



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL  
“BLOQUE A”, DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CAMPUS EL  
GIRÓN, SEDE QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingenieros Civiles

AUTORES: Carlos Alejandro Paz Zambrano  
Patricio David Valenzuela Tipantocla

TUTOR: Carlos Alexis Ayala Moya

Quito – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Carlos Alejandro Paz Zambrano con documento de identificación N°1725143505 y Patricio David Valenzuela Tipantocta con documento de identificación N°1723264857; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 02 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Carlos Alejandro Paz Zambrano  
1725143505



---

Patricio David Valenzuela Tipantocta  
1723264857

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Carlos Alejandro Paz Zambrano con documento de identificación N°1725143505 y Patricio David Valenzuela Tipantocta con documento de identificación N°1723264857; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Levantamiento Estructural y Evaluación Preliminar del “Bloque A”, de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus el Girón, Sede Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de febrero del 2024

Atentamente,



---

Carlos Alejandro Paz Zambrano  
1725143505



---

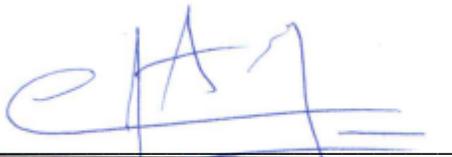
Patricio David Valenzuela Tipantocta  
1723264857

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Carlos Alexis Ayala Moya con documento de identificación N° 1712968971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL “BLOQUE A”, DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CAMPUS EL GIRÓN, SEDE QUITO, realizado por Carlos Alejandro Paz Zambrano con documento de identificación N°1725143505 y Patricio David Valenzuela Tipantocta con documento de identificación N°1723264857, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Carlos Alexis Ayala Moya MSc.

1712968971

## **DEDICATORIA**

Con gratitud y mucho amor, dedico este logro a los dos pilares fundamentales de mi vida: a mi papá, cuyo constante apoyo, sabiduría y ejemplo inquebrantable me han guiado en cada paso de mi camino; a mi querida mamá, cuya paciencia, aliento incondicional y amor han sido mi refugio en cada inconveniente que se me ha presentado.

También quiero extender mi agradecimiento a todos los docentes ya amigos que me han sostenido con su aliento y confianza a lo largo de este desafiante proceso de estudio. Las palabras de aliento, consejos y presencia han sido la brújula que me ha guiado hacia la meta final.

Este logro no es solo mío, sino de todos los corazones que se han unido a mi lado para formar esta historia. Mi dedicación a la búsqueda del conocimiento ha sido fortalecida por el amor y el apoyo que he recibido. Que este logro sea una expresión de mi profundo agradecimiento.

*CARLOS PAZ*

## **DEDICATORIA**

A Dios por siempre darme fuerzas para llegar a este momento tan importante para mi vida profesional.

A mis padres Genaro y Lucia por haberme dado la oportunidad de seguir una carrera universitaria, y siempre brindarme su apoyo y cariño en cada uno de mis momentos más difíciles

*DAVID VALENZUELA*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dirigir mi agradecimiento al supremo ser que guía mi camino. A Dios, por concederme la salud, la fortaleza y todas las posibilidades necesarias para enfrentar cada reto y superar cada obstáculo en el camino hacia la realización de este proyecto académico. Con humildad reconozco que es gracias a su bendición que he llegado hasta aquí y he sido favorecido con la oportunidad de crecer y aprender

También quiero expresar mi más profundo agradecimiento a dos personas que han sido fundamentales en mi camino hacia la culminación de esta etapa de mi vida. A mi amado padre Luis Paz y a mi amada mamá Mónica Cáceres, les debo un reconocimiento especial por su inquebrantable apoyo a lo largo de mi formación. Su constante aliento, paciencia y dedicación han sido un faro que me ha guiado en los momentos de dificultad y me ha impulsado en los logros que he alcanzado. Su amor incondicional ha sido la base sobre la cual he construido mis sueños, y por ello, no encuentro palabras suficientes para expresar mi gratitud.

Cada paso de este viaje ha sido enriquecido por la presencia de mi familia y la guía divina, y por ello, les dedico este humilde reconocimiento. Sin su apoyo y orientación, esta conquista no habría sido posible.

Gracias, papá y mamá, por su amor infinito. Gracias, Dios, por su bendición continua.

Con gratitud sincera, su hijo que los ama mucho.

*CARLOS PAZ*

## **AGRADECIMIENTO**

Principalmente a tres personas que han sido y serán los pilares fundamentales en mi vida: mi madre, mi padre y mi hermana.

A mi madre Lucia, gracias por siempre creer en mí. Por ser mi apoyo incondicional y con tu ejemplo enseñarme el valor del esfuerzo. Saber que siempre te vas a sentir orgullosa de mis logros es una de mis principales razones para seguir adelante.

A mi hermana Carolina, por darme tu ayuda en los momento que más te necesitaba, apoyándome siempre con tus palabras de aliento en cada paso que daba, y celebrar cada éxito mío como si fuera tuyo.

A mi padre Genaro que aunque ya no está conmigo, siempre le agradeceré el haber estado para mí en todo el momento, siempre te llevaré conmigo en cada paso que dé y en cada meta que alcance.

A mis amigos, gracias por ser parte de mi formación académica.

Y por último quiero agradecerle al Ing. Carlos Ayala por su orientación como tutor, ya que sus consejos, sugerencias y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

*DAVID VALENZUELA*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Problema de estudio.....	2
1.2.1 Antecedentes .....	2
1.2.2 Importancia y alcance .....	2
1.2.3 Delimitación.....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Grupo Objetivo .....	5
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 General.....	5
1.5.2 Específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	8
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	8
2.1. Peligro sísmico.....	8
2.1.1 Microzonificación sísmica de Quito .....	9
2.1.2 Cómo se ve afectada una estructura debido a un sismo.....	10
2.2 Irregularidad estructural.....	11
2.2.1 Irregularidad en planta .....	11
2.2.2 Irregularidad en elevación.....	11
2.2.3 Irregularidad en la rigidez.....	13
2.2.4 Irregularidad en la resistencia .....	13
2.3 Diseño sismorresistente.....	13
2.3.1 Beneficios del diseño sismorresistente .....	15
2.3.2 Riesgo sísmico en Quito .....	16
2.4 Tipología del sistema estructural .....	17
2.4.1 Pórticos de hormigón armado .....	17
2.4.2 Pórticos de hormigón armado con muros estructurales .....	18
2.4.3 Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo.....	18
2.4.4 Mampostería sin refuerzo .....	19

2.4.5 Mampostería con refuerzo .....	20
2.5 Ampliaciones estructurales .....	20
2.5.1 Efectos de las ampliaciones estructurales .....	21
2.6 Fisuras en elementos estructurales .....	22
2.6.1 Fisuras químicas.....	22
2.6.1.1 Fisuras por reacción álcali-agregado (RAA). .....	22
2.6.1.2 Fisuras por corrosión del acero de refuerzo. ....	23
2.6.2 Fisuras físicas.....	24
2.6.2.1 Fisuras por carga excesiva. ....	24
2.6.2.2 Fisuras por movimientos sísmicos y vibraciones.....	25
2.6.2.3 Fisuras por cambios de temperatura. ....	25
2.6.2.4 Fisuras por movimientos diferenciales. ....	26
2.6.3 Otros tipos de fisuras .....	27
2.6.3.1 Fisuras por anclaje. ....	27
2.6.3.2 Fisuras por caída de armadura. ....	28
2.7 Mecánica de los materiales en la construcción .....	29
2.8 Levantamiento estructural.....	29
2.9 Evaluación preliminar estructural .....	30
2.10 Fallas estructurales.....	30
2.11 Ensayos destructivos .....	31
2.12 Ensayos no destructivos .....	32
2.12.1 Esclerómetro .....	32
2.12.2 Pachómetro .....	33
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>34</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>34</b>
3.1 Investigación explorativa y experimental .....	34
3.2 Método .....	35
3.3 Técnica de recolección de información .....	36
3.3.1 Inspección visual.....	36
3.3.2 Medición de la estructura.....	36
3.3.3 Análisis del material de la estructural.....	36

3.4 Proceso técnico de ingeniería civil .....	37
3.4.1 Ensayos destructivos.....	37
3.4.2 Ensayos no destructivos.....	38
3.4.2.1 Procedimiento del ensayo con esclerómetro.....	38
3.4.2.2 Procedimiento del ensayo con el pachómetro.....	38
3.4.3 Planos estructurales.....	39
3.4.3.1 Herramientas para la elaboración de planos. ....	39
3.4.3.2 Consulta de planos y documentos de remodelaciones o ampliaciones.....	40
3.4.3.3 Modelo en software de análisis estructural.....	40
3.4.3.4 Registro fotográfico. ....	40
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>41</b>
<b>GENERALIDADES DEL ‘BLOQUE A’</b> .....	<b>41</b>
4.1 Historia del campus ‘El Girón’ de la Universidad Politécnica Salesiana.....	41
4.2 Normativa vigente a la fecha en que fue construido el actual ‘Bloque A’ de la U.P.S. ....	42
4.3 Generalidades estructurales del “Bloque A”.....	44
4.3.1 Cubiertas del “Bloque A” .....	44
4.3.2 Subsuelos del “Bloque A” .....	44
4.3.3 Vigas simplemente apoyadas.....	46
4.3.4 Elementos estructurales .....	47
4.4 Generalidades arquitectónicas del “Bloque A”.....	49
4.4.1 Características de la construcción.....	49
4.4.2 Distribución de las zonas de interés que conforman “El Bloque A” .....	50
4.4.2.1 Planta Subsuelo.....	50
4.4.2.2 Planta Baja. ....	50
4.4.2.3 Primera Planta.....	50
4.4.2.4 Segunda Planta.....	51
4.4.2.5 Tercera Planta .....	51
4.4.2.6 Cuarta Planta.....	51
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>52</b>
<b>ANÁLISIS DE ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b> .....	<b>52</b>
5.1. Ensayo con esclerómetro de los elementos estructurales del ‘Bloque A’ .....	52

5.1.1 Análisis de los ensayos con esclerómetro (Controls/C380-01) .....	54
5.2 Extracción de núcleos de hormigón .....	79
5.2.1 Análisis de los ensayos de compresión en núcleos de hormigón.....	84
5.2.2 Tipos de falla en cilindros de hormigón según la ASTM .....	87
5.2.3 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en los núcleos de hormigón. ....	88
5.2.4 Ejemplo de cálculo utilizando los datos del núcleo de hormigón N° 2 .....	89
5.2.5 Clasificación de fallas y observaciones sobre los núcleos extraídos .....	90
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	91
<b>EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD</b> .....	91
6.1. Evaluación visual de edificaciones .....	91
6.1.1 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – MIDUVI (2020) .....	92
6.1.2 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – NEC-SE-RE (2015).....	93
6.1.3 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – FEMA P-154 (2015).....	94
6.2 Modelamiento del ‘Bloque A’ en un software de análisis estructural .....	95
6.2.1 Modelamiento en ETABS.....	95
6.2.2. Modelamiento de los subsuelos .....	96
6.2.2.1. Subsuelo lado norte.....	96
6.2.2.2. Subsuelo lado occidental.....	97
6.2.3 Modelamiento de la cubierta del lado occidental .....	98
6.2.4 Modelamiento del número de niveles .....	98
6.2.5. Modelamiento de la losas.....	99
6.2.6. Resistencia a la compresión en el hormigón ( $f'c$ ).....	100
6.2.7. Límite de fluencia del acero ( $f_y$ ).....	100
6.2.8. Carga viva .....	100
6.2.8.1. Carga viva de oficina. ....	101
6.2.8.2. Carga viva de aulas y corredores. ....	101
6.2.8.3. Carga viva de cubiertas .....	102
6.2.9 Carga muerta.....	102
6.2.9.1. Peso de paredes .....	102
6.2.9.2. Otros componentes que forman parte de la carga muerta.....	111
6.2.10 Combinaciones de carga .....	112

6.2.11 Método de diseño basado en fuerzas .....	113
6.2.11.1. Procedimiento estático. ....	114
6.2.11.2. Procedimiento dinámico. ....	119
6.2.12 Participación modal de la masa.....	121
6.2.13 Modos de vibración y periodos de la estructura .....	123
6.2.14 Derivas de piso.....	126
6.2.15 Comparación entre corte basal estático y dinámico.....	131
6.3 Prediseño de elementos estructurales.....	135
6.3.1. Predimensionamiento de vigas .....	135
6.3.2. Predimensionamiento de columnas.....	139
6.4. Referencia de planos estructurales del ‘Bloque A’ .....	143
6.4.1. Planos estructurales del subsuelo.....	143
6.4.2. Planos estructurales planta baja .....	144
6.4.3. Planos estructurales primer nivel .....	145
6.4.4. Planos estructurales segundo nivel .....	146
6.4.5. Planos estructurales tercer nivel.....	147
6.4.6. Planos de cortes.....	148
6.4.7. Planos de fachadas .....	149
6.5. Registro fotográfico del ‘Bloque A’ .....	150
<b>CONCLUSIONES</b> .....	164
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	168
<b>REFERENCIAS</b> .....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Delimitación del proyecto.....	3
<b>Tabla 2.</b> Resultado #1 de ensayo con esclerómetro en columna de planta baja. ....	58
<b>Tabla 3.</b> Resultados #2 y # 3 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja. ....	59
<b>Tabla 4.</b> Resultados #4 y #5 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja. ....	60
<b>Tabla 5.</b> Resultados #6 y #7 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja. ....	61
<b>Tabla 6.</b> Resultados #8 y #9 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja. ....	62
<b>Tabla 7.</b> Resultados #10 y #11 de ensayo con esclerómetro en muro del subsuelo.....	63
<b>Tabla 8.</b> Resultados #12 y #13 de ensayo con esclerómetro en muro y columna del subsuelo...	64
<b>Tabla 9.</b> Resultados #14 y #15 de ensayo con esclerómetro en columnas del subsuelo y 1er piso. .....	65
<b>Tabla 10.</b> Resultados #16 y #17 de ensayo con esclerómetro en columna y viga del primer piso. .....	66
<b>Tabla 11.</b> Resultados #18 y #19 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del primer piso. .....	67
<b>Tabla 12.</b> Resultados #20 y #21 de ensayo con esclerómetro en vigas del primer piso. ....	68
<b>Tabla 13.</b> Resultados #22 y #23 de ensayo en viga y columna del primer y segundo piso. ....	69
<b>Tabla 14.</b> Resultados #24 y #25 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del segundo Piso.....	70
<b>Tabla 15.</b> Resultados #26 y #27 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del segundo Piso.....	71
<b>Tabla 16.</b> Resultados #28 y #29 de ensayo en viga y columna del segundo y tercer piso.....	72
<b>Tabla 17.</b> Resultados #30 y #31 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso. ....	73
<b>Tabla 18.</b> Resultados #32 y #33 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso. ....	74
<b>Tabla 19.</b> Resultados #34 y #35 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del tercer piso.75	
<b>Tabla 20.</b> Resultados #36 y #37 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso. ....	76

<b>Tabla 21.</b> Resultados #38 y #39 de ensayo con esclerómetro en losa del cuarto piso. ....	77
<b>Tabla 22.</b> Resultado # 40 de ensayo con esclerómetro en losa del cuarto piso. ....	78
<b>Tabla 23.</b> Datos atípicos de ensayo con esclerómetro .....	78
<b>Tabla 24.</b> Resistencia a la compresión en el hormigón utilizando esclerómetro. ....	79
<b>Tabla 25.</b> Núcleos extraídos.....	84
<b>Tabla 26.</b> Factor de corrección.....	86
<b>Tabla 27.</b> Ensayo de compresión en núcleos de hormigón .....	88
<b>Tabla 28.</b> Fallas en núcleos de hormigón extraídos. ....	90
<b>Tabla 29.</b> Valores de $f'c$ promedio para ETABS.....	100
<b>Tabla 30.</b> Dimesnsiones de ladrillo tipo.....	103
<b>Tabla 31.</b> Cálculo de peso de ladrillos por $m^2$ .....	103
<b>Tabla 32.</b> Cálculo de peso de enlucido por $m^2$ .....	103
<b>Tabla 33.</b> Cálculo de volumen de juntas horizontales .....	104
<b>Tabla 34.</b> Cálculo de volumen de juntas verticales.....	104
<b>Tabla 35.</b> Cálculo del peso de juntas.....	104
<b>Tabla 36.</b> Peso de pared de ladrillo .....	105
<b>Tabla 37.</b> Peso de paredes PB .....	105
<b>Tabla 38.</b> Dimensiones de pared de gypsum tipo .....	105
<b>Tabla 39.</b> Peso (masa) de elementos para pared de gypsum.....	106
<b>Tabla 40.</b> Peso pared de gypsum.....	106
<b>Tabla 41.</b> Peso total paredes PB.....	106
<b>Tabla 42.</b> Peso total paredes P1 'Bloque A' .....	107
<b>Tabla 43.</b> Peso total paredes P2 'Bloque A' .....	109
<b>Tabla 44.</b> Peso total paredes P3 'Bloque A' .....	110
<b>Tabla 45.</b> Carga muerta de planchas de teja española.....	111

