interacción de la columna con la pared de relleno, ya que también se evidencian daños en la junta. Además, es evidente el deterioro de las propiedades del concreto debido a la exposición al fuego siendo otro causante el evento sísmico de 1986.			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	2° al 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Configuración estructural inadecuada	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>La configuración estructural de los baños y bodegas, que presenta un voladizo como se muestra en las imágenes, ha generado los mayores daños en la funcionalidad del edificio. Se evidencia la interacción de este elemento con las paredes de relleno, lo que ha provocado su colapso. Además, debido a la forma que presenta, se observan grietas cercanas al nudo de la viga intermedia.</p> <p>Este daño constituye uno de los más severos y evidentes en la edificación, ya que la mayoría de las paredes afectadas han colapsado como consecuencia de una configuración estructural inadecuada. A pesar de que se dejó una junta de separación de 2.5 cm, las paredes de relleno fueron vinculadas directamente a la estructura principal mediante los nervios de confinamiento de las paredes, lo que impidió su desplazamiento independiente frente a movimientos laterales.</p>	
			
Causas			
<p>La causa principal se debe a un error en el diseño original ya que conectaron los voladizos de los baños con la estructura principal y las paredes se vincularon por medio de los nervios de confinamiento de las paredes del voladizo.</p>			

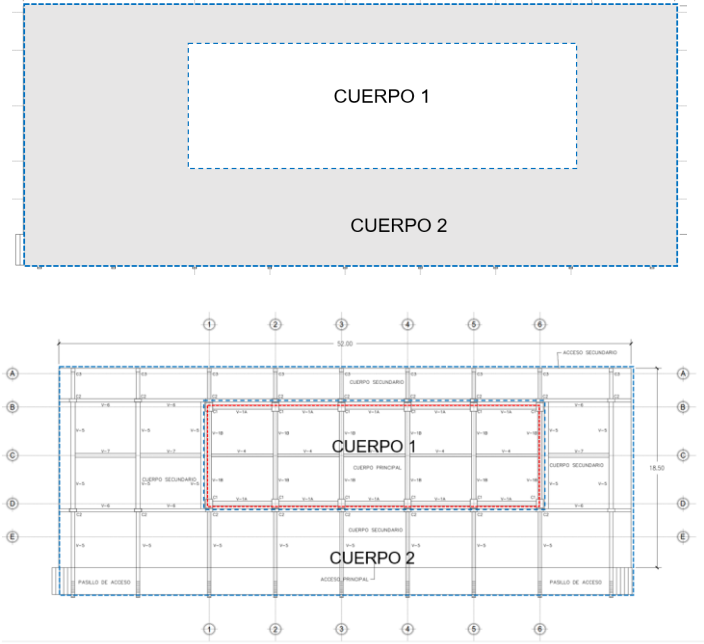
Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Cuerpo de escaleras		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Colmenas en nervios de pared de relleno	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		Se observan colmenas en la pared de relleno del cuerpo de escaleras.	
Causas			
Se trata de un error de proceso constructivo, cuyas principales causas incluyen un mal vibrado del concreto y la falta de control en la calidad del mismo, especialmente en lo referente a su trabajabilidad.			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Cuerpo de escaleras		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Daño en parapeto de soporte de escaleras	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>El cuerpo de escaleras está vinculado directamente a las vigas principales mediante una pared de concreto reforzado. Se observa una grieta de gran tamaño en el primer entrepiso, la cual también ha provocado agrietamiento en la viga principal.</p>	
Causas			
La causa principal es un error de diseño que se evidencio por medio de grietas luego del sismo de 1986			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	primer nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Cortante en columna	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>El daño más grave que presenta el edificio se encuentra en el primer nivel, donde una de las columnas muestra daños severos por efecto cortante</p>	
Causas			
<p>La principal causa de este daño se debe a una irregularidad en planta y a que el edificio presenta un piso débil, ya que la altura del primer nivel es mayor que la de los pisos superiores. Además, en la zona de confinamiento se observa la distribución del refuerzo transversal, como se muestra en la imagen. producto de estas irregularidades se presentaron daños después del evento sísmico de 1986.</p>			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	primer nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
  		Conexiones inadecuadas	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		Se observa la inadecuada conexión de la viga del cuerpo adicional del primer nivel, debido a que no pudo ser unida directamente a la columna por interferencias con otros elementos.	
Causas			
La causa principal de esta irregularidad se debe a un error en el diseño original, en el cual al no poder conectar la viga en el nudo apropiadamente se tomaron la decisión de conectarla a la viga cercana al nudo.			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Primer nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Daño en paredes de cuerpo de escaleras	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		Se observa daño en las paredes de relleno del cuerpo de escaleras del primer nivel.	
Causas			
El daño en las paredes de relleno del cuerpo de escaleras del primer nivel se asocia al evento sísmico de 1986, evidenciando una interacción no prevista entre los elementos estructurales y no estructurales.			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	General		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Discontinuidad del diafragma	
		Clasificación del daño:	
		Lesión mecánica	
		Descripción del daño:	
		<p>El segundo cuerpo del edificio presenta una discontinuidad en el diafragma, debido a que el área de la abertura es $\geq 50\%$ área bruta.</p>	
Causas			
<p>La causa principal es debido a una configuración inadecuada, ya que en el diseño original no se considero adecuadamente</p>			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspección:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Cuerpo de escalera y ascensor, azotea y nivel 4		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Crecimiento de plantas y vegetación	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		<p>Se evidencia la proliferación de vegetación en la azotea, así como en el cuarto y quinto nivel del edificio, destacándose la presencia de un árbol de aproximadamente 1.80 metros de altura ubicado en la azotea. Además, se observa el crecimiento de una planta en el interior de una caja de registro eléctrico.</p>	
Causas			
<p>La presencia de vegetación en el edificio es causada por la acumulación de partículas de polvo en suspensión, que favorecen la adhesión de semillas transportadas por el viento o las aves. La exposición a la intemperie, la acción del agua de lluvia y la falta de mantenimiento facilitan el arraigo y crecimiento descontrolado de la vegetación. Este fenómeno puede generar daños en la impermeabilización, fisuras en la estructura y obstrucción de los sistemas de drenaje, comprometiendo la durabilidad y seguridad del edificio.</p>			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Azotea y cuerpo adicional del primer nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Suciedad en las bajadas de aguas lluvias	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observa una acumulación significativa de suciedad en las bajadas de agua lluvia. Esta obstrucción está compuesta por una mezcla de polvo, hojas secas provenientes de un árbol de gran altura cercano al edificio, escombros y otros residuos orgánicos, lo que impide el adecuado flujo de agua hacia los sistemas de drenaje.</p>	
Causas			
<p>La obstrucción de las bajadas de agua lluvia se debe principalmente a la acumulación de residuos orgánicos e inorgánicos, como hojas y polvo, transportados por el viento o las aves. Además, la falta de mantenimiento preventivo y limpieza regular de los conductos facilita el bloqueo progresivo de las bajantes.</p>			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	4º y 5º Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Descascaramiento de pintura	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		Se observa un desprendimiento irregular de la pintura en la pared, que se ha levantado y presenta escamas visibles que se desprenden con facilidad.	
Causas			
El descascaramiento de la pintura en la pared fue causado por la exposición a altas temperaturas durante el incendio, lo que provocó su degradación térmica y pérdida de adherencia. Además, el choque térmico generado por el enfriamiento repentino, especialmente debido al agua utilizada para extinguir el fuego, aceleró su desprendimiento. El humo y los gases liberados durante la combustión pudieron alterar la composición química de la pintura, debilitándola aún más.			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	4° y 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Afección por fuego	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		<p>Se evidencia que la edificación fue expuesta a un incendio controlado, generado intencionalmente por el Cuerpo de Bomberos como parte de ejercicios de entrenamiento y prácticas de rescate.</p>	
Causas			
Incendio fue provocado de manera intencional como parte de un ejercicio controlado.			



Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	4° y 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Infiltración de agua en la losa	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observa una infiltración de agua en la losa, evidenciada por la presencia de manchas de humedad y alteraciones en el acabado superficial.</p>	
Causas			
<p>La infiltración de agua en la losa tiene diversas causas principales. La más destacada es la retención de agua en la azotea, ocasionada por la falta de pendientes adecuadas que impiden un drenaje eficiente. A su vez, el deterioro de los drenajes contribuye significativamente al problema, ya que el edificio no cuenta con un sistema funcional para canalizar el agua acumulada. Además, los daños en las ventanas, provocados por la ausencia de vidrios, permiten que el agua se infiltre durante los días lluviosos, acumulándose en los niveles superiores. Al no tener otra vía de salida, el agua escurre por la losa, agravando el problema de humedad en el interior del edificio.</p>			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	4º y 5º Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Perforaciones en paredes de relleno	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		Se observan perforaciones triangulares en las paredes interiores de relleno, realizadas intencionalmente por el Cuerpo de Bomberos como parte de prácticas de rescate	
Causas			
Fueron realizadas intencionalmente por los bomberos durante prácticas de rescate.			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	4° y 5° Nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Perforaciones en losa	
		Clasificación del daño:	
		Lesión física	
		Descripción del daño:	
		Se observan perforaciones rectangulares en las losas de concreto reforzado, realizadas intencionalmente por el Cuerpo de Bomberos durante prácticas de rescate.	
Causas			
Fueron realizadas intencionalmente por los bomberos durante prácticas de rescate.			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Azotea		
Fotografía:		Tipo de daño:	
 <p>EXCORRED DE EL SALVADOR JES 10/01/2025 14:05 13 70561 49 15678 PR43-681, Estacionamiento Correo de San Salvador</p>		Manchas por Humedad	
		Clasificación del daño:	
		Lesión química	
		Descripción del daño:	
		<p>En la azotea del edificio, las baldosas de arcilla presentan manchas negras visibles, indicativas de acumulación de agua. Las paredes perimetrales también muestran signos de humedad, con manchas negras que se extienden a lo largo de su superficie, lo que sugiere infiltración o filtración de agua.</p>	
Causas			
<p>Las manchas negras por humedad son causadas por la exposición continua a condiciones climáticas adversas, como lluvias intensas, que favorecen la acumulación de agua en las superficies, especialmente cuando el sistema de drenaje presenta obstrucciones o deficiencias. Además, la ausencia de pendientes adecuadas en la azotea dificulta el desalojo eficiente del agua, lo que contribuye a su retención en las superficies afectadas.</p>			

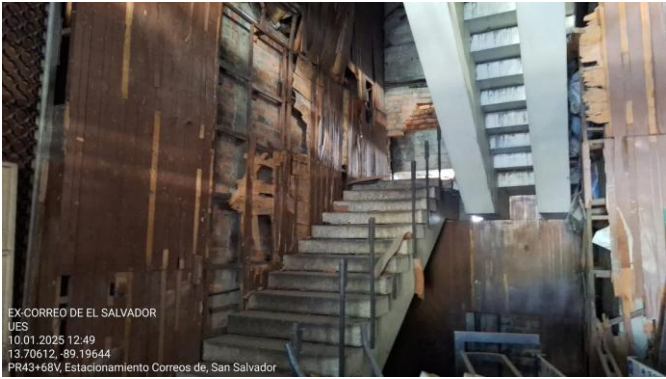
Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Cuerpo de escalera y ascensor		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Carbonatacion	
		Clasificación del daño:	
		Lesión química	
		Descripción del daño:	
		<p>Se observa que el concreto, al estar expuesto a la intemperie, ha iniciado un proceso de carbonatación. Este fenómeno se debe a la reacción del dióxido de carbono presente en el ambiente, incluido el generado por la lluvia ácida, con el hidróxido de calcio del concreto. Como resultado, se produce una alteración en la composición química del material, lo que puede comprometer su resistencia y durabilidad. Además, la exposición al fuego puede acelerar este proceso, ya que las altas temperaturas alteran la estructura del concreto, aumentando su porosidad y facilitando la penetración de dióxido de carbono.</p>	
Causas			
<p>La carbonatación del concreto es un proceso fisicoquímico progresivo que ocurre cuando el dióxido de carbono del ambiente reacciona con el hidróxido de calcio del material, reduciendo su pH y comprometiendo la protección del acero de refuerzo. Factores como la exposición a la intemperie, la humedad, la porosidad del concreto y la falta de mantenimiento aceleran su avance, especialmente en estructuras afectadas por incendios. La presencia de grietas y un recubrimiento insuficiente facilitan la difusión del CO₂, lo que aumenta la corrosión del acero y el deterioro del concreto, lo que puede derivar en fisuración y pérdida de estabilidad estructural.</p>			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Paredes de relleno exteriores (lado corto)		
Fotografía:		Tipo de daño:	
 		Eflorescencia	
		Clasificación del daño:	
		Lesión química	
		Descripción del daño:	
		<p>En la pared de ladrillo de barro se observa un depósito blanquecino superficial, característico de una lesión química por eflorescencia. Este material, con textura polvorienta y distribución irregular, se presenta a lo largo de la superficie, como se muestra en la imagen.</p>	
Causas			
<p>Las eflorescencias ocurren cuando el agua penetra en materiales porosos como el concreto o el ladrillo, transportando sales solubles que se cristalizan en la superficie al evaporarse el agua o al interactuar con el dióxido de carbono.</p> <p>En el año 2008 se recomendó quitar el recubrimiento de mármol que tenían las paredes, lo cual dejó expuestas a la humedad las paredes de mampostería que sirven de relleno en el lado corto del edificio.</p>			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	primer nivel		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Oxidación	
		Clasificación del daño:	
		Lesión química	
		Descripción del daño:	
		Se observa la corrosión de las varillas de acero en algunos de los marcos del cuerpo adicional ubicado en el primer nivel.	
Causas			
La corrosión de las varillas de acero en algunos de los marcos del cuerpo adicional del primer nivel se debe a la pérdida de recubrimiento y a su consecuente exposición al ambiente y a la humedad por infiltración, ya que el edificio carece de un sistema de drenaje adecuado			


Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Fachada principal		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Daños en ventanas	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		Se observa la pérdida de muchas piezas de la ventanería del edificio, así como también deformaciones en algunos puntos de los perfiles que soportan las ventanas, causadas por la exposición al fuego.	
Causas			
<p>Dentro de las causas se pueden enlistar: daños por fuego, daños durante las prácticas de rescate y retiro de piezas por parte del personal. La falta de vidrios en las ventanas permite que, durante las lluvias, el agua impacte directamente sobre las superficies interiores, lo que genera acumulación de humedad. Esta humedad no solo afecta las ventanas, sino que también se propaga a otros elementos del edificio, causando daños por humedad en las paredes, techos y otros componentes estructurales. Esto puede resultar en la formación de manchas, debilitamiento de los materiales y el riesgo de un deterioro progresivo de las superficies.</p>			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Fachada principal		
Fotografía:		Tipo de daño:	
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">EX-CORREO DE EL SALVADOR UES 10.01.2025 13:14 13.70574 -89.19645 PR43+68V, Estacionamiento Correos de, San Salvador</p>		Recubrimiento de marmol dañado	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		Se observa el recubrimiento de mármol fracturado en la fachada principal del edificio.	
Causas			
El fracturamiento del recubrimiento de mármol en la fachada puede haber sido causado por factores como la expansión y contracción térmica, movimientos estructurales, deficiencias en la instalación o impactos externos			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	del primer nivel al quinto		
Fotografía:		Tipo de daño:	
 <p>EX-CORREO DE EL SALVADOR JES 10.01.2025 12:49 13.70612, -89.19644 PR43+68V, Estacionamiento Correos de, San Salvador</p>		Daños en recubrimiento de cuerpo de escalera	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		Se observa el deterioro del recubrimiento del cuerpo de escaleras, el cual era de plywood.	
Causas			
Se observa el deterioro del recubrimiento del cuerpo de escaleras, el cual era de plywood, debido a la falta de mantenimiento y el abandono.			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	del primer nivel al quinto		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Perdida de cielo Falso	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		Se observa la pérdida del cielo falso en varias áreas del edificio	
Causas			
Se atribuida a la falta de mantenimiento y al abandono.			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	del primer nivel al quinto		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Sistema Electrico	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		<p>El edificio no posee sistema eléctrico permanente; solo tiene conexiones provisionales en la primera planta, la cual se utiliza como bodega.</p>	
Causas			
Fue retirado por el personal como medida de prevención de riesgos			

Levantamiento de daños			
Inspector:	Brayan Josué Guerra Alas		
Inspector:	Jonathan Enmanuel Ardón Guzman		
Ubicación de la edificación:	Final de la 15ª calle poniente y la prolongación de la diagonal universitaria, en el Centro de Gobierno, departamento de San Salvador, municipio de San Salvador centro		
Fecha de inspeccion:	10/1/2025	Zona sísmica:	I
Uso del edificio:	Primer y segundo nivel bodegas, resto del inmueble abandonado		
Ubicación del daño en el edificio:	Fachada principal		
Fotografía:		Tipo de daño:	
		Daños en sistema hidráulico	
		Clasificación del daño:	
		Daños no estructurales	
		Descripción del daño:	
		No se cuenta con sistema hidráulico en el edificio.	
Causas			
Falta de mantenimiento, abandono y derretimiento por fuego.			

3.4 ENSAYOS REALIZADOS

Para poder conocer las propiedades mecánicas de la estructura del concreto se realizaron una serie de ensayos no destructivos de la siguiente manera:

- Pachómetro (Micro Covermeter), el cual fue utilizado para determinar la posición de las barras de acero en las columnas a implementar ensayos de ASTM C805 y ASTM C597. Se determinó con él, de manera aproximada, la posición y número de las barras y el recubrimiento de las columnas. En las siguientes imágenes se muestra la implementación del método (imagen 52) y el detallado de la posición del refuerzo identificado (imagen 53).



Imagen 52. Implementación de ensayo: Pachómetro.
fuente: propia.

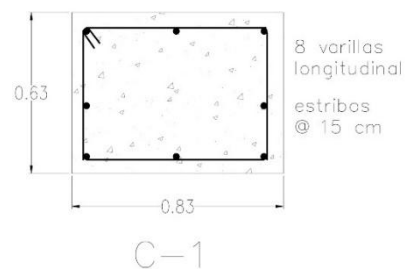
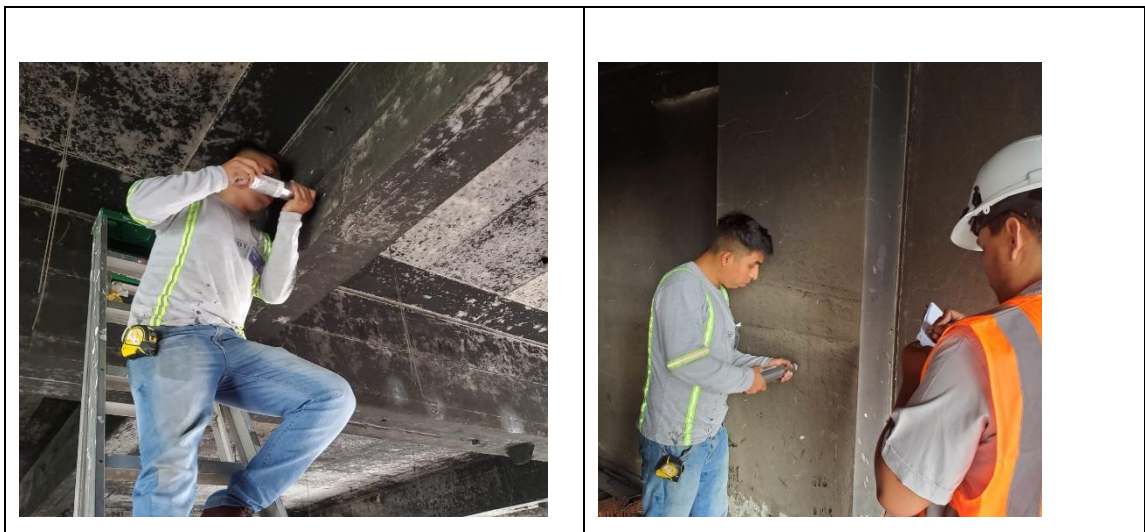


Imagen 53. Detallado de refuerzo – Columna C-1 (3/D).
fuente: propia.

- Método de Ensayo Estándar para Número de Rebote del Concreto Endurecido (ASTM C 805), el cual fue utilizado para evaluar la uniformidad del concreto “in situ” con el fin de determinar zonas de baja uniformidad o mala calidad (ver imagen 54). Además, haciendo uso del nomograma de correlación del equipo (ver imagen 55), se determinó de manera estimada la resistencia del concreto.



*Imagen 54. Implementación de ensayo: Número de rebote.
fuente: propia.*

Los resultados de ensayo de martillo de rebote son los indicados en las Tabla 3 a la Tabla 6:

Ensayo No 1 (Posición: Horizontal).

Elemento		Columna C-1	
Ubicación		3/B (4° nivel)	
No	Valor de rebote	Promedio	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
1	32	33.2	323.2
2	36		
3	34		
4	36		
5	30		
6	34		
7	32		
8	30		
9	30		
10	38		

Tabla 3. Resultados ensayo No. 1.
fuente: propia

Ensayo No. 2 (Posición: Horizontal).

Elemento		Columna C-1	
Ubicación		3/D (4° nivel)	
No	Valor de rebote	Promedio	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
1	32	31.0	280.4
2	30		
3	30		
4	34		
5	30		
6	32		
7	30		
8	32		
9	30		
10	30		

Tabla 4. Resultados ensayo No. 2.
fuente: propia

Ensayo No. 3 (Posición: Horizontal).

Elemento		Viga V-1B	
Ubicación		3/C-D (4° nivel)	
No	Valor de rebote	Promedio	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
1	54	48.8	611.8
2	48		
3	46		
4	46		
5	46		
6	50		
7	52		
8	54		
9	48		
10	54		

Tabla 5. Resultados ensayo No. 3.
fuente: propia

Ensayo No. 4 1 (Posición: Horizontal).

Elemento		Viga V-4	
Ubicación		2-3/C (4° nivel)	
No	Valor de rebote	Promedio	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
1	52	50.2	632.2
2	54		
3	50		
4	52		
5	48		
6	48		
7	52		
8	48		
9	46		
10	52		

Tabla 6. Resultados ensayo No. 4.
fuente: propia

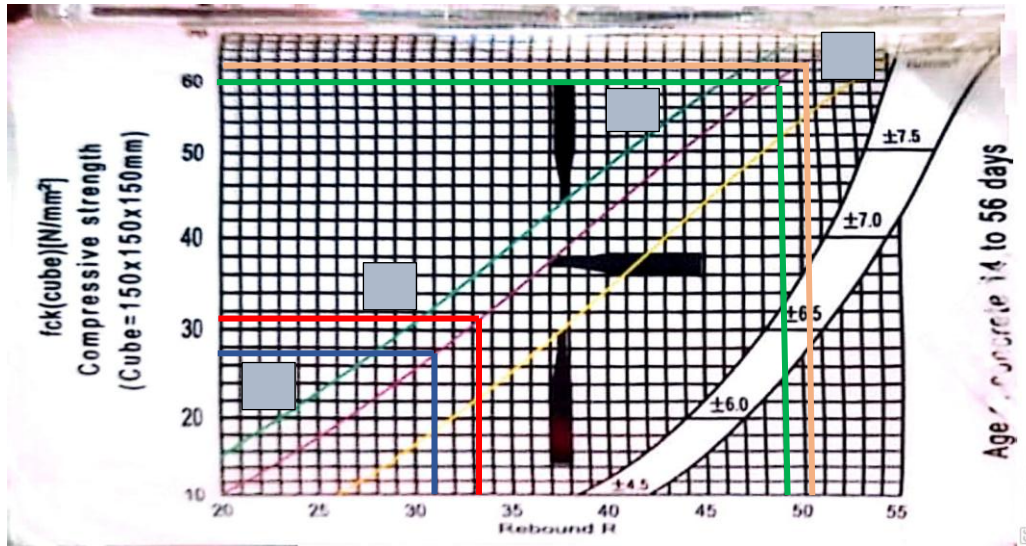


Imagen 55. Gráfica de correlación.
fuente: equipo utilizado para ensayo.

- Método de Ensayo Estándar para Velocidad de Pulso a través del Concreto, (ASTM C 597), el cual fue utilizado para determinar la uniformidad y calidad del concreto mediante la evaluación de velocidad de pulso ultrasónico que presentaba el concreto “in situ”. (ver imagen 56).



Imagen 56. Implementación de ensayo: Velocidad de pulso ultrasónico.
fuente: propia.

Los resultados de ensayos de pulso ultrasónico se presentan en la Tabla 7:

Elemento	Ubicación	Prueba	Tiempo (μ s)	Velocidad (m/s)	Calidad del Concreto
Viga V-4	2-3/C (4° piso)	1	44.1	2268	Pobre
		2	35.1	2849	Pobre
Columna C-1	2/C (4° piso)	1	22.9	3639	Buena
Columna C-1	3/D (4° piso)	1	23.0	3623	Buena
Viga V-1B	3/C-D (4° piso)	1	29.3	3413	Regular
Columna C-1	3B (4° piso)	1	29.4	3401	Regular

*La calidad del concreto es evaluada en función a Leslie & Chesseman (ver tabla 8).

Tabla 7. Resultados ensayo Pulso Ultrasónico.
fuente: propia.

Calidad del concreto	Velocidad (m/s)
Muy pobre	Inferior a 2130
Pobre	2130 – 3050
Regular	3050 – 3650
Buena	3650 – 4570
Excelente	Mayor de 4570

Calificación de la Calidad del Concreto - Leslie & Chessman

Tabla 8. Evaluación de calidad del concreto.
fuente: Leslie & Chesseman

Para estimar la resistencia a compresión del concreto por medio del ensayo de pulso ultrasónico (ver tabla 9) se utiliza la siguiente ecuación:

$$f'c = 2.016e^{0.61v}$$

Donde:

- $f'c$: en Mpa
- v : Velocidad en km/s

Elemento	Ubicación	Prueba	Tiempo (µs)	Velocidad (m/s)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
Viga V-4	2-3/C (4° piso)	1	44.1	2268	82.02
		2	35.1	2849	116.91
Columna C-1	2/C (4° piso)	1	22.9	3639	189.29
Columna C-1	3/D (4° piso)	1	23.0	3623	187.45
Viga V-1B	3/C-D (4° piso)	1	29.3	3413	164.95
Columna C-1	3B (4° piso)	1	29.4	3401	163.71

Tabla 9. Estimación de resistencia mediante ASTM C597.
fuente: propia

Si hacemos una comparación de los resultados de los dos ensayos, podemos observar una diferencia bastante marcada (ver tabla 10). Esto se debe principalmente a los efectos de la carbonatación en los elementos estructurales. Cuando un elemento se encuentra carbonatado, las capas superficiales del concreto tienden a volverse más densas y duras, lo que influye directamente en el resultado del ensayo de esclerometría, el cual mide la dureza superficial del material. Por esta razón, los elementos carbonatados presentan resultados

mayores en este tipo de prueba, aunque esto no necesariamente refleje una mejora real en la resistencia estructural del concreto en su totalidad.

Elemento	Ubicación	Resistencia a Compresión kg/cm ² (esclerómetro)	Resistencia a Compresión kg/cm ² (Pulso ultrasónico)
Viga V-4	2-3/C (4° piso)	632.2	82.02
			116.91
Columna C-1	2/C (4° piso)	-	189.29
Columna C-1	3/D (4° piso)	280.4	187.45
Viga V-1B	3/C-D (4° piso)	611.8	164.95
Columna C-1	3B (4° piso)	323.2	163.71

Tabla 10. Comparación de estimación de resistencia mediante ASTM C805 y ASTM C597.
fuente: propia

CONCLUSIONES

1. El edificio sufrió daños durante el sismo de 1986, los cuales, en su momento, pudieron haber sido reparados. Sin embargo, el abandono prolongado de la edificación ha tenido un impacto significativo en su estado de conservación, acelerando el deterioro de sus materiales y componentes estructurales. La falta de mantenimiento ha facilitado la infiltración de agua, la acumulación de humedad y la aparición de patologías como la carbonatación, la eflorescencia y la corrosión del acero de refuerzo.

Además, la exposición constante a factores ambientales, sumada a la ausencia de intervenciones correctivas, ha agravado la degradación de elementos clave como las juntas, los revestimientos y los sistemas de drenaje, comprometiendo así la integridad del inmueble.

En este contexto, es fundamental reconocer que el abandono no solo afecta la apariencia del edificio, sino que también incrementa su vulnerabilidad estructural y reduce considerablemente su vida útil.

2. Las prácticas de rescate realizadas por el Cuerpo de Bomberos ocasionaron diversos daños en el edificio, afectando tanto su integridad estructural como sus elementos de acabado. La exposición al fuego durante los entrenamientos provocó el deterioro de varios materiales, evidenciado en el descascaramiento de la pintura y posibles afectaciones en el concreto y la mampostería de relleno.

Además, la ejecución de perforaciones triangulares en las paredes interiores de relleno comprometió aún más la estabilidad de estos elementos no estructurales.

Si bien estas intervenciones fueron controladas y con fines de entrenamiento, el impacto en la edificación resalta la importancia de evaluar y mitigar.

3. Los daños severos observados en el edificio son producto de configuraciones estructurales inadecuadas que comprometen su comportamiento ante cargas laterales. Entre ellos, destaca el daño en las columnas del primer nivel, especialmente en la columna 2B, el cual resalta la importancia de evaluar adecuadamente la resistencia y ductilidad de los elementos estructurales. En este caso, el daño es atribuible a una configuración tipo "piso débil", ya que el primer nivel presenta una altura considerablemente mayor que los niveles superiores, condición que lo hace más susceptible a deformaciones y fallas ante eventos sísmicos.

Adicionalmente, se registraron daños severos en las paredes de relleno, los cuales se originaron por su interacción directa con la estructura principal. Dicha interacción fue causada por la vinculación de las paredes mediante nervios de confinamiento, impidiendo su desplazamiento independiente y generando concentraciones de esfuerzos que derivaron en su colapso parcial o total.

4. La evaluación del edificio revela que el núcleo de escaleras y ascensor, ubicado de manera excéntrica respecto al centro de masa, presenta deficiencias que limitan la capacidad de la estructura para resistir fuerzas laterales, comprometiendo su estabilidad. Además, el cuerpo de escaleras se encuentra vinculado directamente a la estructura principal, lo que genera una interacción rígida no prevista en el diseño, favoreciendo la transferencia de esfuerzos hacia elementos principales y aumentando el riesgo de daños ante eventos sísmicos.

La ausencia de un núcleo estructuralmente reforzado, que debió haberse cerrado con materiales resistentes para mejorar la rigidez y el

comportamiento frente a cargas laterales, reduce considerablemente la capacidad del edificio para absorber esfuerzos sísmicos y responder adecuadamente ante emergencias.

Adicionalmente, la falta de escaleras de emergencia constituye una deficiencia crítica en términos de seguridad y evacuación, poniendo en riesgo la integridad de los ocupantes en situaciones de emergencia.

5. La comparación de los resultados obtenidos mediante los ensayos no destructivos (martillo de rebote y pulso ultrasónico) refleja una variación considerable en la estimación de la resistencia a compresión del concreto. Esta dispersión en los valores se atribuye al avanzado estado de deterioro de la edificación, provocado por el abandono prolongado y la exposición al fuego, condiciones que han acelerado procesos de degradación como la carbonatación del concreto.

La presencia de carbonatación afecta directamente las propiedades mecánicas del material, reduciendo su resistencia y alterando los resultados de los métodos de evaluación indirecta. Por ello, para determinar de manera más precisa la resistencia real del concreto, es fundamental complementar los ensayos no destructivos con métodos directos, como la extracción y análisis de núcleos.

Adicionalmente, resulta necesario evaluar de forma detallada el nivel de carbonatación presente en los distintos elementos estructurales, dado que su avance podría comprometer no solo la capacidad resistente del concreto, sino también la protección del acero de refuerzo contra la corrosión, incrementando así el riesgo estructural del edificio.

6. Si bien la presente investigación ha permitido identificar y documentar una serie de daños estructurales y no estructurales en el edificio Ex-Correos de El Salvador, se reconoce que el estudio no ha sido concluido en su
-

totalidad. Por lo tanto, este trabajo debe considerarse como una fase inicial de diagnóstico, la cual servirá de base para una segunda etapa de análisis y propuesta de intervención que será desarrollada por un nuevo grupo de egresados de la Escuela de Ingeniería Civil.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar los estudios hacia las cimentaciones del edificio mediante un análisis detallado y exhaustivo, dado que podrían existir deterioros no visibles a simple vista que comprometan directamente su estabilidad estructural. Este análisis es recomendable que incluya la realización de excavaciones controladas para identificar el tipo y estado de las cimentaciones existentes, así como la ejecución de estudios que involucren refracción sísmica y estudios de propiedades del suelo, incorporando pruebas de penetración estándar (SPT), con el objetivo de evaluar la resistencia y rigidez del terreno de apoyo.

Asimismo, se sugiere realizar inspecciones en las áreas de sótano, con el propósito de detectar posibles asentamientos diferenciales o desplazamientos del terreno. La información obtenida a partir de estos estudios permitirá comprender de manera más precisa el comportamiento estructural de la base del edificio.

2. Con base en la variabilidad observada en los resultados de los ensayos no destructivos, se recomienda realizar un análisis complementario utilizando métodos destructivos, tales como la extracción de núcleos de concreto, para obtener una estimación más precisa de la resistencia a compresión real. Además, es crucial realizar un estudio detallado del grado de carbonatación en los diferentes elementos estructurales, con el fin de
-

evaluar el impacto de este fenómeno en la capacidad resistente del concreto y en la protección del acero de refuerzo. Esta evaluación debe considerar el posible riesgo de corrosión del acero, lo que podría comprometer la seguridad estructural del edificio a largo plazo.

3. Se recomienda realizar una limpieza integral y minuciosa del edificio, retirando todos los elementos no funcionales o en mal estado, con el objetivo de optimizar el uso del espacio y mejorar las condiciones generales del entorno. Adicionalmente, dado que el acceso dentro del edificio sigue siendo limitado y la circulación no es adecuada, especialmente en situaciones de emergencia como un sismo, es fundamental asegurar que las rutas de evacuación y los accesos estén completamente despejados y libres de obstáculos. Esta medida contribuirá significativamente a mejorar la seguridad del inmueble, facilitando una evacuación ágil y eficiente en caso de emergencia y reduciendo riesgos asociados a posibles retrasos o bloqueos durante un evento crítico.

 4. Es recomendable crear una base de datos y un sistema de resguardo de registros históricos que contengan información detallada sobre el estado del edificio a lo largo del tiempo. Este sistema debe incluir datos sobre las condiciones estructurales, los daños observados, las reparaciones realizadas, y las evaluaciones y mantenimientos periódicos. Contar con esta base de datos permitirá monitorear el progreso del deterioro del edificio de manera más precisa, brindando una herramienta útil para futuras decisiones sobre intervenciones necesarias.
-

BIBLIOGRAFÍA.

1. Claudia María, A. G., Bonilla Hernández , O. A., & Lizama Escobar , M. A. (2023). *Tesis de pregrado Propuesta de diseño arquitectónico de edificio administrativo para protección civil*. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Arquitectura.
 2. FOPAE, F. d. (2011). *GUÍA DE PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS, ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES*. COLOMBIA: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS .
 3. GRANADOS MEJIA, E. A., & LEMUS HERNÁNDEZ, M. A. (2003). *TESIS EVALUACIÓN DE DAÑOS TÍPICOS DE EDIFICACIONES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR ANTE LOS SISMOS OCURRIDOS EN 1986 Y 2001*. SAN SALVADOR: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.
 4. María Mercedes Florentín Saldaña, & Granada Rojas, R. D. (2009). *PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS EN LOS EDIFICIOS PREVENCIÓNES*. Asunción: Facultad de ARQUITECTURA, DISEÑO y ARTE.
 5. Najarro Gálvez, C. V. (2008). *Tesis de pregrado Metodología para la evaluación de daños en edificaciones post-sismo*. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil.
-

6. Portacio Peñafiel, R. A. (2010). *Tesis de pregrado Problemas de estructuración sísmica y configuración estructural en las edificaciones del centro histórico de la ciudad de Sincelejo*. Sincelejo: Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Sincelejo, Colombia.

 7. Trujillo Tamayo, S. F. (2020). *Análisis de los efectos de la irregularidad en planta y esbeltez en el comportamiento sísmico de edificios*. Barcelona: Escola técnica superior d'Enginyeria de Camins, Canals, UPC BARCELONATECH.

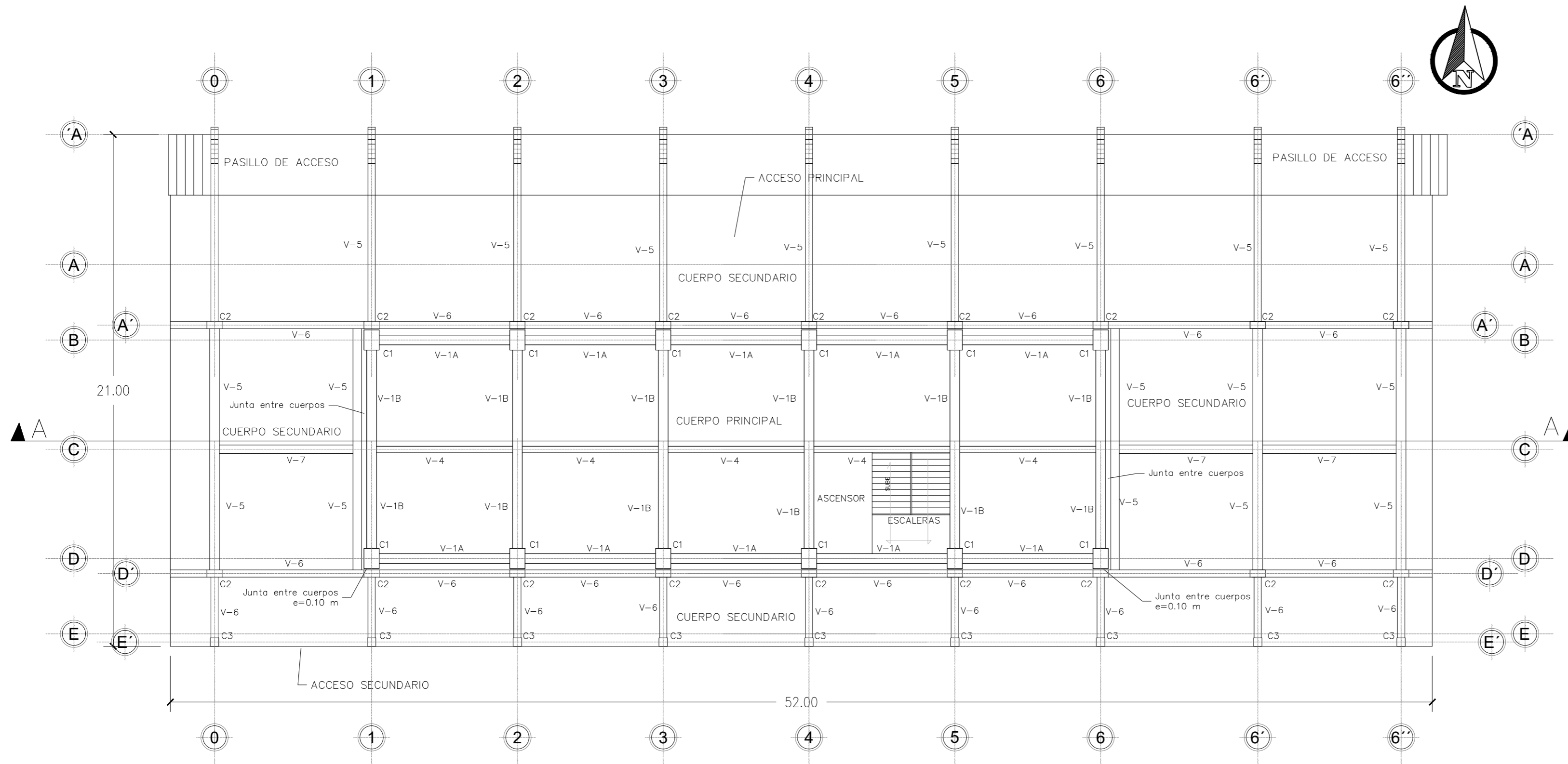
 8. VENTURA RODRIGUEZ. (2004). *MANUAL DE PATOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN*. MADRID: DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE LA EDIFICACIÓN, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

 9. Vera Guarnizo, M. C., Miranda Gutiérrez, D. A., Monroy Gutiérrez, J. E., Díaz Ochoa, M. L., & Grimaldo Rodríguez, J. F. (2022). *PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, UN EJERCICIO DE IMPACTO AL SERVICIO DE LA COMUNIDAD*. BOGOTA: Diana Carolina Díaz Barbosa, CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.
-