<b>Tabla 46.</b> Carga muerta de elementos .....	111
<b>Tabla 47.</b> Procedimiento estático .....	116
<b>Tabla 48.</b> Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje Y .....	117
<b>Tabla 49.</b> Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje X .....	118
<b>Tabla 50.</b> Valores de parámetros para espectro de diseño .....	119
<b>Tabla 51.</b> Valores de espectro elástico y espectro reducido .....	120
<b>Tabla 52.</b> Participación de masa .....	122
<b>Tabla 53.</b> Porcentaje de participación de masa .....	122
<b>Tabla 54.</b> Dimensiones de vigas calculadas .....	138
<b>Tabla 55.</b> Comparación entre dimensiones de vigas calculadas y existentes .....	139
<b>Tabla 56.</b> Factor de ubicación .....	140
<b>Tabla 57.</b> Dimensiones de columnas calculadas .....	142
<b>Tabla 58.</b> Comparación entre dimensiones de columnas calculadas y columnas existentes .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del proyecto.....	4
<b>Figura 2.</b> Mapa de zonificación sísmica de Ecuador .....	8
<b>Figura 3.</b> Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Quito.....	10
<b>Figura 4.</b> Tipos de irregularidad en elevación .....	12
<b>Figura 5.</b> Distribución de masas en una estructura .....	14
<b>Figura 6.</b> Falla longitudinal en la ciudad de Quito .....	16
<b>Figura 7.</b> Pórticos de hormigón armado.....	17
<b>Figura 8.</b> Pórticos de hormigón armado con muros estructurales.....	18
<b>Figura 9.</b> Pórticos de hormigón armado con mampostería sin refuerzo .....	19
<b>Figura 10.</b> Mampostería sin refuerzo .....	19
<b>Figura 11.</b> Mampostería con refuerzo.....	20
<b>Figura 12.</b> RAA.....	23
<b>Figura 13.</b> Fisuras por corrosión de acero.....	24
<b>Figura 14.</b> Fisuras por exceso de cargas .....	24
<b>Figura 15.</b> Fisuras por movimientos laterales .....	25
<b>Figura 16.</b> Fisuras por cambio de temperatura .....	26
<b>Figura 17.</b> Fisuras por asentamiento diferencial.....	27
<b>Figura 18.</b> Fisuras por adherencia-anclaje .....	28
<b>Figura 19.</b> Fisuras por caída de armadura.....	28
<b>Figura 20.</b> Extracción de núcleo de hormigón.....	31
<b>Figura 21.</b> Esclerómetro.....	33
<b>Figura 22.</b> Pachómetro .....	33
<b>Figura 23.</b> Métodos de evaluación sísmica.....	34
<b>Figura 24.</b> Antiguo colegio spellman.....	41
<b>Figura 25.</b> Instituto superior técnico salesiano .....	42
<b>Figura 26.</b> Cubierta del lado occidental del “Bloque A” de la U.P.S .....	44
<b>Figura 27.</b> Subsuelo del lado norte del “Bloque A” de la U.P.S .....	45
<b>Figura 28.</b> Muro de contención del lado occidental del “Bloque A” de la U.P.S.....	46
<b>Figura 29.</b> Vigas simplemente apoyadas .....	46

<b>Figura 30.</b> Columnas del aula A36 .....	47
<b>Figura 31.</b> Pared fisurada planta baja.....	48
<b>Figura 32.</b> Pared fisurada del primer piso.....	48
<b>Figura 33.</b> Losa perforada.....	49
<b>Figura 34.</b> Delimitación del área de ensayo utilizando plantilla en un elemento estructural tipo viga.....	52
<b>Figura 35.</b> Limpieza de la superficie del área a ensayar.....	53
<b>Figura 36.</b> Superficie lista para ejecutar ensayo con esclerómetro.....	53
<b>Figura 37.</b> Esclerómetro Controls / C380-01.....	54
<b>Figura 38.</b> Delimitación del área a ensayar utilizando plantilla de separación de golpes. ....	55
<b>Figura 39.</b> Ejecución de ensayo con esclerómetro.....	55
<b>Figura 40.</b> Diagrama de cálculo para ensayo con esclerómetro. ....	56
<b>Figura 41.</b> Diagrama de cálculo con porcentajes de error. ....	57
<b>Figura 42.</b> Pachómetro profometer PM-650.....	80
<b>Figura 43.</b> Detección de aceros de refuerzo y sitio de perforación.....	81
<b>Figura 44.</b> Anclaje de extractora de núcleos.....	82
<b>Figura 45.</b> Extracción de núcleo de hormigón en columna .....	83
<b>Figura 46.</b> Restauración de las zonas de la extracción de núcleos .....	83
<b>Figura 47.</b> Núcleos de hormigón.....	85
<b>Figura 48.</b> Compresión de los núcleos de hormigón .....	86
<b>Figura 49.</b> Tipos de fallas .....	87
<b>Figura 50.</b> Evaluación Miduvi .....	92
<b>Figura 51.</b> Evaluación NEC .....	93
<b>Figura 52.</b> Evaluación FEMA P-154 .....	94
<b>Figura 53.</b> Modelo 3D del ‘Bloque A’ en ETABS. ....	95
<b>Figura 54.</b> Subsuelo lado norte. ....	96
<b>Figura 55.</b> Estructura metálica del subsuelo del lado norte. ....	97
<b>Figura 56.</b> Subsuelo lado occidental. ....	97
<b>Figura 57.</b> Estructura de madera de la cubierta del lado occidental. ....	98
<b>Figura 58.</b> Estructura de madera de la cubierta del lado occidental. ....	99
<b>Figura 59.</b> Modelamiento losa deck.....	99

<b>Figura 60.</b> Cargas de oficina .....	101
<b>Figura 61.</b> Cargas de aula y corredores.....	101
<b>Figura 62.</b> Cargas de cubiertas.....	102
<b>Figura 63.</b> Distribución de peso de paredes PB .....	107
<b>Figura 64.</b> Distribución de peso de paredes lado norte P1.....	108
<b>Figura 65.</b> Distribución de peso de paredes lado occidental P1 .....	108
<b>Figura 66.</b> Distribución de peso de paredes lado occidental P2 .....	109
<b>Figura 67.</b> Distribución de peso de paredes lado occidental P3 .....	110
<b>Figura 68.</b> Combinaciones de carga (NEC).....	112
<b>Figura 69.</b> Combinaciones de carga (ETABS) .....	113
<b>Figura 70.</b> Peso de la estructura .....	115
<b>Figura 71.</b> Fuerzas en dirección del eje Y en diafragmas .....	115
<b>Figura 72.</b> Fuerzas en dirección del eje X en diafragmas .....	115
<b>Figura 73.</b> Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T .....	116
<b>Figura 74.</b> Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje Y.....	117
<b>Figura 75.</b> Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje X.....	118
<b>Figura 76.</b> Espectro de diseño (ETABS) .....	121
<b>Figura 77.</b> Primer modo de vibración .....	123
<b>Figura 78.</b> Segundo modo de vibración .....	124
<b>Figura 79.</b> Tercer modo de vibración.....	125
<b>Figura 80.</b> Desplazamiento lateral según el método estático en dirección del eje X.....	127
<b>Figura 81.</b> Desplazamiento lateral según el método dinámico en dirección del eje X .....	128
<b>Figura 82.</b> Desplazamiento lateral según el método estático en dirección del eje Y.....	129
<b>Figura 83.</b> Desplazamiento lateral según el método dinámico en dirección del eje Y .....	130
<b>Figura 84.</b> Diagrama de corte para el sismo en dirección del eje X .....	131
<b>Figura 85.</b> Factor de corrección del método dinámico en dirección del eje 'X' .....	132
<b>Figura 86.</b> Corte dinámico corregido para el sismo en dirección 'X' .....	132
<b>Figura 87.</b> Diagrama de corte para el sismo en dirección del eje Y .....	133
<b>Figura 88.</b> Factor de corrección del método dinámico en dirección Y .....	134
<b>Figura 89.</b> Corte dinámico corregido para el sismo en dirección Y .....	134
<b>Figura 90.</b> Momento máximo en vigas .....	135

<b>Figura 91.</b> Carga máxima obtenida en la columna tipo .....	141
<b>Figura 92.</b> Referencia planos estructurales del subsuelo .....	143
<b>Figura 93.</b> Referencia planos estructurales planta baja.....	144
<b>Figura 94.</b> Referencia planos estructurales del primer nivel .....	145
<b>Figura 95.</b> Referencia planos estructurales del segundo nivel.....	146
<b>Figura 96.</b> Referencia planos estructurales del tercer nivel .....	147
<b>Figura 97.</b> Referencia de planos de cortes .....	148
<b>Figura 98.</b> Referencia de planos de fachadas.....	149
<b>Figura 99.</b> Viguetas alteradas.....	150
<b>Figura 100.</b> Estructura de madera .....	150
<b>Figura 101.</b> Viga simplemente apoyada en columna.....	151
<b>Figura 102.</b> Vigas simplemente apoyadas del segundo piso .....	151
<b>Figura 103.</b> Junta primer piso lado norte .....	152
<b>Figura 104.</b> Junta lado occidental .....	152
<b>Figura 105.</b> Estructura metálica subsuelo secretaria.....	153
<b>Figura 106.</b> Estructura metálica laboratorio Mac .....	153
<b>Figura 107.</b> Fisura en el aula A-34 .....	154
<b>Figura 108.</b> Fisura en coordinación de admisiones.....	154
<b>Figura 109.</b> Fisura en el aula A-28 .....	155
<b>Figura 110.</b> Fisura en bienestar estudiantil .....	155
<b>Figura 111.</b> Fisura en el pasillo del ascensor del segundo piso .....	156
<b>Figura 112.</b> Fisura en secretaria.....	156
<b>Figura 113.</b> Fisura en gradas.....	157
<b>Figura 114.</b> Fisura en mampostería de gradas .....	157
<b>Figura 115.</b> Fisura en baño .....	158
<b>Figura 116.</b> Fisura pared aula A8.....	158
<b>Figura 117.</b> Fisura en losa de la sala de docentes .....	159
<b>Figura 118.</b> Fisura entre techo y viga .....	159
<b>Figura 119.</b> Fisura de viga .....	160
<b>Figura 120.</b> Losas destruidas .....	160
<b>Figura 121.</b> Fisura de columna y pared.....	161

<b>Figura 122.</b> Fisura en columna y pared de pasillo .....	161
<b>Figura 123.</b> Irregularidad en columnas .....	162
<b>Figura 124.</b> Fisura en mampostería cerca del ascensor .....	162
<b>Figura 125.</b> Fisuras en mampostería de secretaría .....	163
<b>Figura 126.</b> Agrietamiento en losa.....	163

## RESUMEN

Debido a los fenómenos sísmicos a los que están expuestas las construcciones civiles de nuestro medio, es fundamental realizar una evaluación del estado en el que se encuentran dichas estructuras, por tal motivo, el presente trabajo entrega un estudio detallado de las condiciones estructurales reales en las que se encuentra el “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus El Girón con sede en la ciudad de Quito, de modo que, se ha establecido un fundamento técnico que puede servir como base para estudios posteriores en caso de que las autoridades pertinentes consideren hacer un análisis más minucioso.

En este proyecto se llevó a cabo una investigación explorativa y experimental, basada en la recolección de información con ayuda de los formatos de evaluación estructural visual preliminar. Además, se utilizó ensayos destructivos y no destructivos en muros, columnas, vigas y losas, mismos que nos entregaron datos muy importantes sobre los materiales que se utilizaron antiguamente en la construcción del ‘Bloque A’. Cabe mencionar que el edificio de estudio fue terminado de construir en el año 1957, por lo que no estuvo sujeto a normativas que regularan su proceso constructivo, a pesar de ello, con el paso de los años y por la necesidad de espacio se dio lugar a grandes modificaciones en los subsuelos y las cubiertas del edificio. El presente trabajo entrega los planos estructurales del edificio que junto con la información obtenida en campo, fueron las bases para crear un diseño del edificio en el software ETABS lo más fiel a la realidad. Una vez procesada toda la información recolectada se halló serios problemas de torsión debido a la irregularidad vertical y en planta que se evidencia en la superestructura del ‘Bloque A’, todo esto, acompañado de innumerables fisuras presentadas en un registro fotográfico muestran las condiciones reales del inmueble en donde se desarrollan las actividades diarias de la universidad.

Palabras clave: Evaluación estructural, , Ensayo destructivo, Superestructura, Etabs, Fisuras

## ABSTRACT

Due to the seismic phenomena to which civil constructions in our environment are exposed, it is essential to carry out an evaluation of the state in which these structures are located, for this reason, the present work provides a detailed study of the real structural conditions in the where “Bloque A” of the Salesian Polytechnic University, El Girón Campus is located, based in the city of Quito, so that a technical foundation has been established that can serve as a basis for subsequent studies in the event that the relevant authorities Consider doing a more thorough analysis.

In this project, an exploratory and experimental investigation was carried out, based on the collection of information with the help of preliminary visual structural evaluation formats. In addition, destructive and non-destructive tests were used on walls, columns, beams and slabs, which gave us very important data about the materials that were previously used in the construction of 'Block A'. It is worth mentioning that the study building was completed in 1957, so it was not subject to regulations that regulated its construction process, despite this, over the years and due to the need for space, space was created to major modifications to the subfloors and roofs of the building. This work provides the structural plans of the building that, together with the information obtained in the field, were the basis for creating a design of the building in the ETABS software that is as faithful to reality as possible. Once all the information collected was processed, serious torsion problems were found due to the vertical and plan irregularity that is evident in the superstructure of 'Block A', all this, accompanied by innumerable cracks presented in a photographic record showing the real conditions of the property where the daily activities of the university take place.

Keywords: Structural evaluation, Destructive testing, Superstructure, Etabs, Cracks

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana, campus “El Girón” con sede en la ciudad de Quito está ubicado en la Avenida 12 de Octubre 24-22, sector que posee un tipo de suelo que afecta considerablemente a las estructuras de la zona en caso de movimientos telúricos, la construcción del edificio de interés concluyó en el año 1957 por lo que esta edificación ha experimentado una cantidad considerable de sismos debido a su tiempo de vida. A través de los años se han ejecutado modificaciones y ampliaciones considerables que junto con toda la actividad sísmica, han sido las posibles causas de la aparición de fisuras en todo el edificio las cuales pueden ser catalogadas como señales evidentes de posibles problemas estructurales. Todos los criterios mencionadas anteriormente han sido motivo para realizar una evaluación estructural preliminar del edificio en cuestión.

La metodología que se llevará a cabo en este proyecto de titulación es de tipo explorativa - experimental y comprende; inspecciones visuales que con la ayuda de formularios de evaluación estructural como el de la FEMA P-154 (2015), NEC (2015) y MIDUVI (2020), brindan una inspección preliminar detallada de las condiciones actuales de la superestructura del edificio. Además, este proyecto entrega resultados de ensayos destructivos, no destructivos y la elaboración de planos estructurales como también un modelo con el software ETABS. Junto con un registro fotográfico de las patologías del edificio, los análisis mencionados comprenden el levantamiento estructural y evaluación preliminar total del edificio.

El proyecto recolecta datos importantes que pueden servir como base para futuras investigaciones que tengan intenciones de realizar estudios más profundos sobre la edificación.

Finalmente, el motivo más importante del proyecto es velar por la seguridad de todas las personas que llevan a cabo sus labores diarias en el “Bloque A”, el levantamiento estructural y la evaluación preliminar del edificio de interés garantiza un entorno seguro y funcional para toda la comunidad salesiana.

## **1.2 Problema de estudio**

### ***1.2.1 Antecedentes***

A lo largo del tiempo de uso que ha tenido el “Bloque A”, se han observado afectaciones importantes en la superestructura del edificio por parte del personal que labora en el mismo. Además, es importante mencionar que no se dispone de los planos de las remodelaciones ni los planos con los que fue construida la edificación, por lo que no se tiene claro, cuál fue la propuesta que se tenía al momento de ejecutar el proyecto y en consecuencia no se puede corroborar si lo que es tangible está de acuerdo con la normativa ecuatoriana de la construcción.

### ***1.2.2 Importancia y alcance***

Es de suma importancia desarrollar este proyecto ya que se sabe de la existencia de afectaciones considerables en la superestructura del edificio como agrietamientos, discontinuidad vertical en columnas, elementos no alineados, deformaciones. También, se conoce que la ciudad de Quito, misma en la que se encuentra la universidad, está afectada por un alto grado de incidentes sísmicos, motivo que nos lleva a cuestionarnos que, en el caso de que se suscite un evento natural de estas características, ya sea de mediana o gran magnitud, el “Bloque A” podría sufrir de daños importantes e incluso un colapso el cual ponga en riesgo a sus ocupantes. Por tal motivo, se requiere de una evaluación inmediata para que se pueda prevenir cualquier inconveniente.

Con la elaboración del presente proyecto se va a contribuir con la comunidad salesiana ya que, como resultado se entregará un análisis preliminar del estado en que se encuentra la superestructura del “Bloque A”, de modo que se puedan tomar decisiones con la intención de reforzar, ampliar o remodelar la superestructura si las autoridades pertinentes lo consideran necesario. Por tal motivo, se podrá proteger la integridad de las personas que día a día utilizan las instalaciones y hacer de la Universidad Politécnica Salesiana un ambiente más seguro y acogedor para el desarrollo de los profesionales que se forman en estas aulas.

### ***1.2.3 Delimitación***

El sitio en donde se desarrollará el proyecto está ubicado en la ciudad de Quito, en el campus “El Girón” de la Universidad Politécnica Salesiana, los límites de la institución se encuentran detallados en la tabla 1, además, se puede verificar con más detalle en la figura 1 que se presentan a continuación:

**Tabla 1**

*Delimitación del proyecto*

<b>Puntos cardinales</b>	<b>Avenidas colindantes</b>
Norte	Madrid
Sur	Alfredo Mena Caamaño
Este	Isabel la Católica
Oeste	12 de Octubre

*Nota.* Específicamente se va a analizar el “Bloque A” de la U.P.S. Elaborado por: Los autores.

## Figura 1

### Ubicación del proyecto



*Nota.* En la imagen se puede observar el edificio que será objeto de estudio (“Bloque A”) delimitado con líneas rojas. Elaborado por: Los autores, a través de Google Maps.

### 1.3 Justificación

Existen gran cantidad de afectaciones en la superestructura del “Bloque A”, principalmente como agrietamientos y discontinuidad vertical en columnas. No se tiene los planos estructurales del edificio que se va a analizar, y los planos arquitectónicos no están debidamente actualizados. Por tal motivo, este proyecto surge debido al interés por verificar que el “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana sea un lugar seguro para las actividades que se llevan a cabo diariamente en el edificio.

El presente proyecto beneficiará concretamente a la Universidad Politécnica Salesiana y a toda su comunidad que hace uso de las instalaciones del “Bloque A”. Además, el proyecto contribuirá con un análisis estructural que permitirá tomar decisiones con el fin de procurar la seguridad de sus ocupantes.