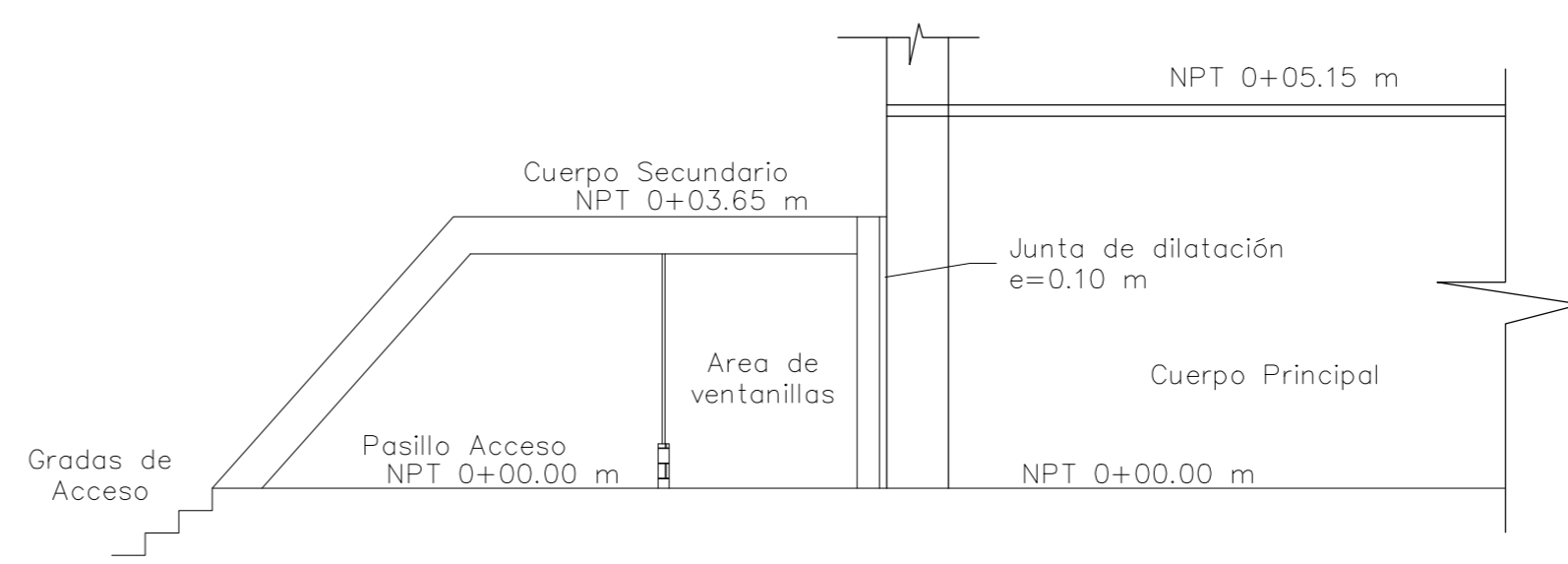
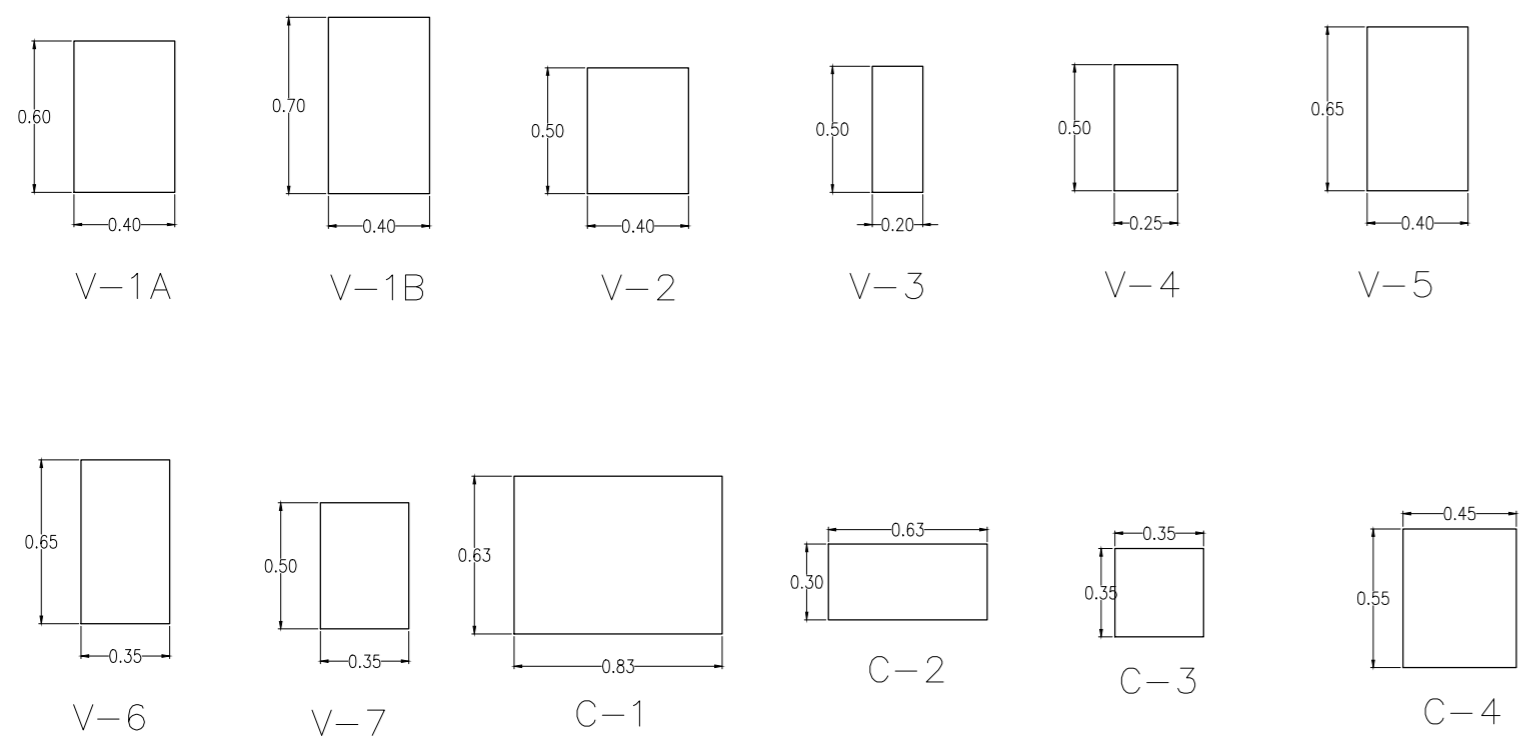
ANEXOS

Planos geométricos.

Planos de levantamiento de daños.



PRIMERA PLANTA 0+00.00 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



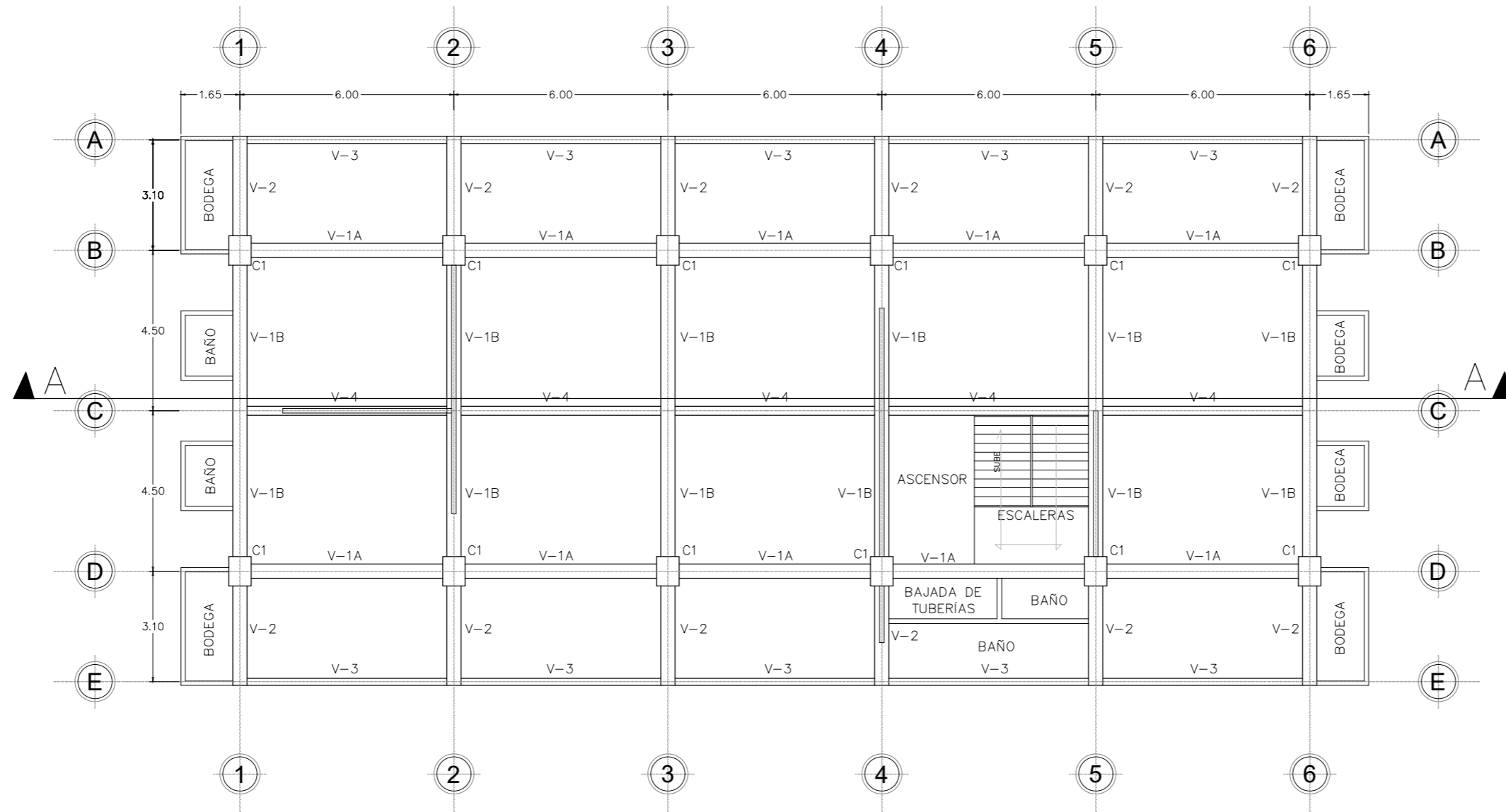
SECCIÓN TIPO (NORTE-SUR)
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:100

SIMBOLOGIA

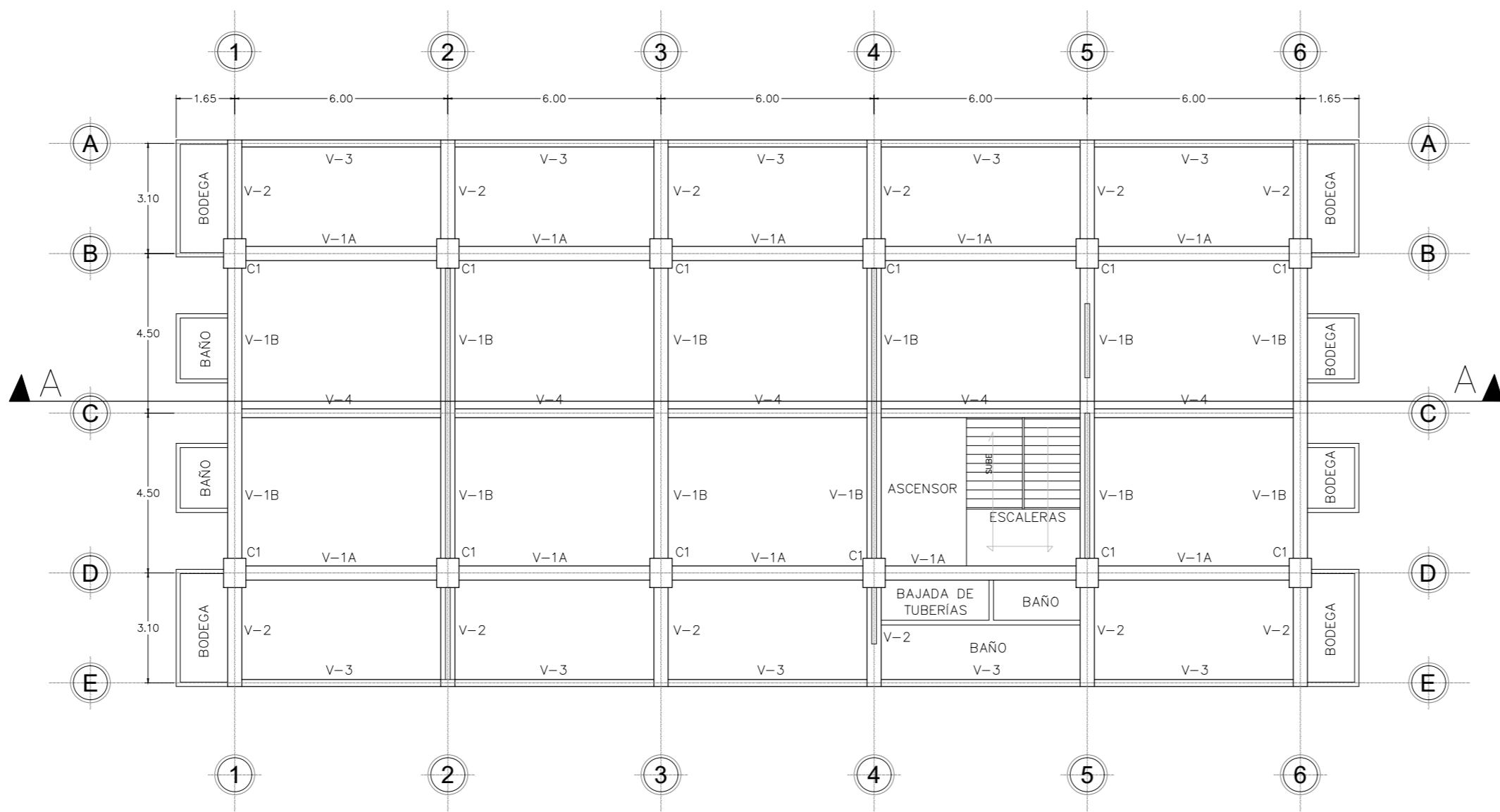
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
V-1A	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.60 m.
V-1B	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.70 m.
V-2	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.50 m.
V-3	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.20X0.50 m.
V-4	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.25X0.50 m.
V-5	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.65 m.
V-6	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.65 m.
V-7	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.50 m.
C-1	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.83X0.63 m.
C-2	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.63X0.30 m.
C-3	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.35 m.
C-4	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.55X0.45 m.



Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR
Ubicación:	DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO
Propietario:	CORREOS EL SALVADOR
Presenta:	-Brayan Josué Guerra Alas -Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán
Contenido de la Hoja:	PLANTA GEOMETRICA ELEV 0+00.00 m
Escala:	INDICADAS
Hoja:	01 / 05
Fecha:	MARZO 2025



SEGUNDA PLANTA 0+05.15 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



TERCERA PLANTA 0+08.60 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



SIMBOLOGIA	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
V-1A	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.60 m.
V-1B	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.70 m.
V-2	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.50 m.
V-3	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.20X0.50 m.
V-4	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.25X0.50 m.
V-5	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.65 m.
V-6	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.65 m.
V-7	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.50 m.
C-1	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.83X0.63 m.
C-2	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.63X0.30 m.
C-3	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.35 m.
C-4	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.55X0.45 m.



Proyecto: ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR

Ubicación: DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO

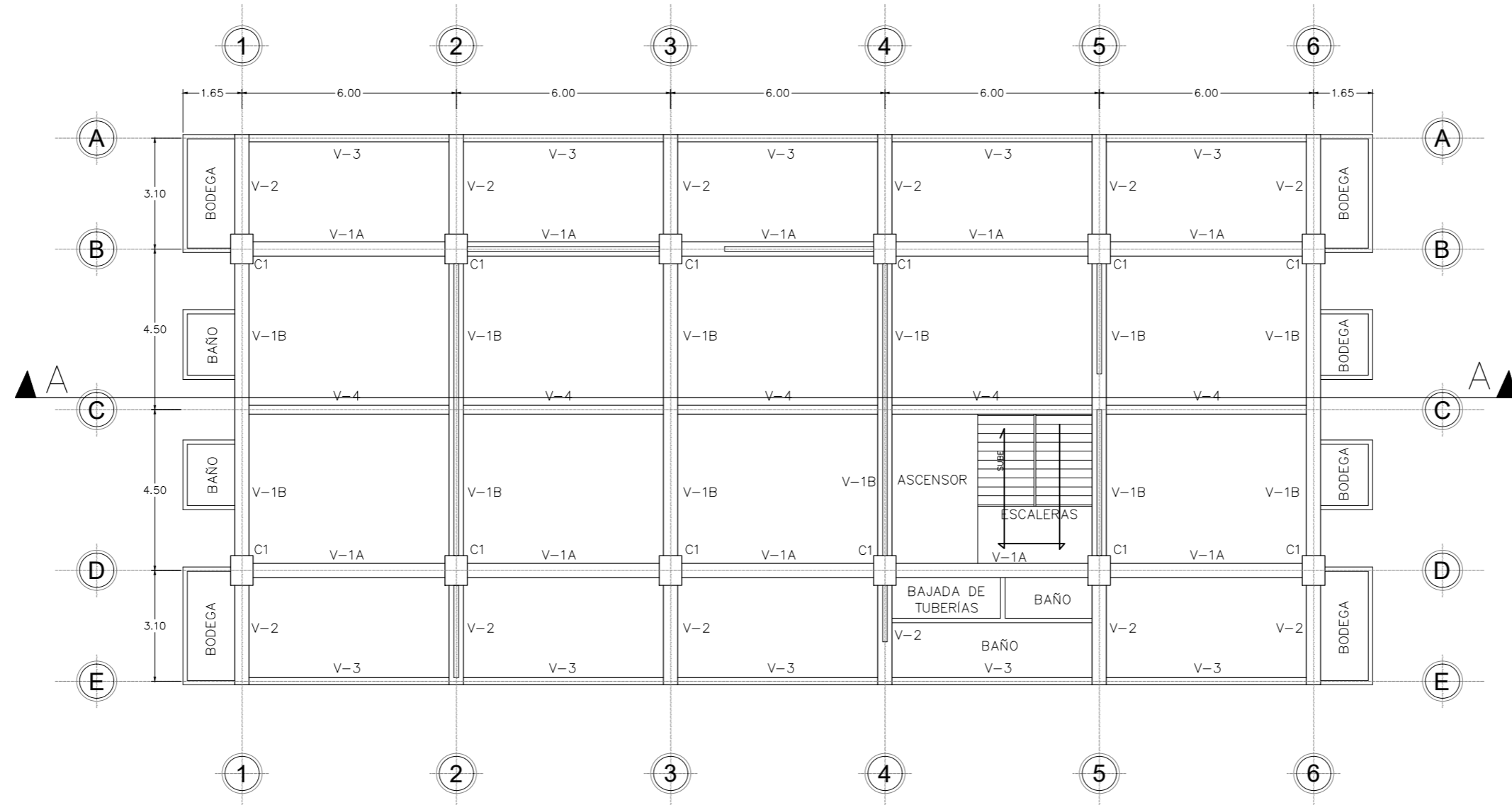
Propietario: CORREOS EL SALVADOR

Presenta:
-Brayan Josué Guerra Alas
-Jonathan Emmanuel Ardón Guzmán

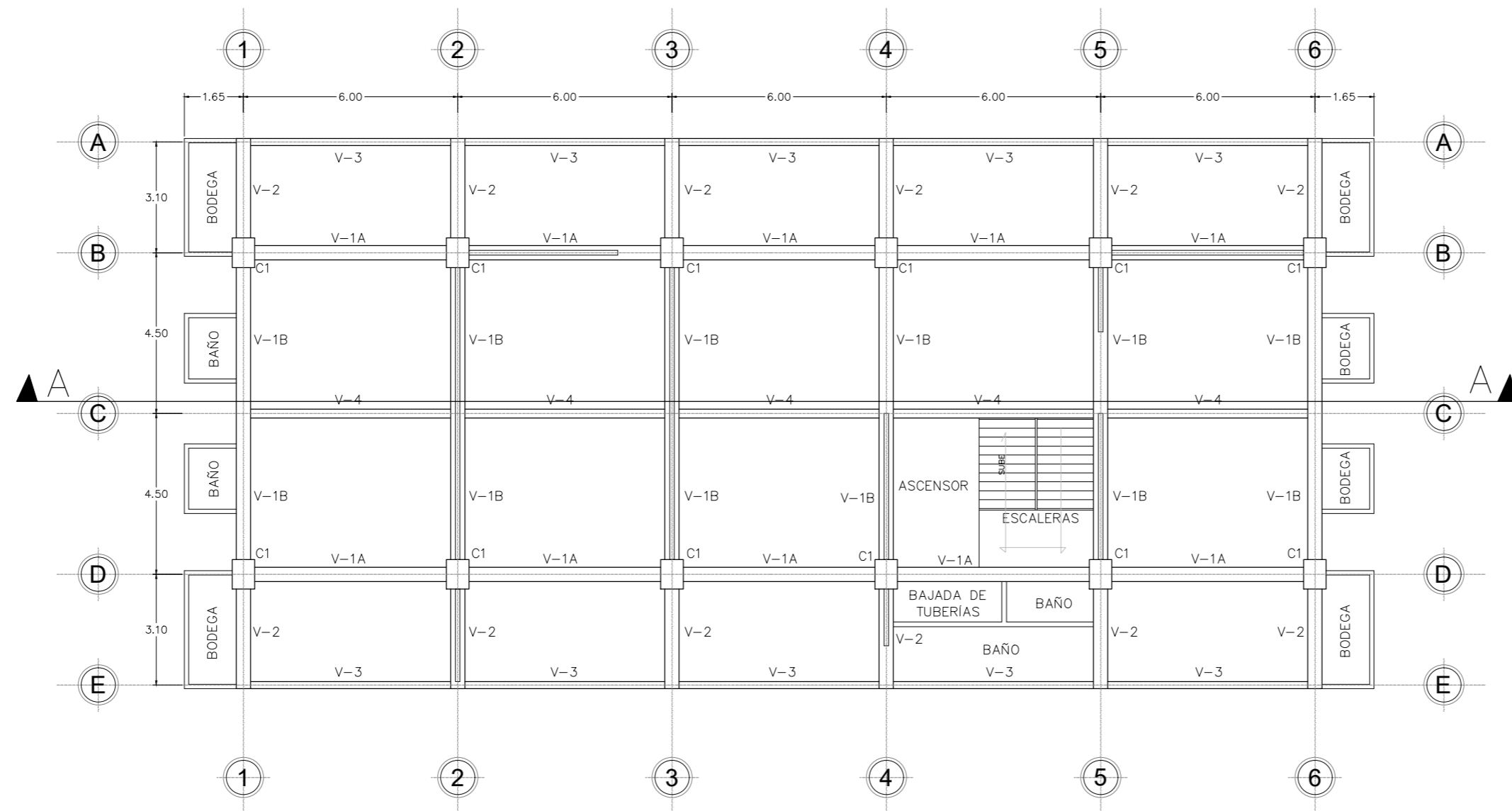
Contenido de la Hoja: PLANTA GEOMETRICA
ELEV 0+05.15 m
ELEV 0+08.60 m

Escala: INDICADAS **Hoja:** 02 / 05

Fecha: MARZO 2025



CUARTA PLANTA 0+12.05 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



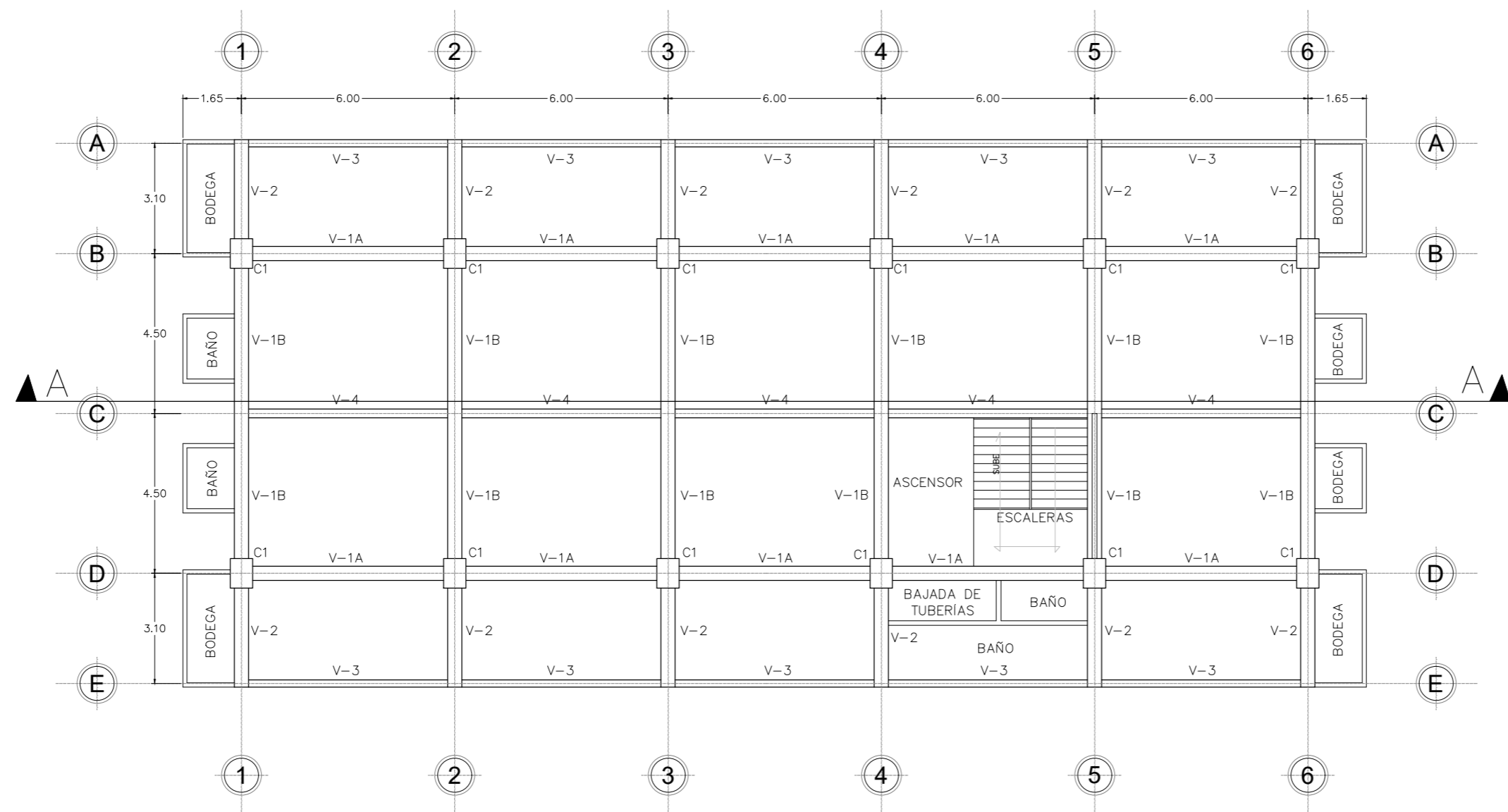
QUINTA PLANTA 0+15.50 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