El desarrollo del proyecto es viable porque se tiene al alcance instrumentos de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Civil que servirán para la recolección de datos, de modo que se pueda llevar a cabo los análisis respectivos. De igual forma, existe un registro fotográfico del edificio en el que nos podremos basar para obtener conclusiones importantes.

Resulta muy importante desarrollar el proyecto ya que de esta manera se entregará un levantamiento estructural y una evaluación preliminar de las condiciones en las que se encuentra la superestructura del “Bloque A”.

#### **1.4 Grupo Objetivo**

Una vez concluido el proyecto, se verá beneficiada la Universidad Politécnica Salesiana ya que las autoridades dispondrán de las bases técnicas en las cuales podrán fundamentarse para mejorar las instalaciones del “Bloque A”, con el objetivo de proveer una segura y mejor infraestructura para su comunidad.

#### **1.5 Objetivos**

##### ***1.5.1 General***

Realizar un levantamiento estructural y una evaluación preliminar del “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana, mediante el empleo de ensayos destructivos y no destructivos a la superestructura del edificio, para poder establecer un fundamento técnico de las condiciones actuales en las que se encuentra la edificación.

##### ***1.5.2 Específicos***

Evidenciar todas las señales de deterioro y afectación que se presentan al día de hoy en la superestructura del “Bloque A”, identificándolos a través de los formularios de análisis propuestos

en la FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook), con base en los criterios de la Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 y adicionalmente con el Manual de evaluación de edificaciones del MIDUVI, ya que están adaptadas a nuestro medio, de modo que, se genere una comparación entre los resultados obtenidos que nos permitan emitir observaciones a las metodologías utilizadas para la evaluación preliminar.

Obtener muestras de hormigón de los elementos como losas, vigas y columnas que conforman la superestructura del “Bloque A”, mediante el extractor de núcleos que nos proveerá el laboratorio de Ensayo de Materiales, de modo que podamos conocer si las características del material que se encuentra in situ son adecuadas.

Emplear el esclerómetro conforme a la norma que rige su aplicabilidad (NTE INEN 3121) y la metodología de la ASTM C-805, para determinar la resistencia a la compresión del hormigón de los elementos estructurales que constituyen al “Bloque A”.

Utilizar el pachómetro para verificar que todos los elementos estructurales dispongan de acero de refuerzo en su interior mediante el escáner que posee el instrumento, de modo que se pueda corroborar la existencia y disposición de las varillas.

Generar los planos estructurales del “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana, Campus El Girón, Sede Quito, mediante el uso del programa AutoCAD, de modo que se puedan detallar las características de los elementos estructurales que existen en dicha edificación.

Elaborar un modelo de la superestructura del ‘Bloque A’ que represente las características reales del edificio mediante el uso del software Etabs, de tal forma que podamos entregar un análisis estructural en el cual se evidencien todas las afectaciones importantes que sin el uso del software no se pueden conocer.

Generar un registro fotográfico de fisuras y patologías de la superestructura del “Bloque A” mediante análisis visuales, de tal forma que se recolecte la mayor cantidad de información gráfica posible para generar resultados más detallados junto con los otros tipos de análisis mencionados anteriormente.

## CAPÍTULO II

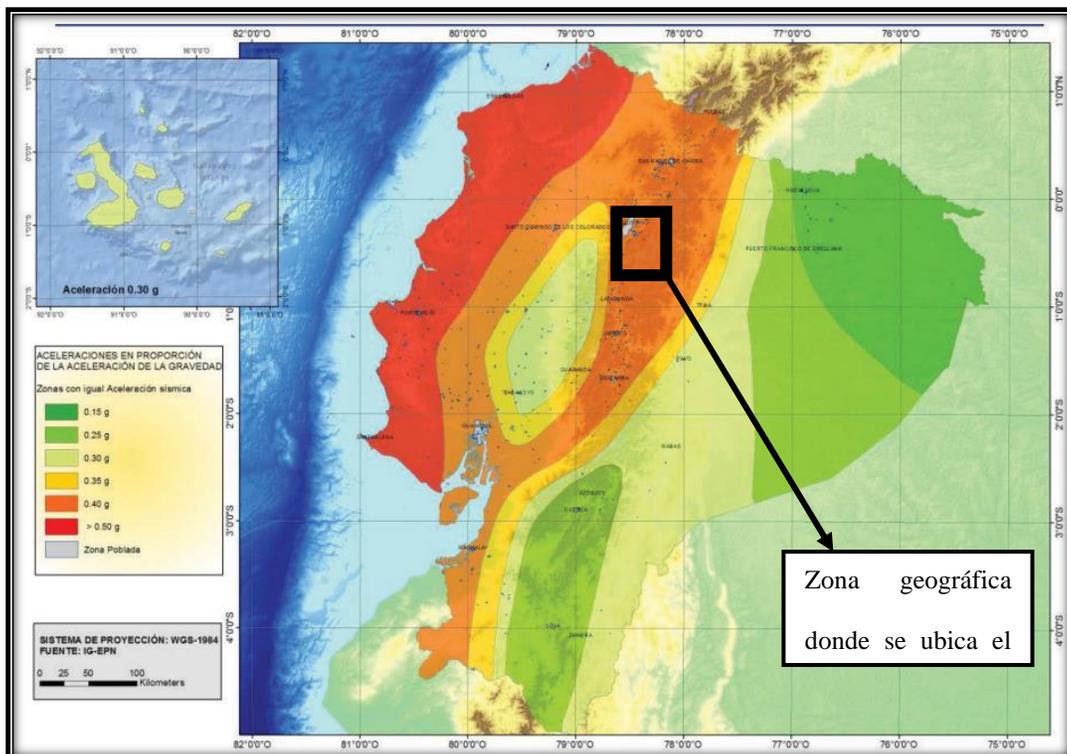
### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Peligro sísmico

Ecuador está considerado como un territorio de alta amenaza sísmica, motivo por el cual es fundamental tener en cuenta todos los eventos sísmicos que ha enfrentado la estructura de análisis. El edificio de interés está ubicado en la ciudad de Quito, misma que se encuentra en una zona asignada a un valor de 0.40 g. Esto significa la aceleración sísmica en roca en proporción de la aceleración de la gravedad como se puede observar en la figura 2. (NEC-14)

**Figura 2**

*Mapa de zonificación sísmica de Ecuador*



*Nota.* En la imagen se pueden observar las seis zonas sísmicas que caracterizan a Ecuador, además, delimitado con un cuadro de color negro se muestra la ciudad donde se ubica el edificio de interés de este proyecto. Fuente: NEC – Riesgo Sísmico, Figura 1 (2015).

Con base en lo expuesto en el párrafo anterior podemos decir que el peligro sísmico tiene que ver con el riesgo al cual están expuestas determinadas zonas geográficas ante la posible ocurrencia de sismos.

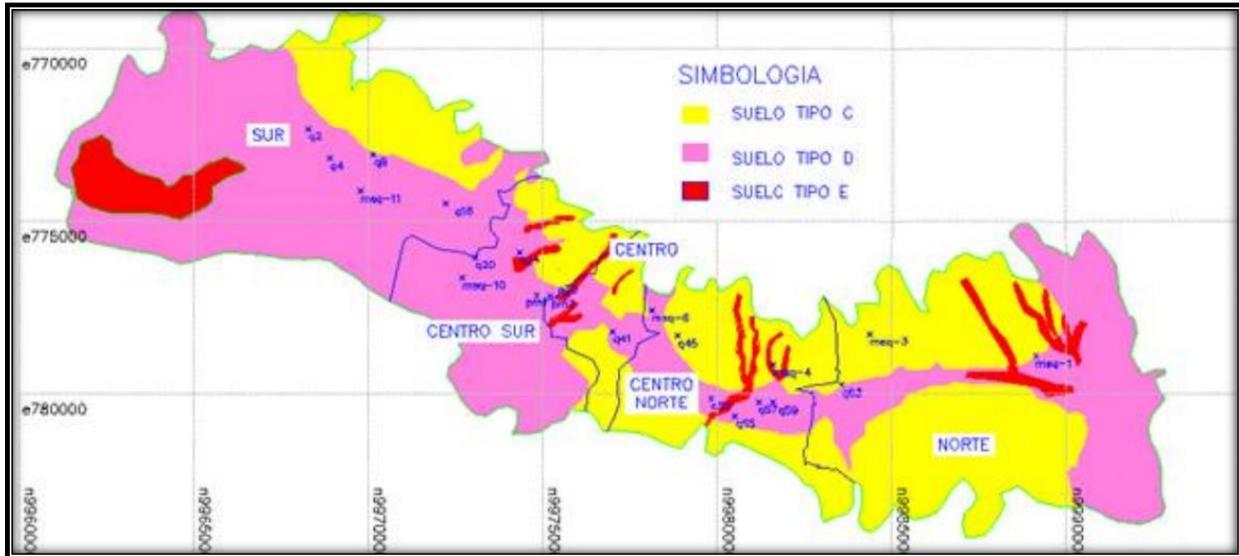
### ***2.1.1 Microzonificación sísmica de Quito***

Es importante saber que en la ciudad de Quito existen fallas geológicas activas que pueden generar sismos con magnitudes mayores a 6.0, por este motivo se deben tomar las debidas precauciones ya que en caso de que exista un sismo provocado por las fallas mencionadas, se podrían experimentar aceleraciones verticales muy altas. El diseño y procesos constructivos que deben llevarse a cabo en todas las edificaciones de la ciudad de Quito tienen que sujetarse a las normativas de construcción vigentes con la intención de salvaguardar la integridad de cada uno de los habitantes. Sin embargo, cuando se habla de la profundidad de desplante de las cimentaciones, se debería profundizar más con el objetivo de mitigar las altas aceleraciones verticales que podrían generarse en caso de un evento sísmico (Aguiar, 2017, p.2).

En la figura 3 se puede evidenciar los tipos de suelos de los que se compone la ciudad de Quito, cabe recalcar que el edificio de interés de este proyecto técnico de investigación ha presentado muchas fisuras, lo que nos lleva a pensar que fruto de las fallas geológicas y el tipo de suelo en el cual se encuentra construido no han sido favorables para que la superestructura se conserve en las mejores condiciones.

**Figura 3**

*Mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Quito*



*Nota.* En la imagen se puede observar la última clasificación de suelos de la ciudad de Quito. Fuente: Aguiar (2017).

### **2.1.2 Cómo se ve afectada una estructura debido a un sismo**

La manera en que los sismos generan daño a una estructura está rigurosamente ligada a la forma en que el suelo se mueve durante un evento sísmico y de cómo esa energía que se produce por el mismo se trasmite a las construcciones. Esto puede tener un impacto significativo en la resistencia y estabilidad de una edificación por lo que es importante mencionar que, el tipo de daño que se genere también tendrá que ver con la respuesta que la construcción genere ante el movimiento telúrico.

Los parámetros que permiten estudiar las características del movimiento y el efecto sobre las estructuras son el desplazamiento, la velocidad y la aceleración en función del tiempo (Máximo, s.f., p. 1).

Si nos basamos en la segunda Ley de Newton la cual menciona que la fuerza es igual a la masa por la aceleración ( $F=m*a$ ), podemos deducir que, si la aceleración producida por un sismo

es elevada, la fuerza que actuará sobre las estructuras también será mayor por lo que podría provocar mayores consecuencias a diferencia de las que se podrían experimentar con aceleraciones bajas.

Como es conocido en dinámica de estructuras, todas las construcciones poseen un período natural que le permite a los edificios vibrar. Es aquí cuando se debe tener mucho cuidado al momento de diseñar una estructura ya que si esta experimenta un sismo y las ondas de aceleración del mismo ocasionan que la estructura entre en un estado de resonancia, podrían provocar que la construcción colapse.

## **2.2 Irregularidad estructural**

La irregularidad estructural hace referencia a variaciones en la geometría, la resistencia o la rigidez de un edificio o estructura. Estas irregularidades pueden tener un impacto significativo en la respuesta de un edificio ante fuerzas sísmicas o cargas externas. Se debe tener en cuenta que existen varios tipos de irregularidad, tales que pueden incrementar el riesgo de colapso ya que dan paso a que se generen concentraciones de esfuerzos y deformaciones específicas en los distintos elementos estructurales que conforman a una edificación.

### ***2.2.1 Irregularidad en planta***

La irregularidad en planta en una estructura se presenta cuando su geometría no es igual en sus ejes horizontal y vertical, además es importante recalcar que también podrían darse irregularidades por concentraciones de masa lo que podría desencadenar efectos de torsión.

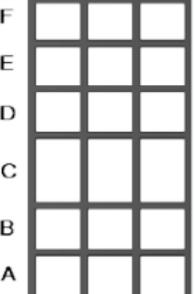
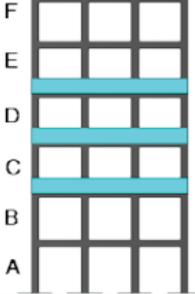
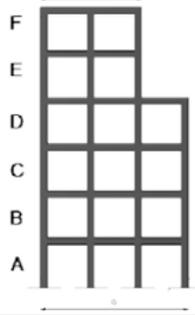
### ***2.2.2 Irregularidad en elevación***

La irregularidad en elevación de una estructura está relacionada a las diferencias de altura que pueden existir entre los niveles de la misma, además, esto podría generar concentraciones de

masa en puntos específicos a lo alto del edificio, lo que provocaría que la edificación reaccione de una manera brusca y no esperada ante un evento sísmico. Otro tipo de irregularidad convencional en elevación es cuando las columnas no se mantienen alineadas lo que deriva en que las cargas no se transmitan correctamente hacia la cimentación. Sin embargo, existen más posibilidades de catalogar a las irregularidades en elevación como se muestra en la figura 4.

### Figura 4

#### *Tipos de irregularidad en elevación*

<p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b>  <math>\phi_E=0.9</math>            Rigidez <math>K_c &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_D</math>  <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b>  <math>\phi_E=0.9</math>  <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math> ó  <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_E=0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

*Nota.* En la imagen se puede observar los tipos de irregularidad en elevación según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción de diseño sismo resistente. Fuente: NEC (2014).

### ***2.2.3 Irregularidad en la rigidez***

Como su nombre lo indica, esta irregularidad se refiere a diferencias en la rigidez de los elementos estructurales como columnas, vigas e incluso losas a lo largo de la altura del edificio. Si como se menciona, ciertas partes son más rígidas que otras, en el caso en que se suscite algún tipo de sismo, se pueden experimentar concentraciones de esfuerzos desiguales, lo que desencadenaría en un problema grave donde se podrían dar a lugar asentamientos diferenciales excesivos o fisuras en elementos estructurales importantes.

### ***2.2.4 Irregularidad en la resistencia***

La irregularidad en la resistencia de una edificación se refiere a variaciones en la capacidad de carga de los elementos estructurales de los que está compuesta la misma. Si ciertas áreas son más resistentes que otras, pueden absorber más carga y esfuerzos durante un evento sísmico, lo que puede causar daños locales. Además, estos tipos de irregularidades podrían deberse a que no se usaron los materiales adecuados para la construcción o también podría ser por un diseño deficiente o una metodología constructiva que no sería la más adecuada.

## **2.3 Diseño sismorresistente**

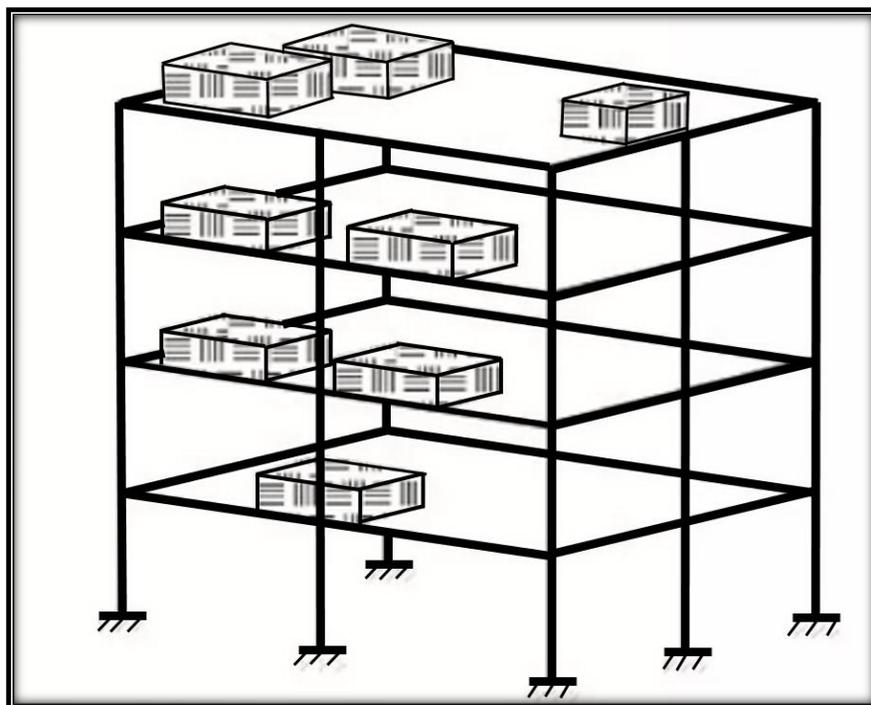
El objetivo principal del diseño sismorresistente se enfoca en minimizar el riesgo generado por un posible movimiento telúrico, por lo tanto, un buen diseño surge del resultado de analizar elementos clave como lo son; la amenaza y la vulnerabilidad. Cuando cualquiera de estos dos factores mencionados, o incluso ambos, experimentan un aumento, se incrementa el nivel de riesgo que puede afectar a una estructura debido a un posible sismo. En consecuencia, se dificulta el objetivo fundamental de un buen diseño sismorresistente el cual es precautelar las vidas de los ocupantes de cualquier edificación (Blanco Marianela, 2012). Por este motivo, se recalca la

importancia de considerar tanto la amenaza como la vulnerabilidad en la gestión de riesgos sísmicos y la planificación de las construcciones sismorresistentes.