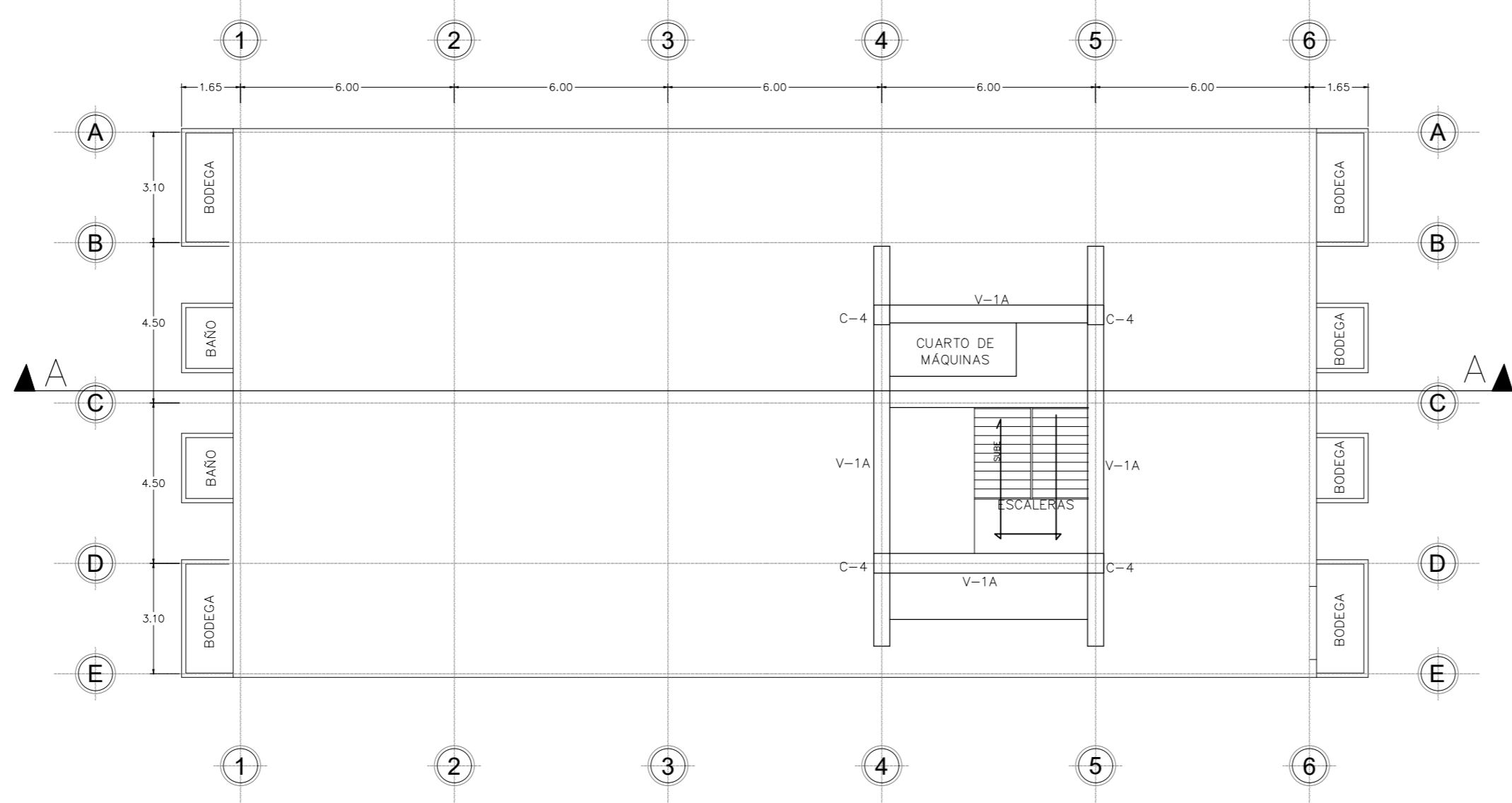
SIMBOLOGIA	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
V-1A	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.60 m.
V-1B	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.70 m.
V-2	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.50 m.
V-3	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.20X0.50 m.
V-4	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.25X0.50 m.
V-5	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.65 m.
V-6	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.65 m.
V-7	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.50 m.
C-1	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.83X0.63 m.
C-2	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.63X0.30 m.
C-3	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.35 m.
C-4	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.55X0.45 m.



Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR
Ubicación:	DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO
Propietario:	CORREOS EL SALVADOR
Presenta:	-Brayan Josué Guerra Alas -Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán
Contenido de la Hoja:	PLANTA GEOMETRICA ELEV 0+12.05 m ELEV 0+15.50 m
Escala:	INDICADAS
Fecha:	MARZO 2025
Hoja:	03 / 05



SEXTA PLANTA 0+18.95 m
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



SEPTIMA PLANTA (AZOTEA)
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



SIMBOLOGIA

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

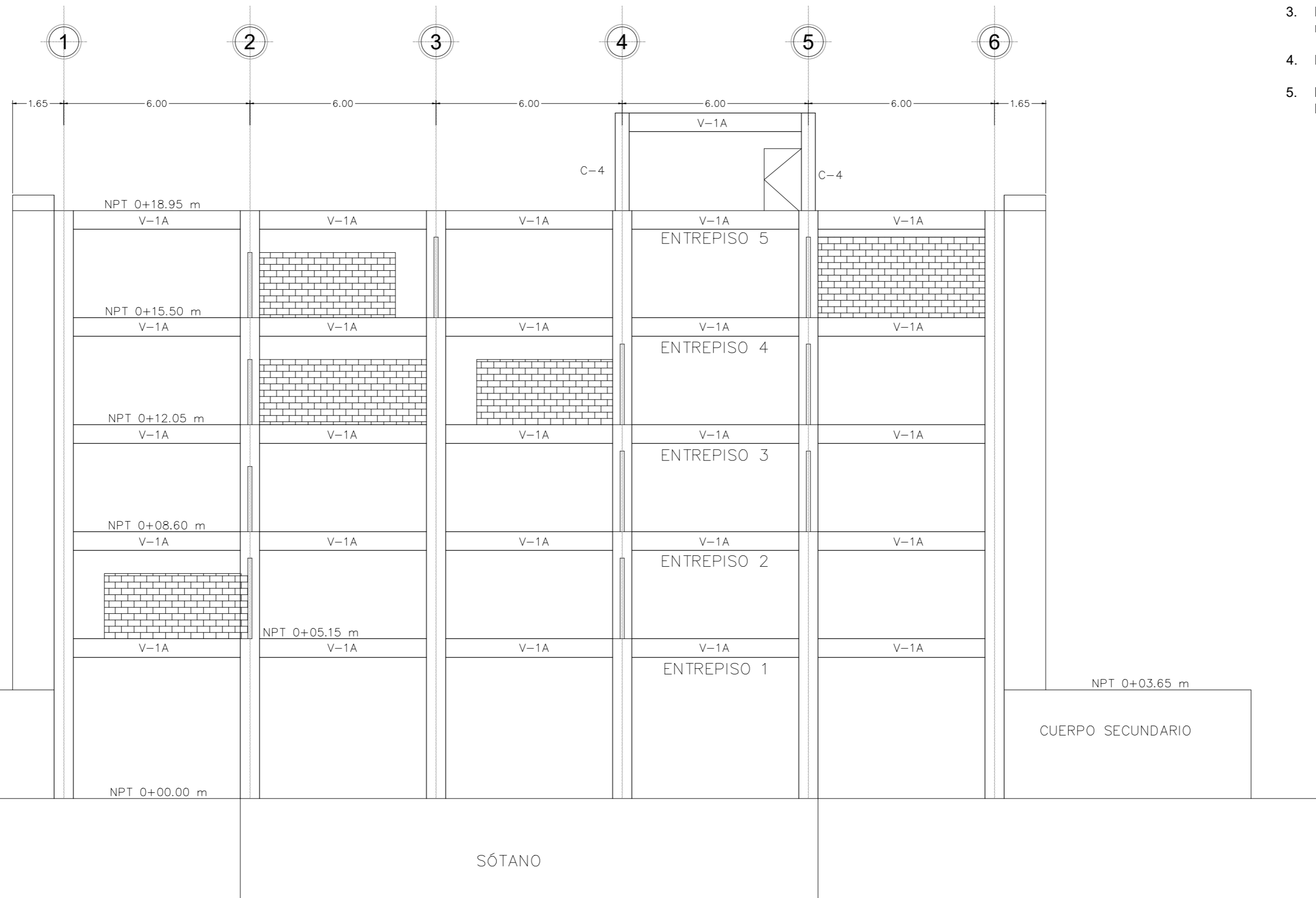
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
V-1A	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.60 m.
V-1B	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.70 m.
V-2	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.50 m.
V-3	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.20X0.50 m.
V-4	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.25X0.50 m.
V-5	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.65 m.
V-6	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.65 m.
V-7	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.50 m.
C-1	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.83X0.63 m.
C-2	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.63X0.30 m.
C-3	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.35 m.
C-4	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.55X0.45 m.



Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR
Ubicación:	DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO
Propietario:	CORREOS EL SALVADOR
Presenta:	-Brayan Josué Guerra Alas -Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán
Contenido de la Hoja:	PLANTA GEOMETRICA ELEV 0+18.95 m AZOTEA
Escala:	INDICADAS
Fecha:	MARZO 2025
Hoja:	04 / 05

SIMBOLOGIA

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
V-1A	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.60 m.
V-1B	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.70 m.
V-2	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.50 m.
V-3	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.20X0.50 m.
V-4	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.25X0.50 m.
V-5	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.40X0.65 m.
V-6	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.65 m.
V-7	VIGA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.50 m.
C-1	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.83X0.63 m.
C-2	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.63X0.30 m.
C-3	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.35X0.35 m.
C-4	COLUMNA CONCRETO REFORZADO 0.55X0.45 m.



DETALLES TÉCNICOS:

1. La junta de separación entre elementos estructurales y paredes no estructural es de 2.5 cm de espesor.
2. La junta de dilatación entre cuerpo principal y cuerpo secundario es de 10 cm entre elemento a elemento.
3. El cuerpo principal esta conformado por sistemas de marcos de concreto reforzado.
4. El piso tiene acabado de cerámica.
5. Las paredes no estructurales estan conformadas de ladrillo de barro.

SECCION GENERAL A-A
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:125



Proyecto: ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR

Ubicación: DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO

Propietario: CORREOS EL SALVADOR

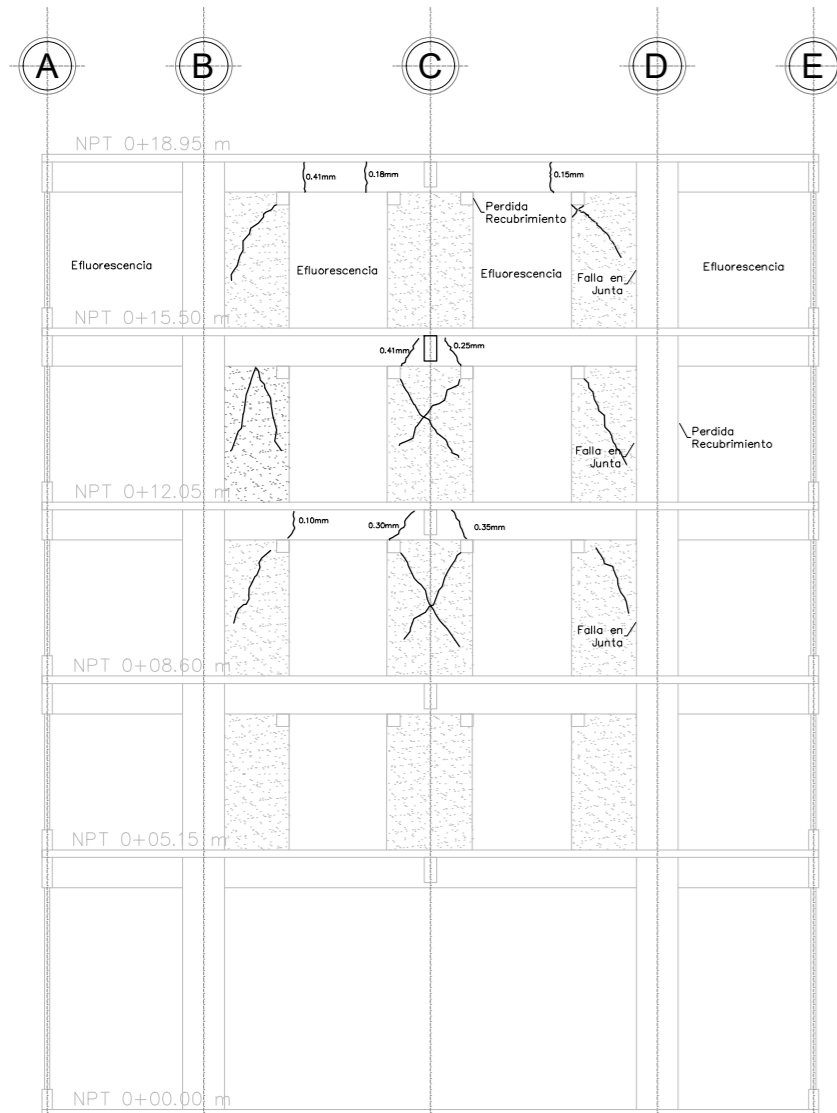
Presenta: -Brayan Josué Guerra Alas
-Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán

Contenido de la Hoja: SECCIÓN GENERAL

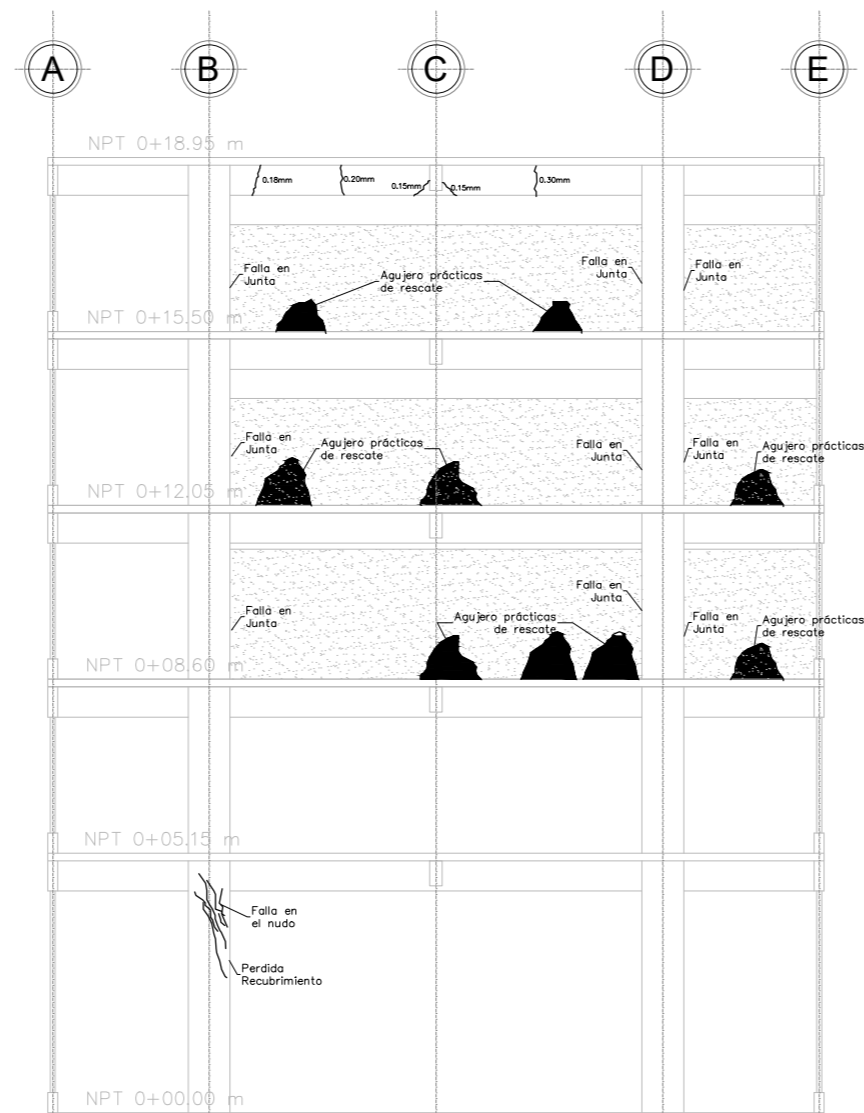
Escala: INDICADAS

Hoja: 05 / 05

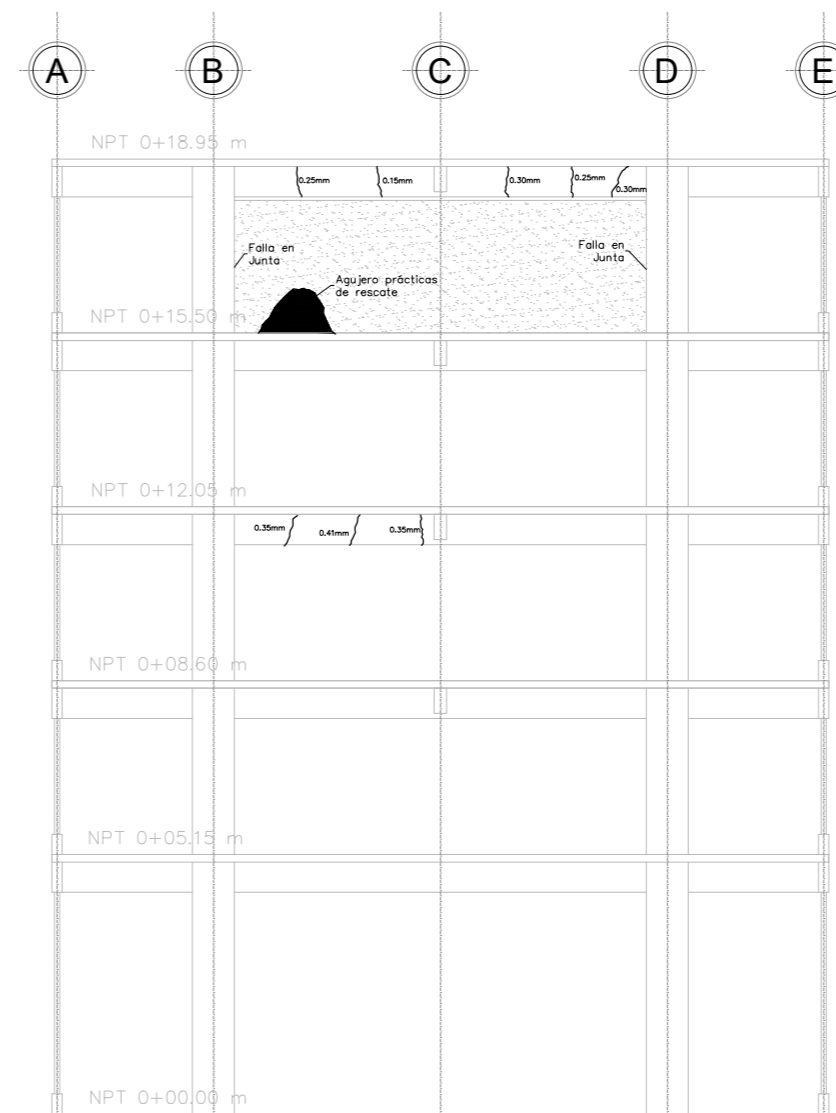
Fecha: MARZO 2025



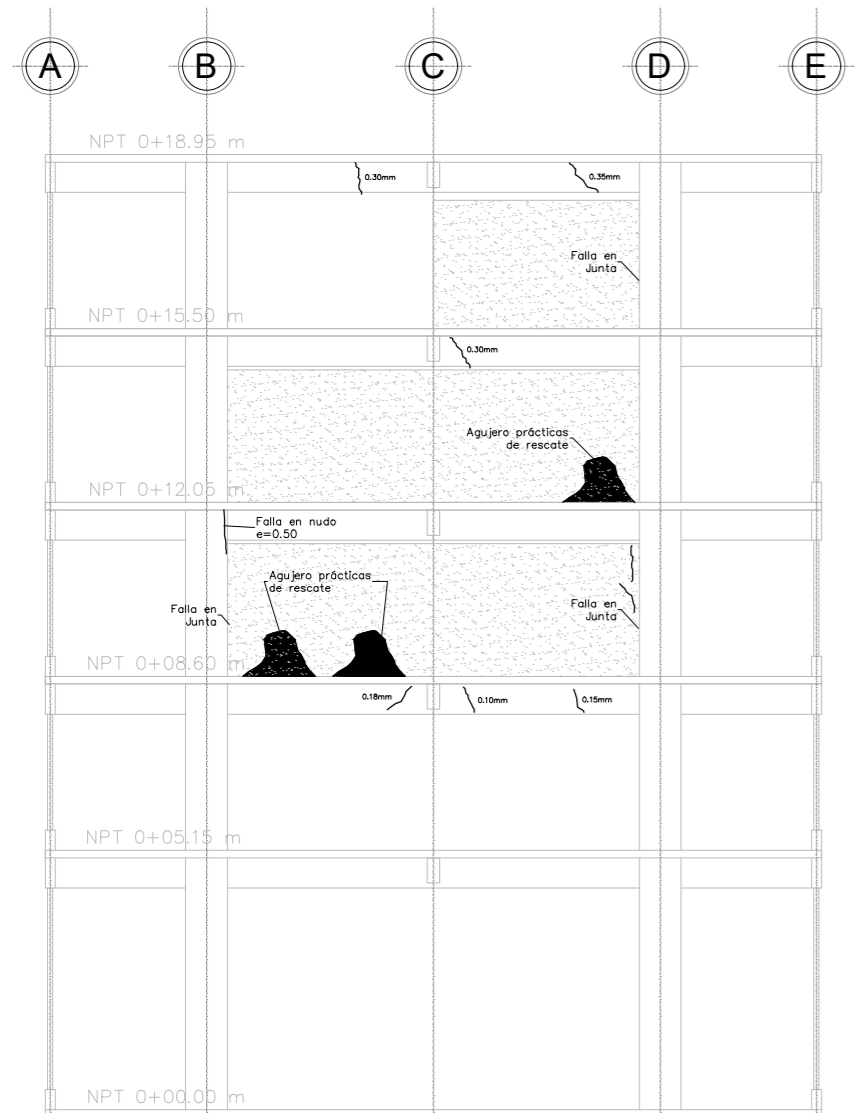
SECCIÓN EJE 1
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



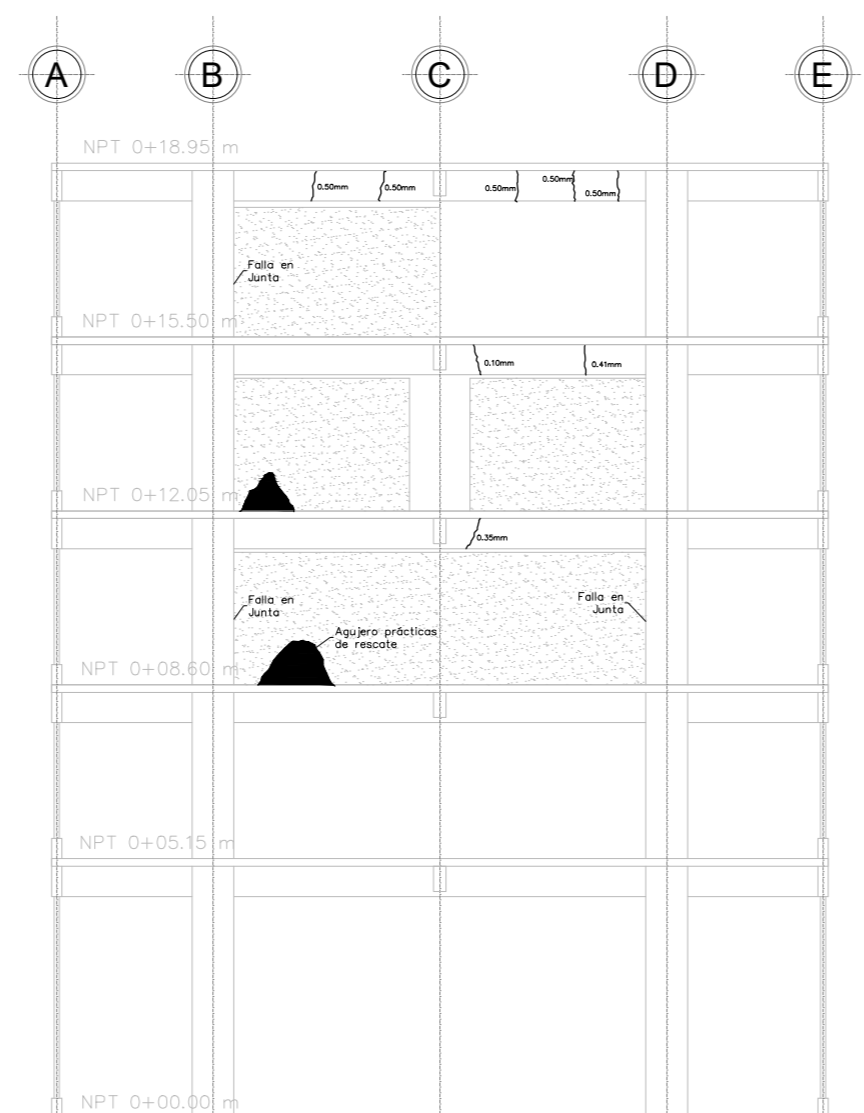
SECCIÓN EJE 2
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



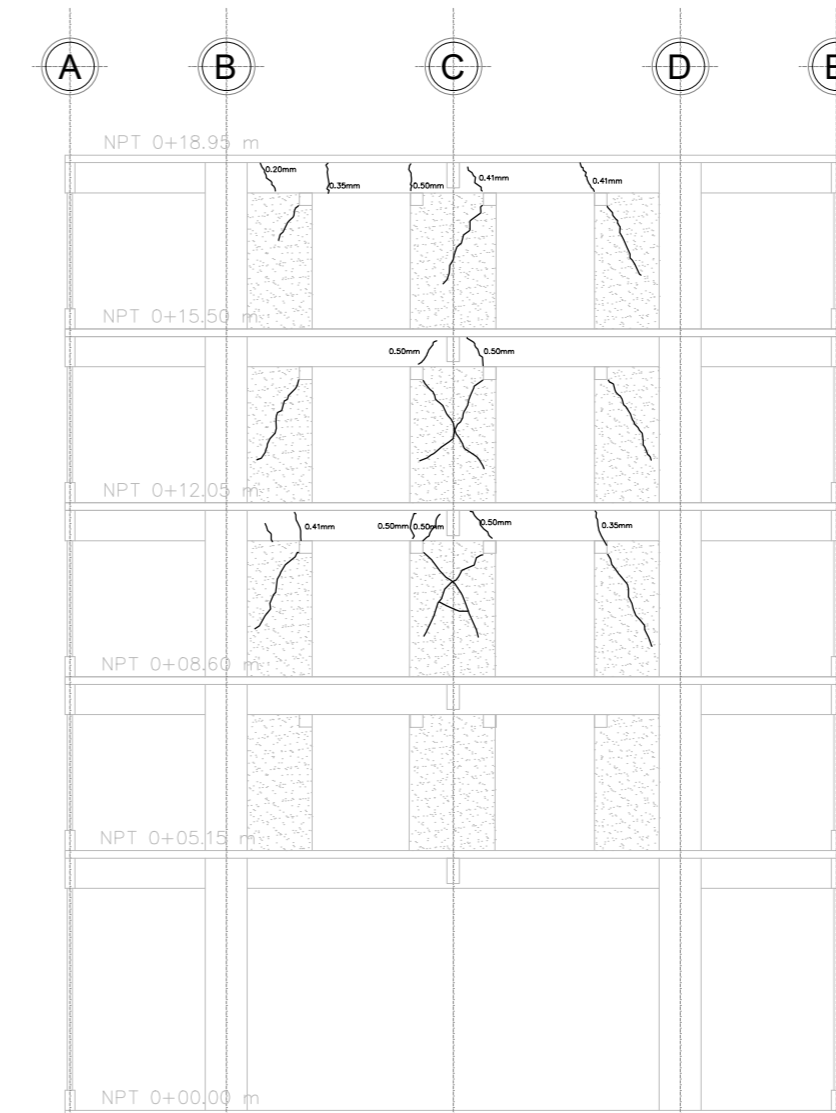
SECCIÓN EJE 3
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