El diseño sismorresistente es fundamental para que las estructuras puedan disipar de la manera más eficiente posible las fuerzas generadas por los sismos. En primer lugar, es esencial que los edificios sean ligeros, pero no tanto ya que se correría el riesgo de generar una estructura muy esbelta o frágil. También es muy importante evitar concentraciones de masas innecesarias como se aprecia en la figura 5, ya que podrían aumentar la vulnerabilidad exponencialmente (Montiel, s.f.). Por lo tanto, el objetivo principal de este tipo de diseño se enfoca en la importancia de minimizar las concentraciones de masa innecesaria en las edificaciones, lo que contribuye significativamente a mejorar su capacidad de resistencia ante terremotos ya que se esperaría que su masa se distribuya uniformemente a lo largo y alto de toda la estructura.

### **Figura 5**

*Distribución de masas en una estructura*



*Nota.* En la figura se puede apreciar distribución irregular de pesos en la edificación.  
Fuente: Los autores a través de Slideshare (2017).

La simplicidad y la simetría en el diseño de una estructura tanto en planta como en elevación ayuda a evitar fuerzas de torsión significativas. La rigidez lateral inicial es crucial para prevenir daños en eventos sísmicos menores o moderados, mientras que la estabilidad y la ductilidad son esenciales para enfrentar ciclos repetitivos de deformación durante un sismo intenso o posibles réplicas. La distribución uniforme y continua de la resistencia, rigidez y ductilidad es un principio clave, al igual que la identificación de zonas donde se originarán deformaciones inelásticas. Asimismo, se busca un equilibrio entre la resistencia y la rigidez en miembros, conexiones y apoyos (Montiel, s.f.). Estos principios son pilares esenciales en la creación de estructuras sismorresistentes que garantizan la seguridad de las personas y la integridad de los edificios ante eventos sísmicos.

### ***2.3.1 Beneficios del diseño sismorresistente***

Un diseño sismo resistente en la construcción de edificios es esencial para reducir las consecuencias devastadoras que los terremotos pueden tener en las vidas humanas y la infraestructura (Blanco Marianela, 2012). Los beneficios de implementar un diseño sismo resistente son abundantes y van más allá de simplemente evitar daños materiales.

Uno de los beneficios más importantes es la reducción significativa de lesiones y muertes en caso de un sismo. Los edificios diseñados para resistir movimientos telúricos brindan un refugio seguro para las personas que habitan en su interior minimizando el riesgo de colapsos catastróficos (Vasco López, 2016). El deterioro en la integridad de la estructura y otros tipos de daños, son tolerables, siempre y cuando no impliquen la pérdida de vidas humanas.

Los edificios sismorresistentes tienden a mantener su estabilidad un periodo de tiempo que resulta crucial después de que se haya suscitado un movimiento telúrico. Esto es especialmente importante para instalaciones críticas, que deben seguir operativos para prestar servicios vitales

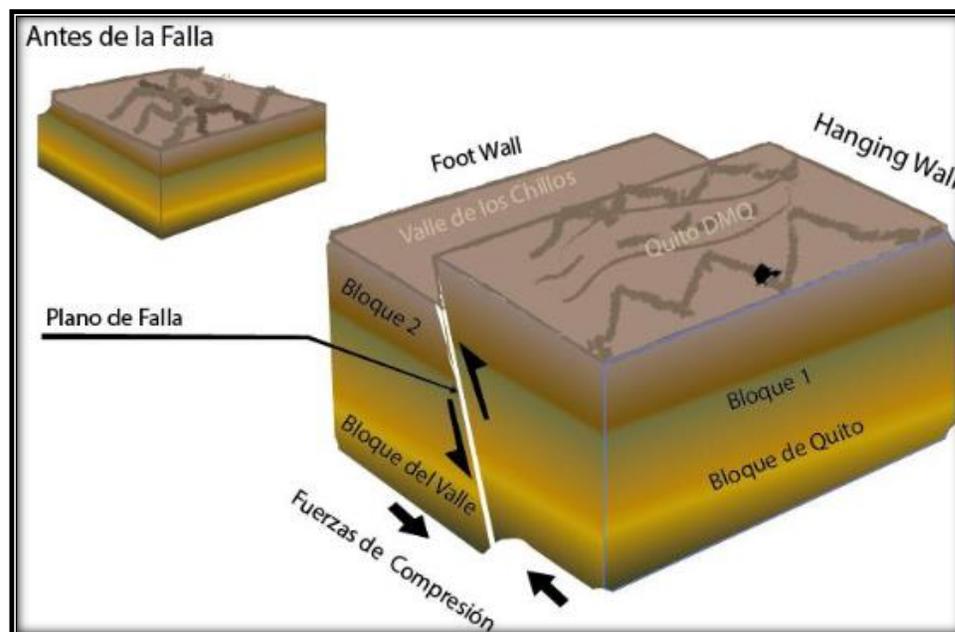
durante y después de un desastre como el que se menciona. Sin embargo, el beneficio más importante que nos entrega este tipo de diseño es el tiempo suficiente para que las personas que se encuentran en sus instalaciones puedan evacuar de manera segura.

### 2.3.2 Riesgo sísmico en Quito

A lo largo de todo el cinturón de fuego que se ubica en las costas del pacífico de Latinoamérica y hablando específicamente de Ecuador, los sismos se originan a partir de dos causas principales; en primer lugar, debido al proceso de subducción de la placa de Nazca, que ejerce presión sobre la placa Sudamericana, y, en segundo lugar, como resultado de la existencia de fallas locales en la corteza terrestre. En la capital son conocidas como el sistema de fallas de Quito, como la que se muestra en la figura 6.

**Figura 6**

*Falla longitudinal en la ciudad de Quito*



*Nota.* En la figura se evidencia una falla inversa, el bloque de Quito se levanta con respecto al bloque de Los valles. Fuente: Cañizares y Singaicho (2018).

Este sistema consiste en una falla longitudinal principal que se extiende a lo largo de 45 kilómetros a través de la ciudad (Cañizares y Singaicho 2018). Esto provoca que la ciudad de Quito haya experimentado una serie de terremotos a lo largo de su historia geológica, mismos que generan esfuerzos cortantes por su constante movimiento y hacen de la ciudad un lugar muy vulnerable ante sismos.

## **2.4 Tipología del sistema estructural**

### ***2.4.1 Pórticos de hormigón armado***

Se componen de elementos estructurales que consisten en vigas y columnas fabricadas con hormigón armado (hormigón y acero de refuerzo) como se aprecia en la figura 7. En este sistema, las vigas horizontales y las columnas verticales trabajan de manera conjunta para proporcionar resistencia y estabilidad a la estructura (NEC, 2015). Por este motivo estos tipos de pórticos son ampliamente utilizados en la construcción debido a su capacidad para soportar cargas verticales y horizontales, lo que los hace ideales para una variedad de aplicaciones estructurales.

#### **Figura 7**

##### *Pórticos de hormigón armado*



*Nota.* En la figura se puede notar los elementos estructurales como vigas y columnas que componen los pórticos. Fuente: Pujol (s.f.).

### ***2.4.2 Pórticos de hormigón armado con muros estructurales***

Representan un sistema estructural que incorpora elementos como vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado como se ve en la figura 8. Los muros se extienden a lo largo de toda la altura de la edificación (NEC ,2015). En este tipo de sistema estructural, además de las vigas y columnas tradicionales de hormigón armado, se integran muros que desempeñan un papel fundamental al momento de soportar grandes cargas que, de lo contrario, sin los muros la estabilidad de la estructura se vería potencialmente afectada.

#### **Figura 8**

*Pórticos de hormigón armado con muros estructurales*



*Nota.* En la figura se aprecia muros estructurales a lo largo de toda la altura de la estructura además de vigas y columnas de los pórticos. Fuente: Muñoz (2015).

### ***2.4.3 Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo***

Este tipo de sistema estructural incorpora elementos tales como vigas y columnas de hormigón armado junto con muros portantes de mampostería, mismos que no contienen varillas de acero como se puede apreciar en la figura 9 (NEC, 2015). Los muros de mampostería proporcionan un soporte vertical y, a la vez, actúan como elementos de separación.

### **Figura 9**

*Pórticos de hormigón armado con mampostería sin refuerzo*



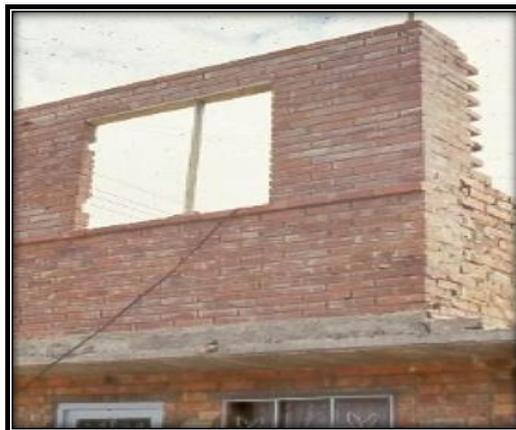
*Nota.* En la figura se aprecia un edificio que tiene mampostería confinada en su estructura.  
Fuente: Diconcijviiles (s.f.).

#### **2.4.4 Mampostería sin refuerzo**

Representan un sistema estructural muy poco convencional que contiene muros portantes de ladrillo como se puede apreciar en la figura 10 o que a su vez se los construye con materiales como adobe o bloque. Estas paredes no contienen varillas de refuerzo (NEC, 15). Este tipo de sistemas estructurales transfieren directamente las cargas desde el techo hasta los cimientos.

### **Figura 10**

*Mampostería sin refuerzo*



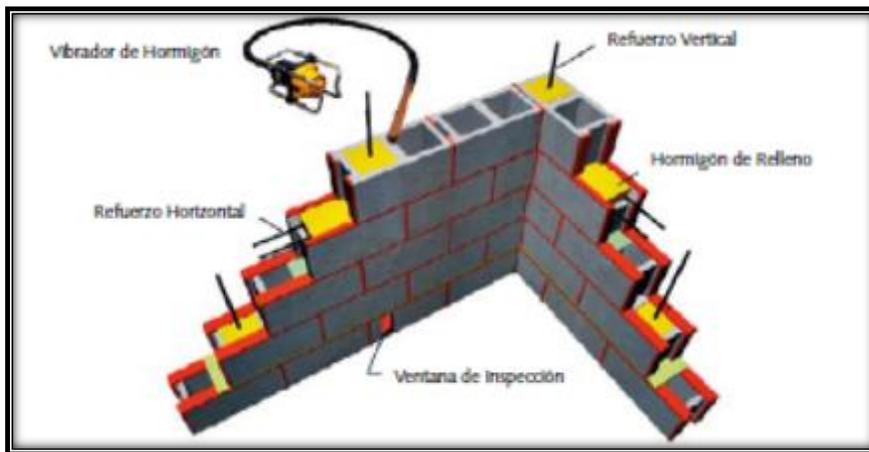
*Nota.* En la figura observa el sistema estructural que está hecho solamente de mampostería sin aceros. Fuente: Rojas (2014).

### 2.4.5 Mampostería con refuerzo

Este sistema estructural contempla muros de paredes portantes de bloque como se aprecia en la figura 11, o también de ladrillo a los que se les implementa varillas de acero de refuerzo tanto vertical como horizontal (NEC, 2015). Todos los refuerzos de acero deben estar embebidos en la mampostería, además deben cumplir con los requisitos obligatorios de anclaje, recubrimiento mínimo, y separaciones entre las varillas.

**Figura 11**

*Mampostería con refuerzo*



*Nota.* En la figura observa el sistema estructural que solo consta de mampostería con aceros de refuerzo vertical y horizontal. Fuente: Mercadoyempresas (s.f.).

## 2.5 Ampliaciones estructurales

Como su nombre lo indica, las ampliaciones estructurales se refieren a incrementar el tamaño de una edificación, por ende, este tipo de trabajos demandan aumentar la capacidad de carga de la construcción de interés. Es muy importante que se tenga en cuenta cuales fueron las intenciones de uso con las que se construyó cualquier edificio en primera instancia, ya que, si se excede las capacidades de la edificación podría resultar en una catástrofe poniendo en riesgo la vida de las personas que habitan en la construcción.

Generalmente las ampliaciones se llevan a cabo por diversas razones, como la necesidad de más espacio, la mejora de la funcionalidad de la estructura o la adaptación a normativas de construcción y seguridad vigentes del lugar en donde están establecidas las estructuras.

Las ampliaciones estructurales pueden llevarse a cabo en cualquier parte de la edificación, sin embargo, todos estos tipos de trabajos deben cumplir con los estándares de seguridad necesarios además de llevar a cabo un diseño y análisis minucioso para que la estructura no se vea comprometida ante cualquier eventualidad como un posible sismo.

### ***2.5.1 Efectos de las ampliaciones estructurales***

Las ampliaciones estructurales pueden tener diversas consecuencias, tanto positivas como negativas, dependiendo de cómo se planifiquen, diseñen y ejecuten.

En general cuando se habla de los efectos positivos que tiene el llevar a cabo una ampliación estructural, se espera un mayor espacio para mejorar la funcionalidad de la edificación de interés. Una ampliación estructural exitosa puede proporcionar espacio adicional el cual serviría para satisfacer nuevas necesidades, como oficinas y aulas adicionales en un plantel educativo, lo que mejora la funcionalidad del edificio. Esto a su vez mejora la comodidad de sus ocupantes e incrementa el valor del edificio que se ha modificado estructuralmente.

Por otro lado, también puede haber efectos negativos como resultado de haber realizado una ampliación estructural sin supervisión. El problema más común y que se da en la mayoría de los casos en nuestro medio es el realizar ampliaciones informales, la falta de un especialista en el área de la construcción hace que no se tenga los estudios y diseños correspondientes, mismo que puede resultar en serios inconvenientes como sobrecarga de la edificación que se encontraba ya construida. Esto a su vez puede desencadenar en agrietamientos y fisuras en miembros

estructurales importantes como columnas vigas y losas generando así un potencial riesgo para las personas que habitan estas edificaciones.

El área de la construcción implica el traslado de muchos tipos de materiales, es por esta razón que; una ampliación estructural que no esté adecuadamente planificada podría generar un gran impacto medioambiental y provocar problemas a la comunidad.

## **2.6 Fisuras en elementos estructurales**

Las fisuras son rupturas que se manifiestan en el concreto como resultado de esfuerzos que superan su capacidad de resistencia.

Toirac (2004) plantea que la aparición de fisuras y grietas en el concreto puede atribuirse a una variedad de causas, siendo las causas químicas, relacionadas principalmente con la hidratación del cemento y la oxidación del acero de refuerzo, las más destacadas. Asimismo, se destaca que las causas físicas, que son preeminentes, resultan de dos tipos de acciones que, a pesar de su origen etimológicamente distinto, provocan cambios sustanciales volumétrico al contraerse y expandirse (p. 75). Por esta razón se resalta la importancia de comprender las diversas causas de la aparición de fisuras y grietas en el concreto distinguiendo entre causas químicas y físicas, nos permite apreciar la complejidad de este problema.

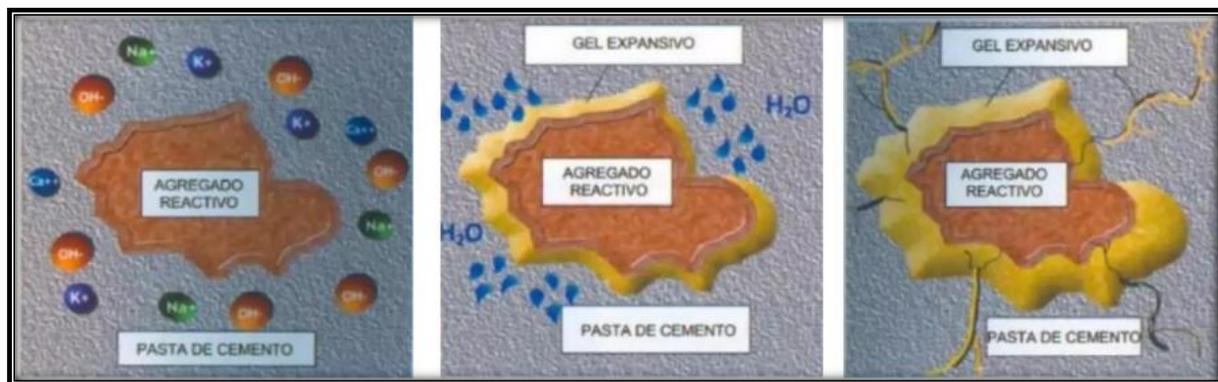
### **2.6.1 Fisuras químicas**

**2.6.1.1 Fisuras por reacción álcali-agregado (RAA).** Esta problemática involucra una reacción química lenta y progresiva que se originaba a partir de la interacción de hidróxidos alcalinos presentes en soluciones dentro de los poros de la pasta de concreto y ciertos minerales reactivos presentes en algunos tipos de agregados, todo esto en presencia de agua como se muestra en la figura 12. Esta reacción química, conocida como “reacción álcali-agregado” o RAA, se

caracteriza por ser duradera y dañina, ya que puede dar lugar a la formación de un gel expansivo que ejerce presión sobre los componentes de concreto, lo que puede conducir a la deformación de los elementos de la estructura (Silva et al., 2021). Esto indica la importancia de entender cómo los elementos químicos y los minerales de los agregados en el concreto interactúan en presencia de agua.

**Figura 12**

RAA

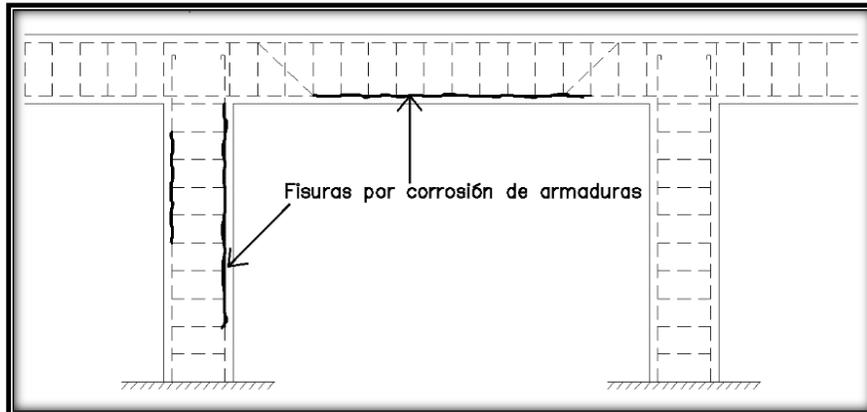


*Nota.* En la figura se evidencia la secuencia del desarrollo de la reacción álcali-agregado. Fuente: Martínez y Morales (2012).

**2.6.1.2 Fisuras por corrosión del acero de refuerzo.** Las barras de acero y otros elementos de refuerzo se encuentran rodeados por concreto como protección, y el mantenimiento de la alcalinidad de este concreto es esencial para garantizar la durabilidad del acero. El oxígeno en el aire, el dióxido de carbono y el agua pueden causar la oxidación del hierro, este fenómeno es más pronunciado en concretos porosos, ya que la cal del concreto se carbonata fácilmente debido al dióxido de carbono, colocando al acero en una situación precaria (Toirac Corral, 2004, p.98). Este proceso genera que el acero se ve envuelto de óxido, produciendo una expansión que puede dar lugar a la formación de fisuras como se puede apreciar en la figura 13.

**Figura 13**

*Fisuras por corrosión de acero*



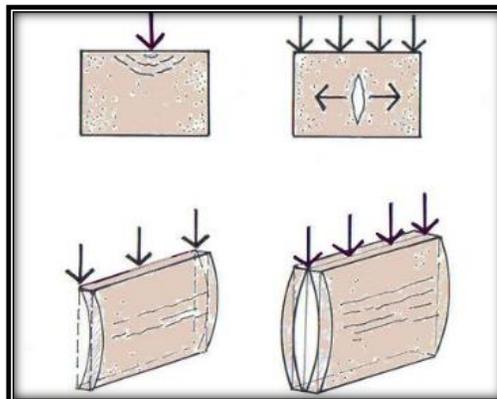
*Nota.* En la figura se puede apreciar las fisuras que se crean por la oxidación en las armaduras por expansión. Fuente: Toirac (2004).

## 2.6.2 Fisuras físicas

**2.6.2.1 Fisuras por carga excesiva.** Según João Souza (2021), las fisuras causadas por sobrecargas se originan cuando una estructura experimenta la aplicación de fuerzas que exceden su capacidad de resistencia planificada, o espesores insuficientes de los elementos estructurales, lo que conduce a esfuerzos excesivos en los elementos que componen la estructura y, como consecuencia, la formación de grietas o fisuras como se puede observar en la figura 14.

**Figura 14**

*Fisuras por exceso de cargas*

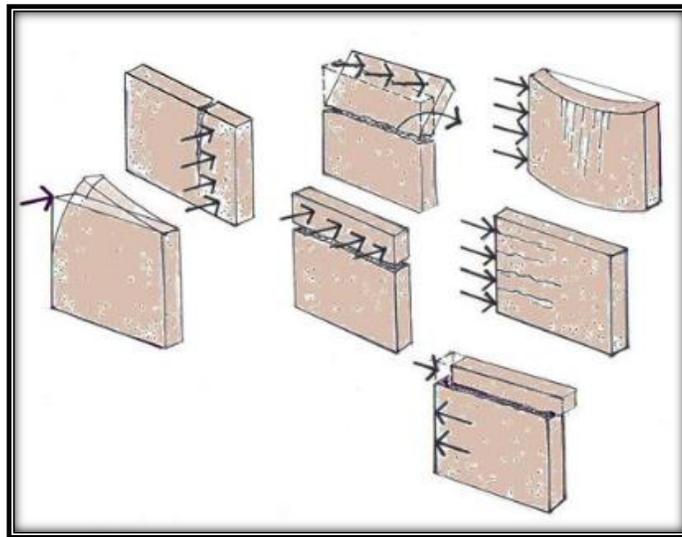


*Nota.* La figura muestra cómo se comportan los elementos estructurales cuando son sometidos a cargas verticales. Fuente: Construmática. (2010).

**2.6.2.2 Fisuras por movimientos sísmicos y vibraciones.** Los terremotos y otros movimientos sísmicos pueden inducir esfuerzos y deformaciones en las estructuras, lo que puede resultar en la formación de fisuras como se puede observar en la figura 15. Además, el exceso de tráfico de vehículos en las calles, la presencia de ascensores, la cercanía a otros edificios y la proximidad al metro, son razones de vibraciones continuas que causan fracturas y grietas en elementos estructurales y zonas susceptibles a vibración de la estructura (João Souza, 2021). Por lo descrito es esencial tener en cuenta estas fuentes de estrés en el diseño y el mantenimiento de construcciones para garantizar su integridad de sus elementos estructurales a lo largo del tiempo.

**Figura 15**

*Fisuras por movimientos laterales*



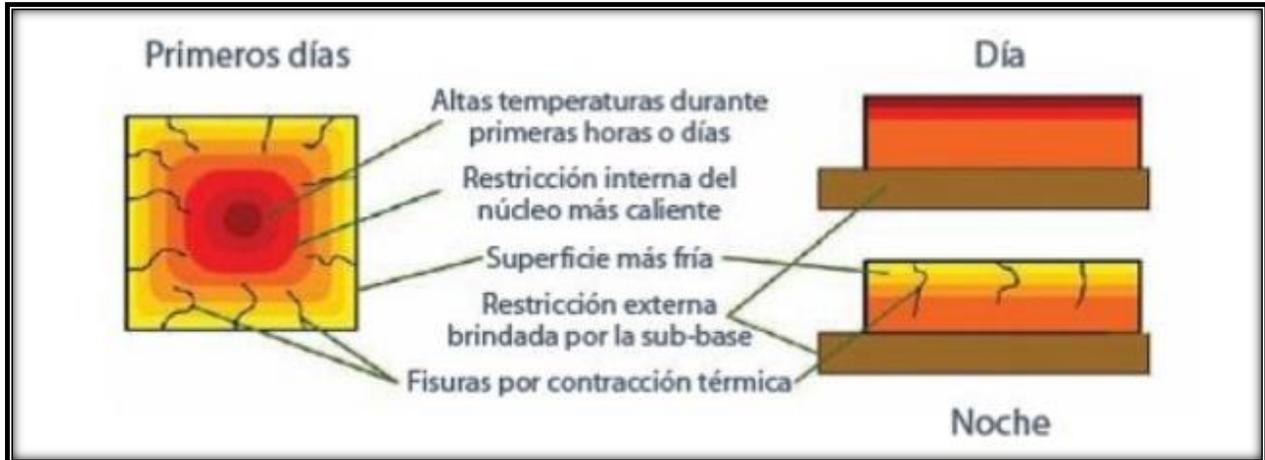
*Nota.* En la figura se puede apreciar el comportamiento de elementos estructurales sometidos a diferentes tipos de empujes horizontales. Fuente: Construmática. (2010).

**2.6.2.3 Fisuras por cambios de temperatura.** Las fisuras debidas a la contracción térmica inicial se originan debido a una marcada discrepancia de temperatura entre las estructuras y su entorno como se puede apreciar en la figura 16, ya que buscan alcanzar un equilibrio térmico con las condiciones ambientales circundantes (Segeber, M. 2010). Esta disparidad de temperatura causa

que la parte de la zona más fría tienda a contraerse de mayor manera que la parte de la zona más caliente.

**Figura 16**

*Fisuras por cambio de temperatura*

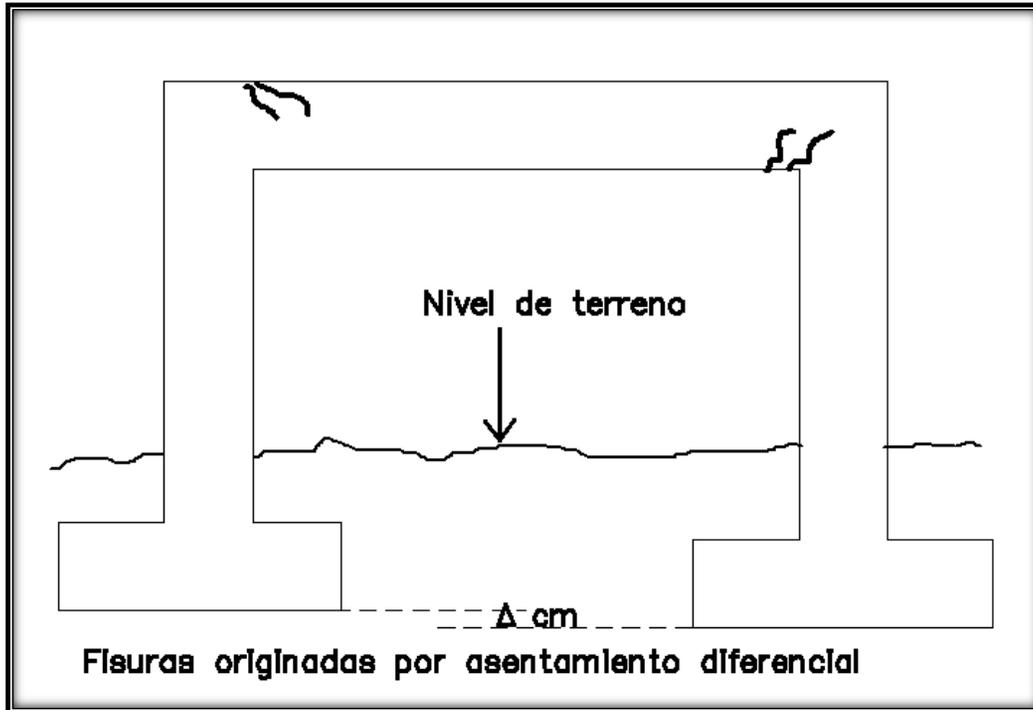


*Nota.* Esta figura muestra como en diferentes zonas del elemento estructural se llega a producir distintas temperaturas. Fuente: Segerer. (2010).

**2.6.2.4 Fisuras por movimientos diferenciales.** Toirac (2004) plantea que en situaciones donde se emplean estructuras con marcos de soporte, cuando se experimenta un hundimiento desigual del terreno bajo una de las bases de apoyo mientras la adyacente permanece estable, se genera un riesgo de asentamiento diferencial significativo. Esto puede resultar en un aumento sustancial de las fuerzas que actúan sobre las vigas de conexión superior del marco, lo que provoca la aparición de fisuras (p. 110). Esto conlleva a destacar la necesidad de considerar cuidadosamente los factores del terreno en el diseño y la planificación de las estructuras para prevenir problemas potencialmente graves de asentamientos en el futuro, en la figura 17 se puede apreciar gráficamente lo descrito anteriormente.

**Figura 17**

*Fisuras por asentamiento diferencial*



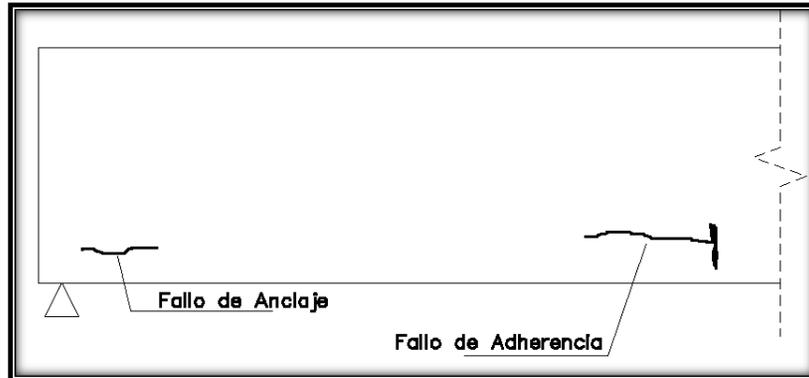
*Nota.* En la figura se puede observar un asentamiento diferencia desigual en la base de apoyo del pórtico. Fuente: Los autores basados en Toirac. (2004).

### **2.6.3 Otros tipos de fisuras**

**2.6.3.1 Fisuras por anclaje.** Los problemas de anclaje son altamente riesgosos, ya que implican que la barra de acero se deslice y pierda su capacidad de retención como se puede apreciar en la figura 18, lo que podría señalar la posibilidad de un fallo repentino y grave, es evidente que este asunto adquiere una relevancia aún mayor. Las fisuras en el material base de anclaje no solo afectan la distribución adecuada de la tensión generada por los anclajes bajo carga, sino que también pueden dar lugar a un mal funcionamiento grave de los anclajes, haciendo que no sean adecuados para esta condición (Vásquez, I. 2019). De aquí la gran importancia de las longitudes de desarrollo o solapes en los aceros al momento de diseñar los elementos estructurales.

## Figura 18

### *Fisuras por adherencia-anclaje*

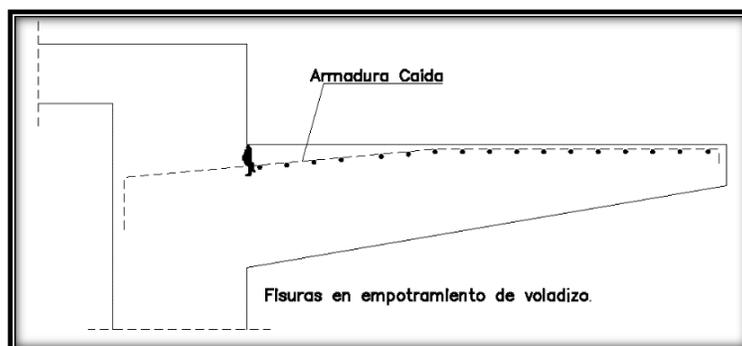


*Nota.* La figura puede muestra la aparición de fisuras por la falla de anclaje o adherencia.  
Fuente: Los autores basados en Toirac. (2004).

**2.6.3.2 Fisuras por caída de armadura.** Para Toirac (2004), este tipo de fisuras se da cuando las armaduras principales caen o se desplazan durante el proceso de vertido del hormigón, así como se presenta en la figura 19, se generan grietas en áreas donde el acero no está tomando las tensiones de tracción (p. 109). Esto enfatiza la importancia crítica de una cuidadosa ejecución y supervisión durante el proceso de vertido de hormigón, ya que el desplazamiento de las armaduras principales puede comprometer la integridad estructural y la capacidad de carga de la construcción

## Figura 19

### *Fisuras por caída de armadura*



*Nota.* En la figura se puede apreciar la grieta producida por esfuerzos de tensión que no pudieron ser absorbidos por la armadura caída. Fuente: Los autores basados en Toirac. (2004).

## **2.7 Mecánica de los materiales en la construcción**

Los materiales en la construcción son fundamentales para la ejecución de todo tipo de obra civil. El conocer las propiedades de los materiales es de vital importancia para determinar la calidad en una estructura, de aquí la necesidad de que estos cumplan por lo menos con los niveles de aprobación establecidos en las normativas de construcción.

La mecánica de materiales es la rama de la ingeniería que se encarga del estudio del comportamiento mecánico de los materiales de construcción, como el acero, el concreto y la madera, bajo la acción de cargas externas, como la gravedad, los vientos y los sismos. Su aplicación en la construcción permite el diseño de estructuras y componentes que sean lo suficientemente resistentes para soportar las cargas a las que estarán sometidos los elementos (Hibbeler, 2011, p. 3).

Ante lo citado, se puede concluir que es de suma importancia conocer las propiedades de los materiales de los cuales está constituido el “Bloque A”, ya que de esta forma podremos corroborar que la estructura por analizar es segura y confiable.

## **2.8 Levantamiento estructural**

El levantamiento estructural es el proceso mediante el cual se realiza una inspección detallada de una estructura existente, con el objetivo de obtener información precisa sobre su geometría, configuración y estado actual. Este proceso incluye la toma de mediciones como también la extracción de muestras de los materiales que componen a la estructura, con la finalidad de analizar sus características para poder proponer soluciones de mantenimiento, reparación o renovación (Taranath, B. S. 2012).

El levantamiento estructural es una herramienta esencial para la preservación del patrimonio arquitectónico y la garantía de la seguridad de las personas que ocupan o interactúan con las estructuras existentes.

## **2.9 Evaluación preliminar estructural**

La evaluación preliminar de una estructura es un proceso de inspección inicial utilizado para determinar el estado general de la estructura y detectar cualquier problema evidente que pueda requerir una inspección más detallada o una reparación inmediata. Esta evaluación preliminar puede incluir la revisión de la documentación existente de la estructura, la realización de una inspección visual para detectar daños, la evaluación de la capacidad de carga y la estabilidad de la estructura, así como la identificación de riesgos potenciales de seguridad para los ocupantes o transeúntes de la estructura (Hicks y Tyler. 2016).

El resultado de la evaluación preliminar puede ser utilizado para determinar la necesidad de una inspección más detallada y la elaboración de un plan de mantenimiento, reparación o renovación para la estructura.

## **2.10 Fallas estructurales**

Las fallas estructurales se refieren a cualquier tipo de daño, deformación o colapso en un componente o sistema estructural que afecta su capacidad para cumplir con su función de diseño. Estas fallas pueden ser el resultado de un diseño inadecuado, una construcción deficiente, la exposición a cargas o fuerzas imprevistas o el envejecimiento natural de la estructura.

Las fallas estructurales pueden ser evidentes a simple vista, como grietas, fisuras, deformaciones visibles o colapsos parciales o totales. También pueden ser más sutiles y requerir pruebas más detalladas, como inspecciones con ultrasonidos, pruebas de carga o análisis de vibraciones.

Es importante identificar y remediar las fallas estructurales para garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras, así como para prolongar su vida útil. La reparación de las fallas estructurales puede implicar el reemplazo de componentes dañados, el refuerzo de las estructuras existentes o la reconstrucción de partes de la estructura dañadas o colapsadas.

## 2.11 Ensayos destructivos

Implican la alteración permanente o destrucción de la pieza en estudio. Estos ensayos realizados en el hormigón son herramientas valiosas para la evaluación de las características mecánicas y capacidad de resistencia de los materiales (American Concrete Institute, 2014, p. 1). Puede ser de gran importancia la evaluación de la calidad del material ya que proporciona información valiosa sobre su comportamiento en condiciones de carga. A continuación, se presenta un detalle visual en la figura 20 de cómo se realiza la intervención de un ensayo destructivo.

### Figura 20

*Extracción de núcleo de hormigón*



*Nota.* Intervención en un elemento estructural para la obtención de una muestra cilíndrica de hormigón. Fuente: Cotecno (2023).