SECCIÓN EJE 4
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



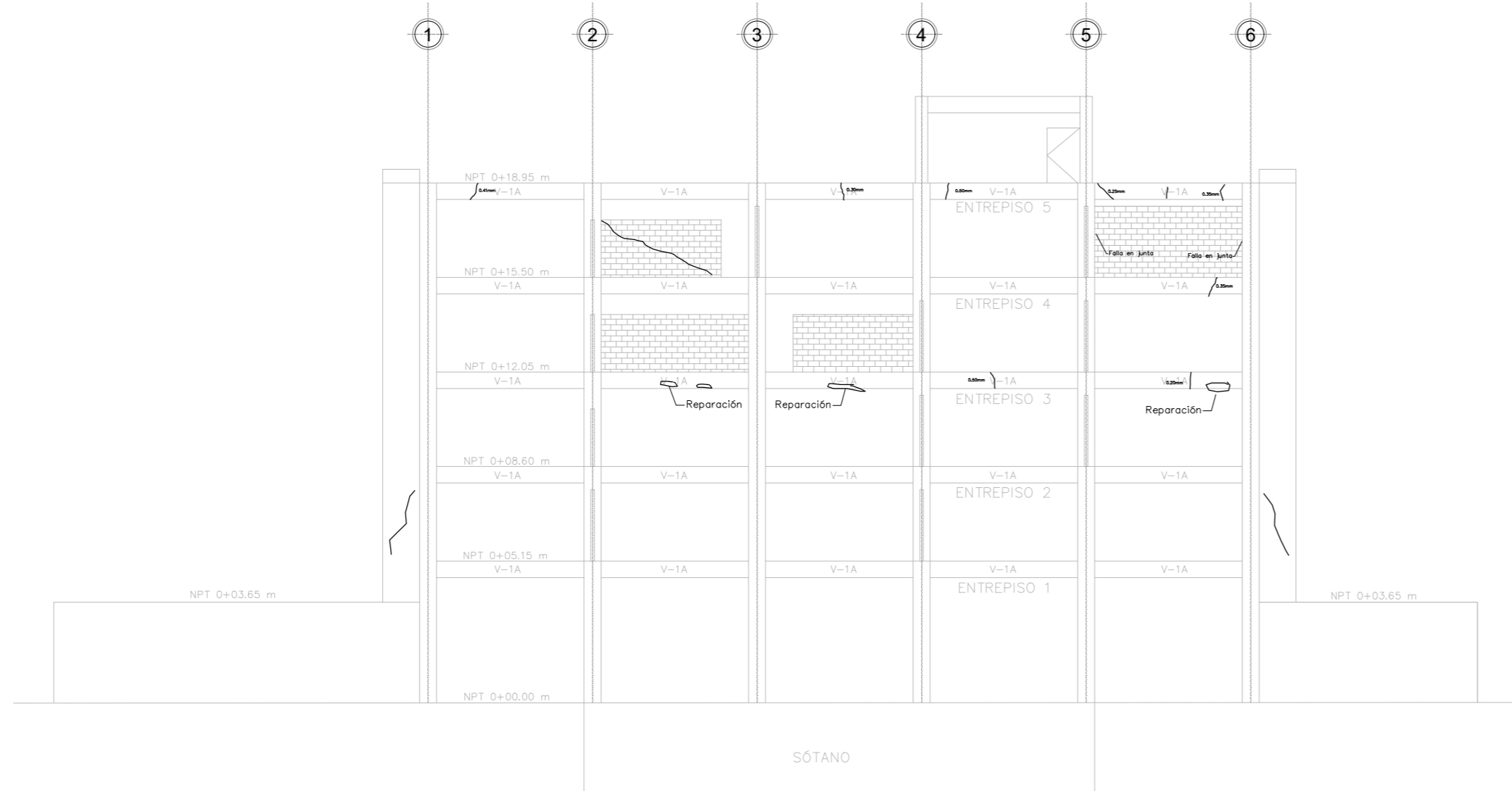
SECCIÓN EJE 5
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



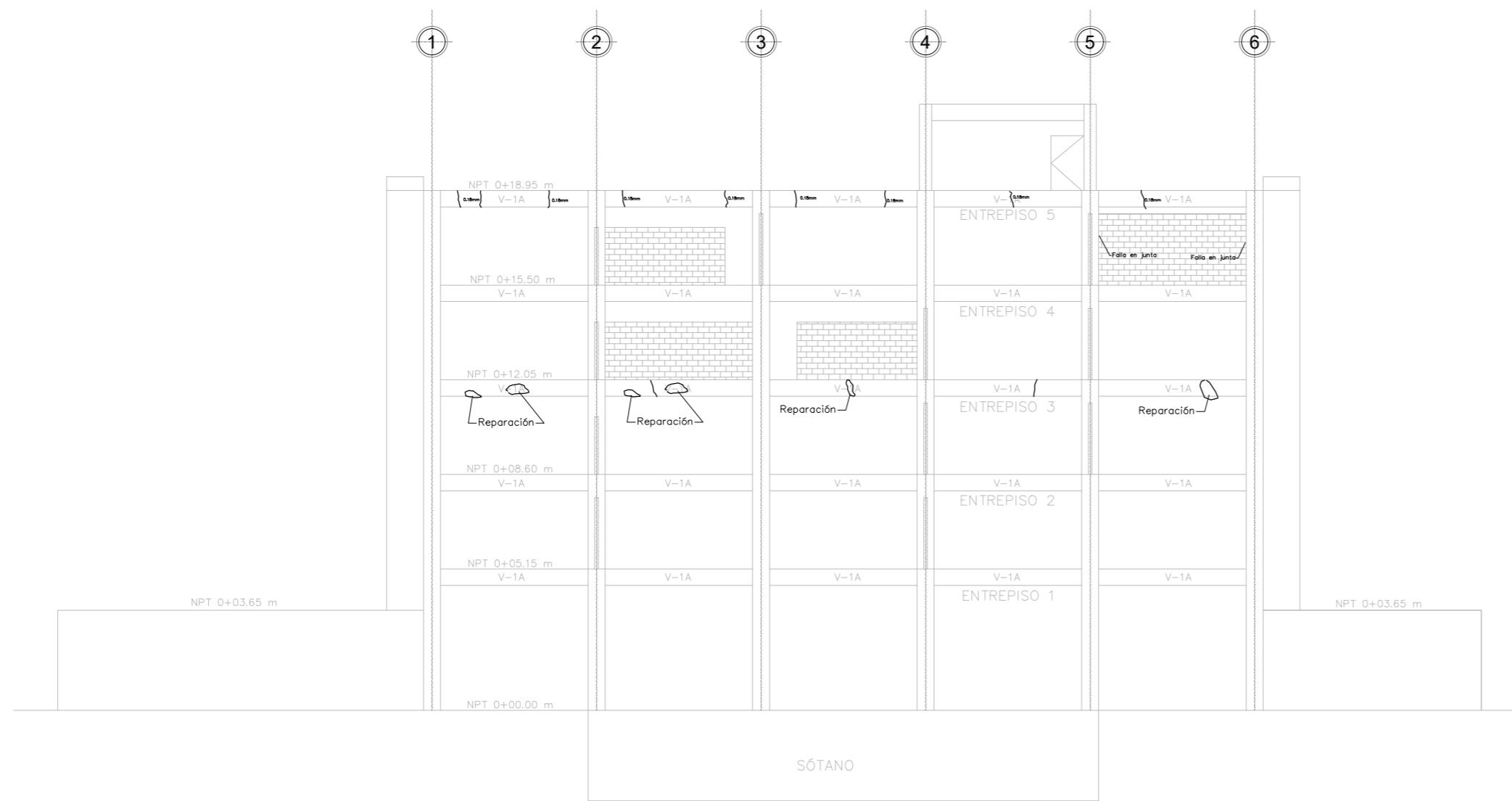
SECCIÓN EJE 6
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:150



Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR
Ubicación:	DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO
Propietario:	CORREOS EL SALVADOR
Presenta:	-Brayan Josué Guerra Alas -Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán
Contenido de la Hoja:	SECCIONES IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS - LESIONES
Escala:	INDICADAS
Fecha:	MARZO 2025
Hoja:	01 / 03



SECCIÓN EJE B
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:200



SECCIÓN EJE C
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:200



Proyecto: ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR

Ubicación: DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO

Propietario: CORREOS EL SALVADOR

Presenta: -Brayan Josué Guerra Alas
-Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán

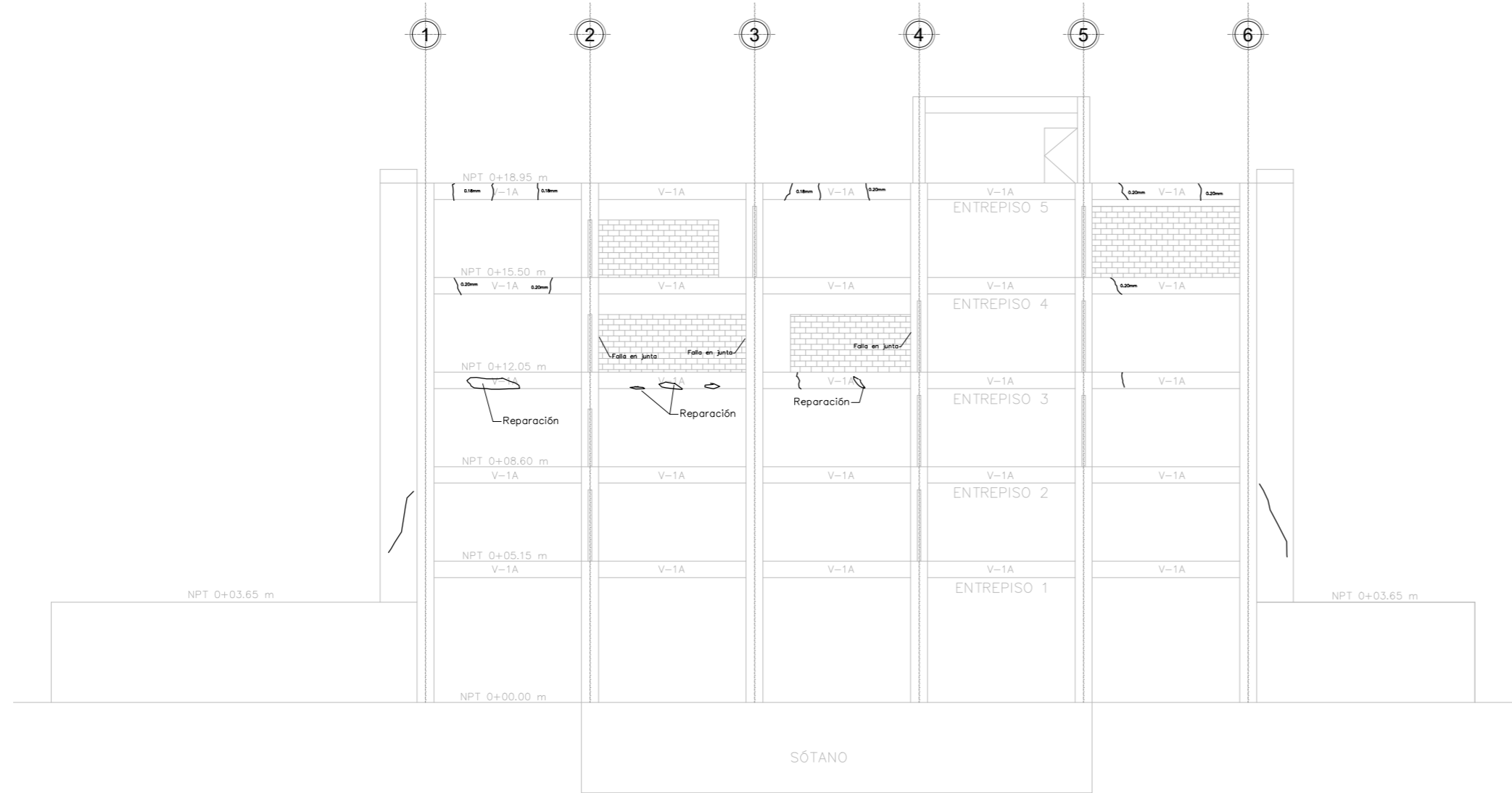
Contenido de la Hoja: SECCIONES IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS - LESIONES

Escala: INDICADAS

Hoja:

Fecha: MARZO 2025

02 / 03



SECCIÓN EJE D
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:200



PLANTA AZOTEA
EVALUACIÓN DE DAÑOS ESC. 1:200



Proyecto: ESTUDIO PATOLÓGICO INICIAL DEL EDIFICIO EX CORREOS EL SALVADOR

Ubicación: DIAGONAL UNIVERSITARIA, CENTRO DE GOBIERNO

Propietario: CORREOS EL SALVADOR

Presenta: -Brayan Josué Guerra Alas
-Jonathan Enmanuel Ardón Guzmán

Contenido de la Hoja: PLANTA AZOTEA IDENTIFICACIÓN DE DAÑOS - LESIONES

Escala: INDICADAS

Hoja:

Fecha: MARZO 2025

03 / 03