La extracción de núcleos de hormigón es un ensayo regulado por la ASTM C42. Implica destruir parte de una estructura existente con el fin de evaluar su resistencia y calidad de los materiales de los cuales se compone la misma (ASTM C42-20, 2020).

## **2.12 Ensayos no destructivos**

Permiten evaluar las propiedades de los materiales y estructuras sin dañarlas permanentemente. La aplicación y avance de técnicas y métodos para determinar las características de los materiales sin dañarlos, permite obtener información útil sobre sus propiedades físicas y mecánicas sin tener que hacer ensayos que los destruyan (Cetrangolo, 2017, p11). Estos ensayos son útiles en la inspección de elementos estructurales, la detección de defectos y la evaluación del estado de la estructura sin afectar su integridad.

### ***2.12.1 Esclerómetro***

El ensayo del esclerómetro está regulado por la ASTM C805, esta es una técnica no destructiva, lo que significa que la estructura no sufre daños significativos durante la prueba. La relación entre la resistencia a la compresión del concreto y los valores de rebote obtenidos con el uso de un esclerómetro ha sido objeto de estudio, y se ha encontrado que existe una correlación significativa entre ambos parámetros, lo que sugiere que los valores de rebote pueden utilizarse como indicadores confiables de la resistencia a la compresión del concreto (Hernández et al., 2017). Esto lo convierte en una técnica útil y sencilla, ya que este ensayo se basa en colocar el esclerómetro perpendicular en la superficie para tomar lecturas del rebote como se observa en la figura 21.

**Figura 21**  
*Esclerómetro*



*Nota.* En la imagen se puede observar la evaluación de la resistencia a la compresión del hormigón utilizando un Pachómetro. Fuente: Silveira, P. (2020).

### **2.12.2 Pachómetro**

El funcionamiento se basa en la generación de ondas, la medición de la resistencia al flujo magnético generado por estas indica la presencia de elementos metálicos cercanos. Esta resistencia disminuye a medida que la proximidad del elemento metálico aumenta (EcuRed, 2011).

El uso del pachómetro, se basa en una técnica no destructiva que sirve para detectar elementos de metal ocultos en el hormigón, resulta aprovechable para localizar las barras de acero embebidas en el material como se puede visualizar en la figura 22. Esto nos entrega como resultado la posición, la dirección y también los diámetros de las barras de acero.

**Figura 22**  
*Pachómetro*



*Nota.* Detección de acero de refuerzo de un elemento estructural de hormigón armado. Fuente: Construyored (2021).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Investigación explorativa y experimental

Para abordar el primer objetivo específico se pretende basar el proyecto técnico en una investigación explorativa y experimental ya que la evaluación que se quiere realizar tendrá una solución tanto en campo como en laboratorio. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es generar conclusiones y resultados precisos a través de la exploración sistemática de la superestructura del “Bloque A”.

En este proyecto nos vamos a enfocar en el método de evaluación delimitado en la figura 23 el cual implica el uso de formularios para el análisis preliminar de una estructura que no ha sido afectada por un sismo.

**Figura 23**

*Métodos de evaluación sísmica*

Undamaged Buildings	FEMA P-154	ASCE/SEI 41 Tier 1	ASCE/SEI 41 Tier 2	ASCE/SEI 41 Tier 3 FEMA P-807 FEMA P-58 HAZUS
Earthquake-Damaged Buildings	ATC-20 Rapid	ATC-20 Detailed	FEMA 352 ATC-52-4	FEMA 306 ATC-52-4
Time Required	Minutes	Hours	Days	Weeks
Relative Cost	\$	\$\$	\$\$\$	\$\$\$\$
Qualifications	Properly trained building professionals (see Section 2.2)	Structural engineers experienced in seismic evaluation and design		

*Nota.* En la imagen se puede observar la comparación de métodos de evaluación estructural previa y posterior a un evento sísmico, delimitado con líneas rojas se observa el procedimiento en el cual se enfoca este proyecto. Fuente: Autores a través de la Fema P-154, Tabla 1-1 (2015).

Para recopilar los datos, se utilizarán técnicas de análisis para evaluar la superestructura del “Bloque A” y obtener conclusiones significativas basadas en la Guía Práctica para Evaluación

Sísmica y Rehabilitación de Estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, FEMA-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) y adicionalmente el Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, mismas que son utilizadas para evaluar una estructura previa a un evento sísmico. Además, para cumplir a cabalidad el objetivo de recolectar evidencias de deterioro y afectación se podrá utilizar las normas ASCE\_SEI 41-17 (Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings), ACI 562 (Evaluación, reparación y rehabilitación de edificaciones existentes de concreto) y adicionalmente la norma NEC-SE-RE (Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras) poniendo en práctica los conceptos detallados a continuación.

### **3.2 Método**

En el análisis, se descompone el proyecto en partes más pequeñas para comprender su funcionamiento y características, por otro lado, la síntesis implica la combinación de estas partes individuales para crear una solución integral y completa (Fiksel, J. 1996).

Mediante la aplicación del método analítico – sintético, el proyecto se regirá a un plan de estudio y síntesis con el cual se propondrá un enfoque que nos permitirá evaluar el “Bloque A” de manera progresiva. Este análisis nos ayudará comprender cada uno de los procesos de evaluación estructural, desde pequeños resultados de datos hasta resultados finales para poder sintetizarlos y obtener una comprensión completa del proyecto en conjunto (Tarancon, J. E. 2005).

Para lograr esto, se va a realizar experimentos controlados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Politécnica Salesiana con los núcleos de hormigón que se extraiga de la superestructura del “Bloque A”. También se van a hacer ensayos in situ utilizando los instrumentos propuestos como esclerómetro y pachómetro. El objetivo de los experimentos es

obtener datos que puedan ser utilizados para la caracterización del modelo en ETABS y formular soluciones en caso de que se necesite reparaciones o reforzamientos.

### **3.3 Técnica de recolección de información**

Para el levantamiento estructural y evaluación preliminar del “Bloque A” se va a recopilar información detallada para proponer las soluciones pertinentes aplicando:

#### ***3.3.1 Inspección visual***

Es la técnica más común para obtener información preliminar sobre el estado de la estructura. Se realizará una inspección visual minuciosa de cada componente de la estructura, registrando las observaciones y medidas necesarias para identificar deficiencias, daños y deformaciones (Ching, F. 2014).

#### ***3.3.2 Medición de la estructura***

Se utilizará herramientas como cintas métricas para medir la longitud, ancho y altura de la estructura. También pueden medir los ángulos de las paredes y los techos, las pendientes de los pisos y los techos, y la ubicación de las aberturas de las puertas y ventanas (Ching, F. 2014).

#### ***3.3.3 Análisis del material de la estructural***

Se utilizará técnicas como la detección de aceros con el pachómetro, la prueba de resistencia a la compresión utilizando el esclerómetro y extracción de núcleos de hormigón del edificio, ensayo que entregará muestras cilíndricas representativas del material que se utilizó para la construcción del “Bloque A”.

### **3.4 Proceso técnico de ingeniería civil**

En este apartado se detallarán los procesos técnicos que serán de ayuda para la recolección de información sistemática sobre el estado de la superestructura del “Bloque A”, todos estos análisis se fundamentan en la ejecución de ensayos destructivos y no destructivos.

#### ***3.4.1 Ensayos destructivos***

Un ensayo destructivo es aquel que altera un material o un elemento físicamente mediante la aplicación de fuerzas o cargas externas sobre el mismo. En nuestro proyecto se ha propuesto un ensayo destructivo que se detalla a continuación el cual nos ayudará a enfrentar el segundo objetivo específico.

Para cumplir con la propuesta del segundo objetivo específico se llevará a cabo la extracción de núcleos de hormigón en elementos de la superestructura del ‘Bloque A’. Una vez seleccionada la ubicación donde se va a ejecutar el ensayo, se realiza un marcado en la superficie para indicar el punto donde se realizará la extracción de la muestra.

Se procede a perforar la superficie del concreto con una herramienta especializada llamada taladro de núcleos. El taladro de núcleos tiene una broca hueca que permite extraer un cilindro de concreto (El diámetro dependerá del espesor del elemento) del interior de la estructura. Es importante que se tenga precaución al realizar esta tarea para evitar dañar las barras de refuerzo que se encuentran en el interior del concreto.

Una vez que se ha extraído el núcleo, se lleva al laboratorio donde posteriormente se realizan pruebas de compresión para determinar la resistencia del concreto.

### **3.4.2 Ensayos no destructivos**

Para poner en marcha el tercer y cuarto objetivo específico del proyecto se va a necesitar de ensayos no destructivos, mismos que a diferencia de los ensayos destructivos, no alteran físicamente la integridad del elemento o material que se esté analizando. Esto sucede ya que los ensayos no aplican cargas ni fuerzas excesivas que comprometan al elemento de interés.

**3.4.2.1 Procedimiento del ensayo con esclerómetro.** Para llevar a cabo el tercer objetivo específico se va a utilizar el esclerómetro. La técnica para utilizar este instrumento se basa en la medición de la resistencia a la penetración de una bola de acero que es lanzada contra la superficie del concreto mediante dicho dispositivo. Esto implica preparar la superficie donde se realizará el ensayo, calibrar el martillo y realizar varias mediciones en diferentes puntos de la superficie, un mínimo de 10 lecturas y con una separación mínima de 25 mm para trabajar con el resultado promedio. Según ASTM C805M (2018) para el proceso de determinar el número de rebote, es necesario descartar las lecturas que se alejen más de 6 unidades del promedio de 10 lecturas, pero si más de 2 lecturas son las que difieren, se deben descartar completamente las lecturas realizadas en esta área y, es necesario volver a realizar nuevas lecturas en otra ubicación de la misma área de prueba. Estas variaciones de lecturas pueden darse en elementos de hormigón con presencia de vacíos o de agregados gruesos en el lugar donde se toma la lectura, provocando que aumenten o disminuyan los valores obtenidos.

**3.4.2.2 Procedimiento del ensayo con el pachómetro.** Para enfrentar el cuarto objetivo específico se va a evaluar los elementos con el instrumento conocido como pachómetro. Este es el procedimiento más común para determinar el diámetro ( $\pm 2$  mm) y localización del acero de refuerzo en elementos de hormigón armado. González y Alloza, (2012, p.95) plantean que el pachómetro se fundamenta en propiedades electromagnéticas que se generan entre el acero y el

concreto generando un principio de inducción electromagnética. Al verse afectado un circuito eléctrico debido al campo magnético alterno, se puede detectar el acero de refuerzo en el hormigón al medir los cambios en el campo magnético producido por su presencia.

Este método se caracteriza por su bajo costo y su rapidez de ejecución, lo que permite una exploración fácil de áreas extensas. La cantidad de puntos necesarios para determinar la posición, espesor de recubrimiento y tipo de refuerzo depende de la tipología estructural y de la geometría del elemento.

### ***3.4.3 Planos estructurales***

La elaboración de planos estructurales trae consigo una serie de procesos. Para la recolección de información sobre los elementos estructurales que conforma al “Bloque A”, se procederá a realizar un levantamiento de medidas detallado para determinar las dimensiones que se plasmarán en los planos.

Para la elaboración de planos es muy importante un registro fotográfico el cuál se elabora mediante una inspección visual tanto interior como exterior del edificio, esta se lleva a cabo utilizando herramientas como cámaras fotográficas para poder obtener un registro de las fisuras, mismas que permitan obtener una vista detallada de las áreas críticas. Durante la inspección visual, se buscará cualquier signo de daño de como fisuras o grietas, con la información registrada se procederá a crear los planos estructurales en el programa computación AutoCAD.

**3.4.3.1 Herramientas para la elaboración de planos.** El quinto objetivo específico se pondrá en marcha mediante el programa computacional conocido como AutoCAD. Es un software para diseño que ayuda a los profesionales de la construcción a crear o editar modelos 2D y 3D (Autodesk, 2023). El software se va a utilizar para generar información más precisa sobre la

edificación existente y su respectiva evaluación, dando como resultado una representación gráfica de la superestructura del “Bloque A”.

**3.4.3.2 Consulta de planos y documentos de remodelaciones o ampliaciones.** Se consultará los planos y documentos antiguos en la administración zonal a la que corresponda la universidad, archivo nacional y en el archivo histórico salesiano de modo que se obtenga información sobre la estructura existente, sus especificaciones y materiales de construcción además de conocer cualquier cambio o mejora realizada anteriormente.

**3.4.3.3 Modelo en software de análisis estructural.** Para dar paso al sexto objetivo específico se utilizará el software de análisis estructural conocido por sus siglas ‘E.T.A.B.S.’ el cual nos entregará datos importantes que solamente se pueden adquirir mediante el modelamiento del edificio en el programa mencionado. Además, el modelo que se cree estará compuesto por todas las características físicas y arquitectónicas que se obtengan como fruto del levantamiento de información respectivo que se tiene planeado hacer en este proyecto técnico.

**3.4.3.4 Registro fotográfico.** Para llevar a cabo el último objetivo específico se identificará todas las irregularidades que se presenten en la superestructura del ‘Bloque A’ con el uso de una cámara fotográfica. Este apartado es de suma importancia ya que nos ayudará a entender de mejor manera el comportamiento que ha tenido la estructura ante las solicitaciones a las que ha estado expuesta la edificación a lo largo de los años.

## CAPÍTULO IV

### GENERALIDADES DEL ‘BLOQUE A’

#### 4.1 Historia del campus ‘El Girón’ de la Universidad Politécnica Salesiana

Los edificios en los que actualmente se llevan a cabo las labores de la Universidad Politécnica Salesiana del Campus ‘El Girón’ pertenecieron en sus inicios al Colegio Spellman. Según el portal web del colegio en mención, los edificios fueron terminados de construir aproximadamente en el año 1957, lo que nos indica que la estructura hasta el año en el que se desarrolla este trabajo de titulación tiene 66 años de haberse edificado. A continuación, en la figura 24 se muestra una fotografía en la que se puede apreciar cómo era el edificio del ‘Bloque B’ en aquella época hace 66 años. Spellman (2023).

**Figura 24**

*Antiguo colegio spellman*

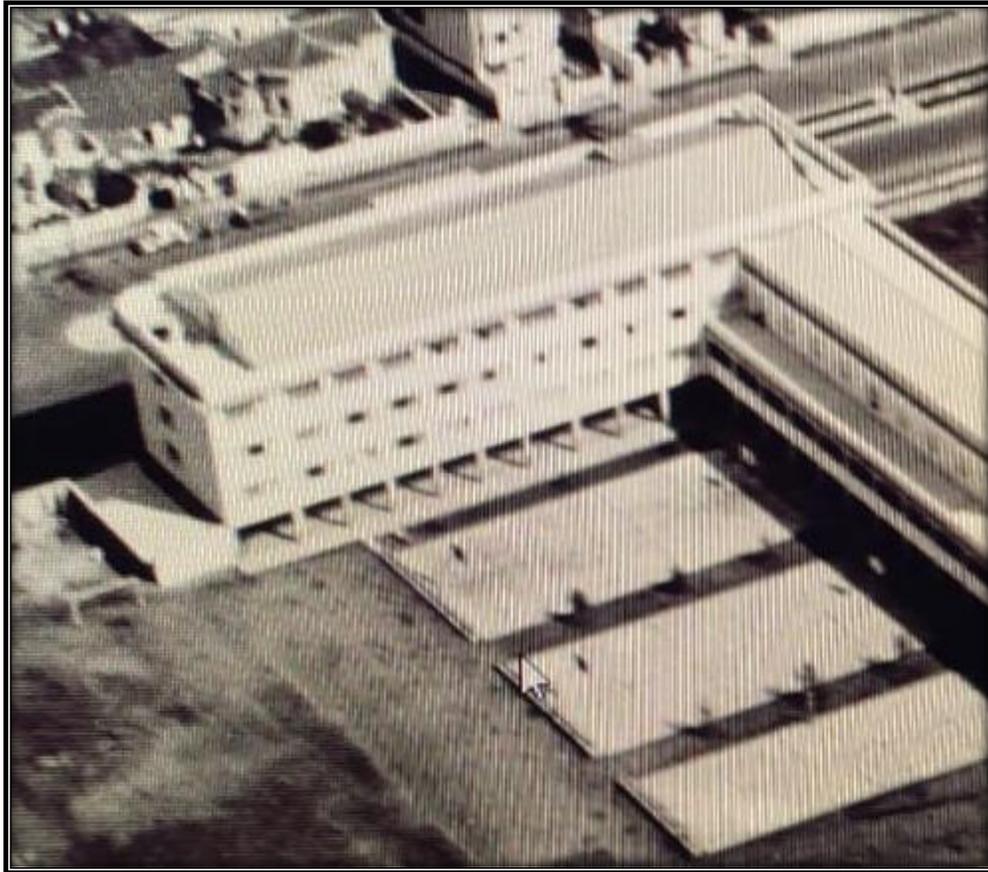


*Nota.* En la imagen podemos observar un edificio del antiguo Colegio Spellman, mismo que actualmente es conocido como el ‘Bloque B’ de la Universidad Politécnica Salesiana. Fuente: Spellman (2023).

En la figura 25 se muestra como era antiguamente el que actualmente es conocido como 'Bloque A' de la Universidad Politécnica Salesiana en el Campus 'El Girón' y que también es objeto de estudio en este proyecto.

### **Figura 25**

*Instituto superior técnico salesiano*



*Nota.* En la imagen podemos observar el edificio del Instituto Superior Técnico Salesiano, mismo que actualmente es conocido como el 'Bloque A' de la Universidad Politécnica Salesiana. Fuente: Archivo Histórico Salesiano.

#### **4.2 Normativa vigente a la fecha en que fue construido el actual 'Bloque A' de la U.P.S.**

Varios años atrás, específicamente el 5 de agosto de 1949 en la ciudad de Ambato ocurrió un sismo de gran magnitud, mismo que provocó daños irreparables dejando muchas víctimas

mortales y gran parte de la ciudad destruida (Theurer, 2017). Este evento catastrófico fue motivo para crear el Código Nacional de Construcciones de 1951 (Aguar, 2010).

El 12 de febrero de 1951 se crea oficialmente el Código Nacional de Construcciones el cual pasó a ser obligatorio en el año de 1952 para todo el país, sin embargo, gran parte de las edificaciones que se construyeron durante los años en los que esta normativa estaba vigente no contemplaron las leyes que se habían estipulado (INEN, 1976).

Resulta muy relevante conocer la normativa en la cual se basaron las personas que construyeron el que en esa época fue el Instituto Superior Técnico Salesiano ya que el Código Nacional de Construcciones mencionaban aspectos como la importancia de construir con concreto armado y el diseño sismorresistente. El edificio que es objeto de estudio en este proyecto de titulación se terminó de construir en el año de 1957 por lo que se supone que su proceso constructivo debió estar sujeto a las especificaciones de la época. Además, se encuentra construido en su mayoría de concreto armado por lo que se supone que siguió las recomendaciones que brindaba el Código Nacional de Construcciones.

Después de varios años, en diciembre de 1976 se modificó la normativa con respecto a la construcción cuando el INEN publicó la Guía Popular de construcciones sismo resistentes, no obstante, en el proyecto actual de investigación no es relevante las modificaciones posteriores a la construcción del edificio de estudio por lo que se pondrá énfasis en obtener conclusiones evaluando la Superestructura del 'Bloque A' con respecto al código vigente durante su proceso constructivo (INEN, 1976).

### 4.3 Generalidades estructurales del “Bloque A”

#### 4.3.1 Cubiertas del “Bloque A”

El “Bloque A” está compuesto en su mayoría de elementos estructurales de hormigón armado como vigas, columnas y losas, mismas que a su vez forman pórticos. Sin embargo, hay excepciones como las cubiertas del edificio las cuales están compuestas de elementos de madera y bloque como se puede apreciar en la figura 26.

#### Figura 26

*Cubierta del lado occidental del “Bloque A” de la U.P.S*



*Nota.* En la imagen se observa la parte interna de la cubierta del “Bloque A”, lugar donde son las instalaciones de la Carrera de Psicología. Fuente: Los Autores.

#### 4.3.2 Subsuelos del “Bloque A”

El subsuelo del ala norte del edificio en cuestión resulta muy interesante de analizar ya que fue construido con estructura metálica y tiene una antigüedad aproximada de 15 años según las personas que laboran en la institución. El subsuelo fue construido bajo el mando del Arquitecto José Barrionuevo, actualmente el lugar está siendo utilizado como sala de docentes y bodega donde

se almacena documentos de la secretaría de campus. En la figura 27 se puede apreciar parte del subsuelo que se describe en este párrafo.

La construcción de este subsuelo genera intriga en la investigación ya que en los archivos de la universidad no hay registro de la metodología constructiva que se llevó a cabo para conectar la parte superior de la estructura con el nuevo subsuelo y con la cimentación, además, tampoco se tiene conocimiento de planos estructurales ni arquitectónicos. Según el personal de la universidad, su construcción se dio hace aproximadamente 15 años.

**Figura 27**

*Subsuelo del lado norte del “Bloque A” de la U.P.S*



*Nota.* En la imagen se observa la parte interna del subsuelo del “Bloque A”, mismo que está construido en su totalidad por estructura metálica. Fuente: Los Autores.

El subsuelo del lado occidental del “Bloque A” consta de muros de contención que a su vez cumplen la función de confinar a la cimentación del edificio. También se hizo un análisis del material del cual estaban compuestos estos muros y se evidencio que no tienen agregados gruesos, en el apartado de “Extracción de Núcleos de Hormigón” de este proyecto se puede evidenciar más a detalle lo descrito. En la figura 28 que se presenta a continuación se puede observar un parte del muro de contención.

## Figura 28

*Muro de contención del lado occidental del “Bloque A” de la U.P.S*



*Nota.* En las imágenes se observa la parte superficial del muro de contención que confina a la cimentación del edificio. Elaborado por: Los autores.

### 4.3.3 Vigas simplemente apoyadas

El edificio que se está analizando tiene forma de una “L”, por tal motivo se encuentra unido mediante juntas en sus extremos con las partes más actuales de la universidad. Sin embargo, existen vigas simplemente apoyadas que se encuentra dentro del área de estudio entre el lado occidental y el lado norte del edificio y se la puede apreciar en la figura 29.

## Figura 29

*Vigas simplemente apoyadas*



*Nota.* En la imagen se puede observar dos vigas que comparten una columna donde se unen el lado norte y el lado occidental del edificio. Fuente: Los autores.

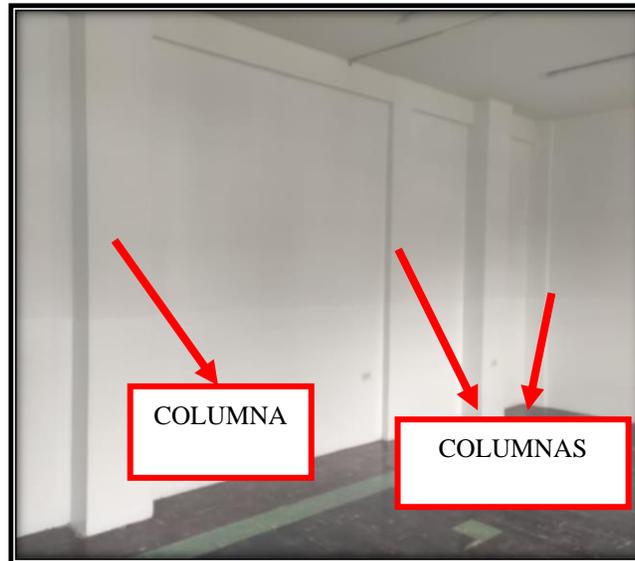
Es muy importante que se considere esta junta en el caso de que se elaboren modelaciones ya que esta característica del edificio afectaría considerablemente la respuesta del edificio ante los respectivos análisis sísmicos.

#### **4.3.4 Elementos estructurales**

Hablando específicamente sobre las columnas que componen a la superestructura del “Bloque A”, la mayoría cumplen con las medidas mínimas que exige el Código Ecuatoriano de la Construcción de 900 cm<sup>2</sup>. Existen aulas del edificio las cuales están compuestas de “Columnas principales” y “Columnas secundarias” como se observa en la figura 30. Cabe recalcar que estas características no se encuentran en toda la edificación.

**Figura 30**

*Columnas del aula A36*



*Nota.* En la imagen se puede observar los diferentes tamaños y las distancias entre columnas del aula A36 del lado occidental del “Bloque A”. Fuente: Los autores.

Un aspecto importante que causa intriga en el lado occidental del “Bloque A” es el tamaño de sus paredes. Mientras que en la planta baja sus paredes son de aproximadamente 15 cm de ancho, en el primer piso las paredes tienden a elevar considerablemente esa medida alcanzando

los 40 cm como se puede observar en las figuras 31 y 32. Este tipo de sistema constructivo podría ser crítico ya que hay una alta probabilidad de que se genere un *Piso Débil* debido a la elevada rigidez que aporta la mampostería de grandes dimensiones, esto a su vez provoca que el nivel del edificio genere torsión.

### **Figura 31**

*Pared fisurada planta baja*



*Nota.* En la imagen se puede observar una pared de la planta baja de aproximadamente 15cm. Fuente: Los autores.

### **Figura 32**

*Pared fisurada del primer piso*



*Nota.* En la imagen se puede observar el grosor de una pared del primer piso en la cual también se encuentra una fisura. Fuente: Los autores.

Con respecto a las vigas del edificio no se han presentado irregularidades considerables, además muchas de ellas se encuentran cubiertas por un cielo raso (Gypsum).

Cuando se llevó a cabo la extracción de núcleos de hormigón en las losas del tercer nivel del lado occidental del “Bloque A” se evidenció que se tiene paños con un espesor de 12 cm incluyendo los recubrimientos en la parte superior e inferior de la losa. Cabe recalcar que se trata de losas macizas de hormigón armado. En la figura 33 que se muestra a continuación se puede observar una losa perforada de la cual obtuvimos las medidas correspondientes.

### **Figura 33**

*Losa perforada*



*Nota.* En la imagen se puede observar el espesor de la losa maciza del aula A32 con 12 cm de espesor aproximadamente. Fuente: Los autores.

## **4.4 Generalidades arquitectónicas del “Bloque A”**

### **4.4.1 Características de la construcción**

El área total que comprende la parte construida del “El Bloque A” es de 5852.26 m<sup>2</sup> los que están repartidos en seis plantas, sus inicios se remontan al año 1950 en la época del obispo

Cándido Rada. Esta edificación fue desarrollada en sentido horizontal, y en su diseño se priorizó una forma rectangular, lo que facilita a las actividades desarrolladas en el edificio.

Su sistema constructivo es de tipo tradicional ya que cuenta con columnas vigas y losas de hormigón armado, además de paredes de bloque enlucido. Cuenta con áreas ampliadas que tienen las mismas características de la estructura original. Los distintos niveles se encuentran conectados tanto de forma horizontal a través de corredores que unen directamente a las aulas con diferentes zonas de la planta, y verticalmente los distintos niveles se encuentran conectados por medio de escaleras, también cuenta con un ascensor que facilita el traslado vertical entre plantas (Marly Montesdeoca, 2017). Lo que nos da una breve apreciación de cómo se encuentra constituida la edificación.

#### ***4.4.2 Distribución de las zonas de interés que conforman “El Bloque A”***

**4.4.2.1 Planta Subsuelo.** Su área de construcción es de 871.78 m<sup>2</sup>, la que se reparte entre: La sala de estar de profesores, Patio, Archivo de secretaria, Archivo financiero, Bodega de almacén, 2 baños, Zona de Atención al público y El comedor del personal de la universidad.

**4.4.2.2 Planta Baja.** Su área de construcción es de 1459.76 m<sup>2</sup> en los que se encuentran: La secretaria, Laboratorio, Área Financiera, Dirección técnica de Bienestar Estudiantil, 4 baños, Dirección técnica Administrativa, Recepción y Coordinación de Posgrado.

**4.4.2.3 Primera Planta.** Cuenta con un área de construcción de 1459.76 m<sup>2</sup> en los que se distribuye: Las Aulas A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, Dirección técnica de Comunicación y Cultura, Dirección técnica de Talento Humano, Sala de Consejo, Vicerrectorado, 2 baños, Coordinación Admisiones, Unidad de Admisión y Nivelación, Cámara Gesell y Dirección Vinculación con la Sociedad

**4.4.2.4 Segunda Planta.** Su área construida es de 957.23 m<sup>2</sup> en las que se encuentran las Carreras de: Teología Pastoral, Filosofía y Pedagogía, Antropología Aplicada, Psicología, Educación Intercultural Bilingüe, Desarrollo Local Sostenible. Las Aulas: A-13, A-14, A-18, A-19, A-20, A-21, A-22, A-23, A-24, A25, A-26, A-27, A-28, A-29, A30, A3. También cuenta con: Centro de Lector-Escritura Académica, Dirección de Carrera, Sala de Tutorías, Trabajos de grado Contabilidad y Auditoría, Biotecnología de Recursos Naturales, 2 baños.

**4.4.2.5 Tercera Planta.** Su área construida es de 957.23 m<sup>2</sup> en los que se encuentra distribuido: El Auditorio Monseñor Oscar Romero, Coordinación de Posgrados, Hall, 2 baños. También se encuentran ubicadas las Aulas: A-32, A-33, A-34, A-35, A-36, A-37, A-38, A39 y el área de Prácticas Profesionales de Psicología.

**4.4.2.6 Cuarta Planta.** El área que corresponde a la parte construida es de 146.5 m<sup>2</sup> en la que se encuentra: La sala de reuniones y video conferencia, una cisterna y la terraza accesible. Actualmente dan lugar a las aulas de la carrera de psicología.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE ENSAYOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### 5.1. Ensayo con esclerómetro de los elementos estructurales del ‘Bloque A’

Después de haber tramitado los permisos correspondientes con las autoridades pertinentes de la Universidad Politécnica Salesiana, se procedió a realizar el ensayo de comprobación de la resistencia a la compresión del hormigón en elementos estructurales como vigas, columnas y losas del ‘Bloque A’. El procedimiento se llevó a cabo con el Esclerómetro del laboratorio de Ensayo de Materiales de la Carrera de Ingeniería Civil, a continuación se detallan los pasos que se siguió para la recolección de datos.

1. Seleccionamos un elemento estructural como se detalla en la figura 34 a continuación, posteriormente procedemos a delimitar el área en la que se llevará a cabo el ensayo.

#### **Figura 34**

*Delimitación del área de ensayo utilizando plantilla en un elemento estructural tipo viga.*



*Nota.* En la imagen se observa el área de ensayo delimitada por una plantilla que posee 12 orificios separados 4 cm entre cada uno de ellos. Fuente: Los Autores.

2. Después de haber seleccionado el área de trabajo, se procede a levantar la capa de recubrimiento que posee el elemento estructural, ya sea pintura o empaste superficial. En la figura 35 se detalla lo descrito en este párrafo.

### **Figura 35**

*Limpeza de la superficie del área a ensayar.*



*Nota.* En la imagen se observa una de las capas que se retiró para la ejecución del ensayo con el esclerómetro. Fuente: Los Autores.

3. Una vez que la superficie se encuentre sin recubrimientos y habiéndola uniformizado con la piedra abrasiva, se marcan los puntos en los que se realizaran los golpes con el esclerómetro, esto se realiza con ayuda de la plantilla elaborada por los autores. En la figura 36 que se observa a continuación se puede verificar como debe quedar la superficie antes de proceder a ejecutar el ensayo con el esclerómetro.

### **Figura 36**

*Superficie lista para ejecutar ensayo con esclerómetro.*



*Nota.* En la imagen se observa la superficie limpia, misma que se encuentra sin recubrimientos y con 12 marcas que nos permiten analizar toda el área de interés. Fuente: Los Autores.

4. Con la superficie limpia, se registran los valores conocidos como número de rebote en una hoja de resumen, allí también se detallan todas las características del elemento estructural analizado. Es muy importante tener en cuenta la posición en la que se ubica el esclerómetro ya que de eso dependerá el valor final que se obtendrá.
5. Finalmente, para poder hallar el valor de la resistencia a la compresión en el hormigón del elemento estructural analizado, se sigue la metodología de la norma ASTM C805. Los valores finales no son exactos y se presentan con un porcentaje de error, mismo que está descrito en los diagramas de cálculo que se podrán ver en las siguientes páginas.

#### ***5.1.1 Análisis de los ensayos con esclerómetro (Controls/C380-01)***

Se realizaron 40 ensayos distribuidos uniformemente en todos los elementos estructurales del 'Bloque A' tales como vigas, losas y columnas. Todos los ensayos se los realizó bajo la metodología que propone la norma ASTM C805, el aparato que se utilizó para los ensayos fue un esclerómetro de marca Controls/C380-01 como se muestra en la figura 37.

#### **Figura 37**

*Esclerómetro Controls / C380-01*



*Nota.* En la imagen se puede observar el esclerómetro que fue utilizado para los ensayos correspondientes en la superestructura del 'Bloque A'. Fuente: (Matest 2023).

Para llevar a cabo los ensayos con el esclerómetro y seguir los lineamientos que estipula la norma ASTM C805 se elaboró una plantilla que nos permitía distribuir uniformemente 12 espacios separados 4 centímetros entre cada uno de ellos, de tal forma que se obtengan resultados representativos y bien ejecutados como se muestra en las figuras 38 y 39 a continuación.

### **Figura 38**

*Delimitación del área a ensayar utilizando plantilla de separación de golpes.*



*Nota.* En la imagen se puede observar que se está definiendo el área de ensayo en un elemento estructural tipo columna con la plantilla, misma que permite ejecutar 12 golpes sobre la superficie escogida. Fuente: Los Autores.

### **Figura 39**

*Ejecución de ensayo con esclerómetro.*

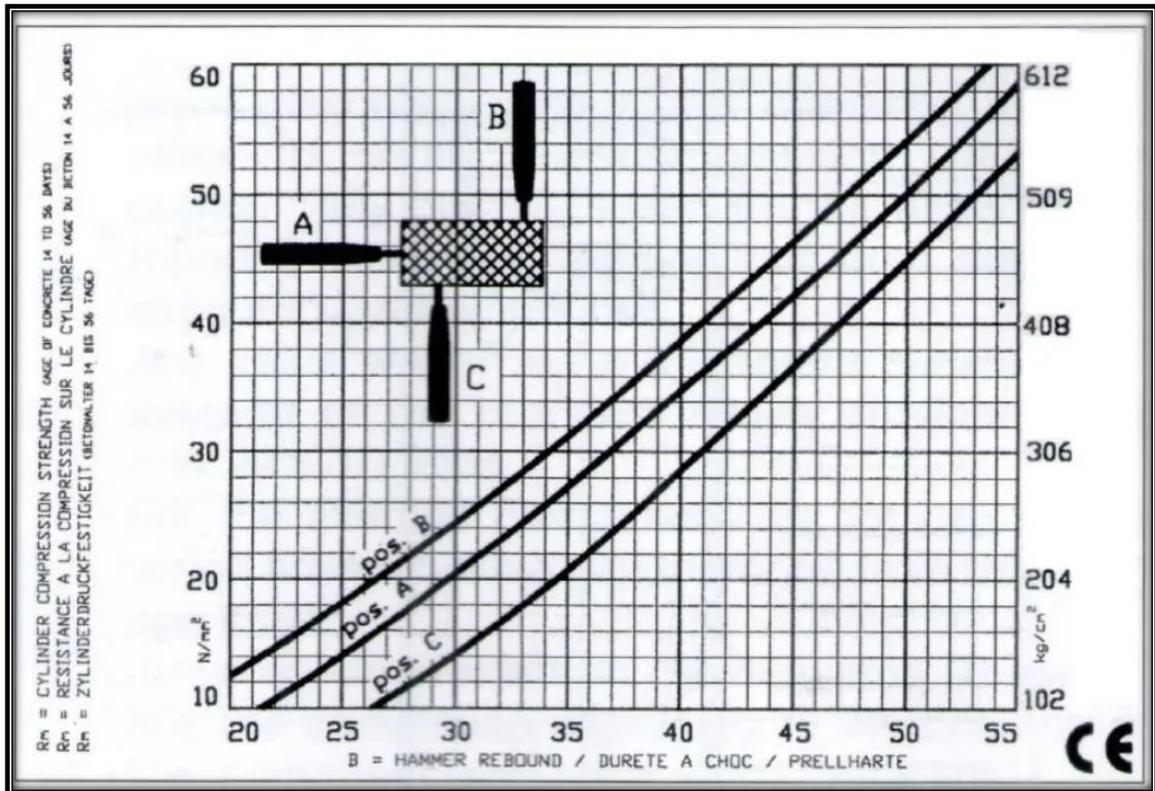


*Nota.* En la imagen se puede observar la superficie de ensayo libre de recubrimientos lista para ejecutar los golpes con el esclerómetro, a su vez, delimitada previamente con la plantilla. Fuente: Los Autores.

El diagrama que se utilizó para obtener los valores de los esfuerzos en cada uno de los elementos estructurales analizados se puede apreciar a continuación en la figura 40

**Figura 40**

*Diagrama de cálculo para ensayo con esclerómetro.*

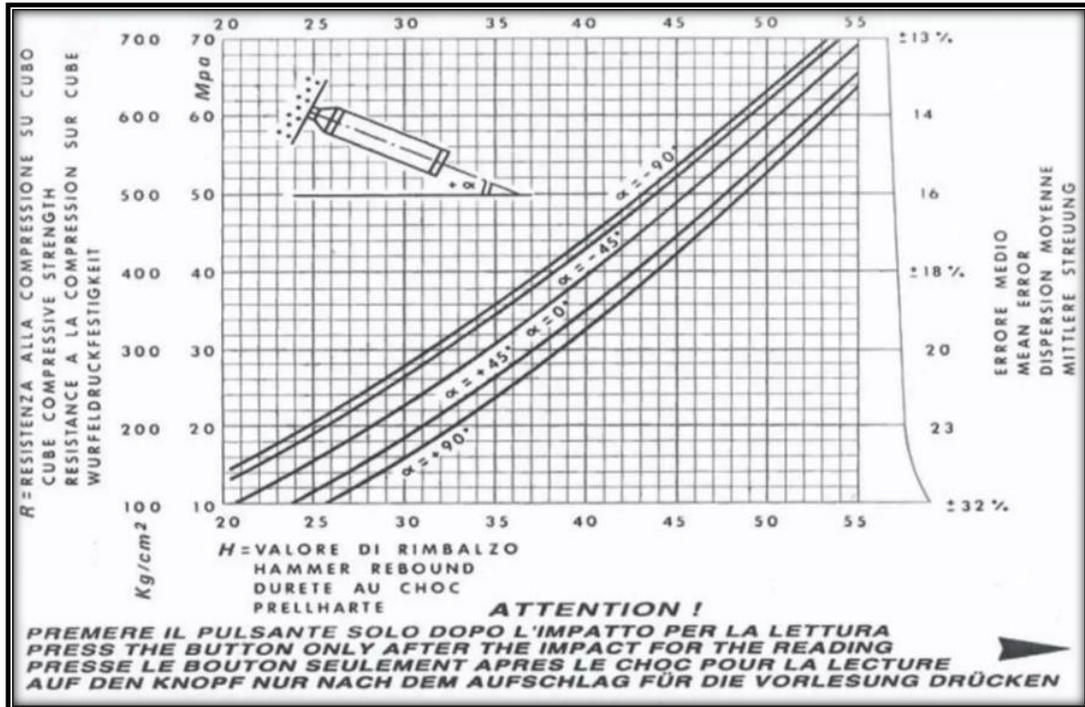


*Nota.* En la imagen se puede observar el diagrama que se utiliza para obtener los valores del esfuerzo en los elementos estructurales ensayados con el esclerómetro. Fuente: Concrete test hammers.

Se sabe que el ensayo de impacto con el esclerómetro presenta un rango de incertidumbre en los resultados que nos entrega, por tal motivo, es necesario saber el porcentaje de error que se puede presentar al momento de ejecutar dichos ensayos. En la figura 41 que se presenta a continuación, se pueden ver los porcentajes de error que podrían presentarse en los ensayos de impacto con el esclerómetro relacionados estrictamente con la posición en la que se coloque el instrumento de análisis.

**Figura 41**

*Diagrama de cálculo con porcentajes de error.*



*Nota.* En la imagen se puede observar el diagrama que se utiliza para obtener los porcentajes de error según la posición del esclerómetro. Fuente: Concrete test hammers.

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados con el esclerómetro siguiendo las regulaciones de la norma ASTM C805. Los resultados de los ensayos se entregan agrupados en 4 tablas pequeñas por cada elemento estructural analizado.

La primera tabla presenta las generalidades del elemento a ensayar como también el lugar exacto, el tipo de elemento que se ensayó y lo más importante, la posición en la que el instrumento (esclerómetro) realizó los impactos sobre la superficie de interés. Esta posición es muy importante ya que nos sirve para trabajar en los diagramas que se mostraron anteriormente en las figuras 40 y 41.

En la segunda tabla se puede observar los valores de índice de rebote, en la primera fila en el orden en que se registró dichos números, mientras que, en la segunda fila, los valores están

ordenados de manera ascendente de izquierda a derecha. Los valores máximo y mínimo se los elimina, posteriormente se marca el número que corresponde a la mediana de todos los valores obtenidos.

La tercera tabla presenta números que indican la media y la mediana relacionados a la lista de valores mencionados en el párrafo anterior, dichos valores son aquellos que nos servirán para conocer los límites máximos y mínimos que se permiten en el ensayo y con los cuales se podría descartar el ensayo.

La tabla más importante es la que se presenta al final, en ella se entrega el valor de la resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup> de elemento analizado y el porcentaje de error que podría tener dicho cálculo, los resultados están estrictamente relacionados a las tablas anteriores ya los diagramas que se utilizó.

**Tabla 2**

*Resultado #1 de ensayo con esclerómetro en columna de planta baja.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>1</b>	Columna 35cm x 24cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Sala Producción Audiovisual	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
44	38	40	38	40	42	40	38	40	40	38	36
36	38	38	38	38	40	40	40	40	40	42	44

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	39	± 6	34	46	OK	35.01	33.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>34.03</b>	19

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #1 agrupados en 4 tablas pequeñas . Elaborado por: Los autores.

**Tabla 3**

*Resultados #2 y # 3 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>2</b>	Columna 32cm x 35cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Sala Producción Audiovisual	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
32	30	30	30	28	30	36	30	34	38	32	34
28	30	30	30	30	30	32	32	34	34	36	38

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
30	31	± 6	24	36	OK	20.99	21.97

Resistencia a la compresión (Mpa)	Tolerancia de error (%)
21.48	22

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>3</b>	Columna 34cm x 34cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
36	36	42	38	40	38	34	32	32	34	30	34
30	32	32	34	34	34	36	36	38	38	40	42

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
34	35	± 6	28	40	OK	25.99	26.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
26.48	20

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #2 y #3 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 4**

*Resultados #4 y #5 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>4</b>	Columna 34cm x 33cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	38	42	44	42	36	42	44	40	44	36	42
36	36	38	38	40	42	42	42	42	44	44	44

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
42	40	± 6	36	48	OK	37.95	35.01

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
36.48	19

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>5</b>	Columna 35cm x 49cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
48	42	44	42	44	46	48	50	46	46	48	48
42	42	44	44	46	46	46	48	48	48	48	50

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
46	46	± 6	40	52	Dato Atípico	44.03	44.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
44.03	x

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #4 y #5 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 5**

*Resultados # 6 y # 7 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>6</b>	Columna 53cm x +16cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
40	42	36	40	42	40	38	42	36	42	38	34
34	36	36	38	38	40	40	40	42	42	42	42

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	39	± 6	34	46	OK	35.01	33.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>34.03</b>	18

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>7</b>	Columna 35cm x +16cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
42	42	40	48	48	46	44	48	44	46	50	50
40	42	42	44	44	46	46	48	48	48	50	50

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
46	45	± 6	40	52	<b>Dato Atípico</b>	44.03	41.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>42.95</b>	x

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #6 y #7 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 6**

*Resultados #8 y #9 de ensayo con esclerómetro en columnas de la planta baja.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>8</b>	Columna 35cm x +10cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Secretaría de Campus	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
50	50	48	46	52	50	52	48	48	48	50	50
46	48	48	48	48	50	50	50	50	50	52	52

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
50	49	± 6	44	56	Dato Atípico	50.01	47.95

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>49.03</b>	x

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>9</b>	Columna 39cm x 44cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Laboratorio de comunicación	Planta Baja	Horizontal	A

Número de Rebote											
36	38	36	34	32	34	32	32	32	32	30	30
30	30	32	32	32	32	32	34	34	36	36	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
32	33	± 6	26	38	OK	23.04	24.02

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>23.53</b>	21

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #8 y #9 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 7**

*Resultados #10 y #11 de ensayo con esclerómetro en muro del subsuelo.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>10</b>	Muro	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Comedor personal adm.	Subsuelo	Vertical ↓	B

Número de Rebote											
36	36	32	34	36	34	36	38	36	32	36	34
32	32	34	34	34	36	36	36	36	36	36	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	35	± 6	30	42	OK	33.05	30.99

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>31.97</b>	18

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>11</b>	Muro	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Comedor personal adm.	Subsuelo	Vertical ↓	B

Número de Rebote											
32	32	30	34	36	34	36	30	30	34	32	30
30	30	30	30	32	32	32	34	34	34	36	36

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
32	32	± 6	26	38	OK	26.97	26.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>26.97</b>	20

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #10 y #11 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 8**

*Resultados #12 y #13 de ensayo con esclerómetro en muro y columna del subsuelo.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>12</b>	Muro	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Comedor personal adm.	Subsuelo	Horizontal	A

Número de Rebote											
34	30	30	30	28	30	28	28	28	30	28	28
28	28	28	28	28	28	30	30	30	30	30	34

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
28	29	± 6	22	34	OK	18.04	19.02

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
18.53	23

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>13</b>	Columna 28cm x 18cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Acceso 12 de Octubre	Subsuelo	Horizontal	A

Número de Rebote											
34	34	30	32	34	30	36	34	32	36	36	34
30	30	32	32	34	34	34	34	34	36	36	36

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
34	33	± 6	28	40	OK	25.99	24.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
25.01	21

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #12 y #13 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 9**

*Resultados #14 y #15 de ensayo con esclerómetro en columnas del subsuelo y 1er piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>14</b>	Columna 40cm x 15cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Acceso 12 de Octubre	Subsuelo	Horizontal	A

Número de Rebote											
32	34	34	34	34	34	30	34	34	30	34	36
30	30	32	34	34	34	34	34	34	34	34	36

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
34	33	± 6	28	40	OK	25.99	24.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>25.01</b>	21

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>15</b>	Columna 32cm x 35cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Dirección de Comunicación y cultura	Primer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	36	36	36	36	36	32	36	38	38	34	36
32	34	36	36	36	36	36	36	36	38	38	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	36	± 6	30	42	OK	29.03	29.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>29.03</b>	19

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #14 y #15 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 10**

*Resultados #16 y #17 de ensayo con esclerómetro en columna y viga del primer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>16</b>	Columna 32cm x 37cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Dirección de Comunicación y cultura	Primer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	38	38	36	32	36	28	28	32	34	32	30
28	28	30	32	32	32	34	36	36	38	38	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
32	33	± 6	26	38	OK	23.05	24.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
23.54	21

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>17</b>	Viga 40cm x 50cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Vicerrectorado	Primer Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote											
48	46	46	48	48	46	50	50	52	46	48	50
46	46	46	46	48	48	48	48	50	50	50	52

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
48	48	± 6	42	54	Dato Atípico	40.99	40.99

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
40.99	x

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #16 y #17 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 11**

*Resultados #18 y #19 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del primer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>18</b>	Viga 25cm x 35cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Vicerrectorado	Primer Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote											
42	36	34	38	36	34	28	36	30	30	40	36
28	30	30	34	34	36	36	36	36	38	40	42

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	34	± 6	30	42	OK	21.97	19.02

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>20.49</b>	22

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>19</b>	Columna 18cm x +15cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Aula A-8	Primer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	36	38	34	40	34	36	34	36	38	40	34
34	34	34	34	36	36	36	38	38	38	40	40

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	36	± 6	30	42	OK	29.03	29.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>29.03</b>	19

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #18 y #19 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 12**

*Resultados #20 y #21 de ensayo con esclerómetro en vigas del primer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>20</b>	Viga 24cm x 25cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Vicerrectorado	Primer Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote											
38	34	32	40	36	38	38	38	38	38	36	36
32	34	36	36	36	38	38	38	38	38	38	40

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
38	37	± 6	32	44	OK	25.01	24.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
24.52	20

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>21</b>	Viga 24cm x 25cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Aula A-8	Primer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
30	28	28	28	28	30	30	28	26	30	20	28
20	26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
28	28	± 6	22	34	OK	18.04	18.04

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
18.04	23

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #20 y #21 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 13**

*Resultados #22 y #23 de ensayo en viga y columna del primer y segundo piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>22</b>	Viga 24cm x 25cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/9/2023	Aula A-9	Primer Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote											
38	42	36	44	40	42	40	40	36	46	38	42
36	36	38	38	40	40	40	42	42	42	44	46

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	40	± 6	34	46	OK	29.03	29.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
29.03	19

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>23</b>	Columna 38cm x +22cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Pared De Cristal	Segundo Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
28	28	30	28	30	30	30	30	28	32	28	30
28	28	28	28	28	30	30	30	30	30	30	32

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
30	29	± 6	24	36	OK	20.01	19.02

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
19.52	22

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #22 y #23 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 14**

*Resultados #24 y #25 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del segundo piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>24</b>	Viga 47cm x 80cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Pared De Cristal	Segundo Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote												
36	38	38	34	38	38	36	36	36	36	34	36	34
34	34	34	36	36	36	36	38	38	38	38	38	38

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	36	± 6	30	42	OK	21.97	21.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
21.97	21

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>25</b>	Columna 36cm x 30cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Pared De Cristal	Segundo Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
32	32	30	34	30	28	30	30	28	32	32	30
28	28	30	30	30	30	30	32	32	32	32	34

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
30	30	± 6	24	36	OK	20.01	20.01

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
20.01	22

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #24 y #25 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 15**

*Resultados #26 y #27 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del segundo piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>26</b>	Viga 23cm x 43cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Aula A-13	Segundo Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	36	40	42	36	40	30	36	32	32	36	36
30	32	32	36	36	36	36	36	38	40	40	42

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	36	± 6	30	42	OK	29.03	29.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
29.03	20

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>27</b>	Columna Embebida	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Aula A-13	Segundo Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
34	34	36	38	34	30	32	36	32	30	30	34
30	30	30	32	32	34	34	34	34	36	36	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
34	33	± 6	28	40	OK	25.99	24.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
25.01	21

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #26 y #27 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 16**

*Resultados #28 y #29 de ensayo en viga y columna del segundo y tercer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>28</b>	Viga 26cm x 23cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Pared de Cristal	Segundo Piso	Vertical ↑	C

Número de Rebote											
38	36	34	40	34	40	32	38	40	40	46	40
32	34	34	36	38	38	40	40	40	40	40	46

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
38	38	± 6	32	44	OK	25.01	25.01

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
25.01	20

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>29</b>	Columna 28cm x +15cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Aula A-35	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	36	36	38	34	42	42	40	46	34	40	38
34	34	36	36	38	38	38	40	40	42	42	46

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
38	38	± 6	32	44	OK	31.97	31.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
31.97	19

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #28 y #29 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 17**

*Resultados #30 y #31 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>30</b>	Columna 28cm x +15cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	9/8/2023	Aula A-36	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
40	48	42	40	38	42	40	46	40	40	40	42
38	40	40	40	40	40	40	42	42	42	46	48

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	41	± 6	34	46	OK	35.01	35.99

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
35.50	18

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>31</b>	Columna 29cm x +10cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Baños	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
30	34	30	34	34	30	36	38	34	34	32	30
30	30	30	30	32	34	34	34	34	34	36	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
34	32	± 6	28	40	OK	25.99	23.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
24.52	21

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #30 y #31 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 18**

*Resultados #32 y #33 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>32</b>	Columna 44cm x +10cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Aula A-31	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
34	32	30	34	34	32	30	34	34	30	30	32
30	30	30	30	32	32	32	34	34	34	34	34

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
32	32	± 6	26	38	OK	23.05	23.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
23.05	21

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>33</b>	Columna 43cm x +10cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Aula A-31	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
36	30	30	32	32	32	34	32	30	32	34	34
30	30	30	32	32	32	32	32	34	34	34	36

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
32	32	± 6	26	38	OK	23.05	23.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
23.05	21

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #32 y #33 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 19**

*Resultados #34 y #35 de ensayo con esclerómetro en viga y columna del tercer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>34</b>	Viga 27cm x 30cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Gradas de Acceso a Idiomas	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
28	32	28	28	28	26	28	28	30	30	30	30
26	28	28	28	28	28	28	30	30	30	30	32

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
28	29	± 6	22	34	OK	18.04	19.02

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
18.53	23

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>35</b>	Columna 28cm x +10cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Junto al Aula A-31	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
36	36	38	40	38	36	38	38	36	40	42	38
36	36	36	36	38	38	38	38	38	40	40	42

Indice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
38	38	± 6	32	44	OK	31.97	31.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
31.97	17

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #34 y #35 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 20**

*Resultados #36 y #37 de ensayo con esclerómetro en columnas del tercer piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>36</b>	Columna 44cm x +25cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Aula A-32	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
38	38	36	34	38	38	34	36	36	36	34	36
34	34	34	36	36	36	36	36	38	38	38	38

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
36	36	± 6	30	42	OK	29.03	29.03

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>29.03</b>	19

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>37</b>	Columna 43cm x +25cm	Hormigón endurecido + 28 días	Gruesos y finos	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Aula A-35	Tercer Piso	Horizontal	A

Número de Rebote											
40	40	48	40	36	38	38	40	36	40	40	36
36	36	36	38	38	40	40	40	40	40	40	48

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	39	± 6	34	46	OK	35.01	33.05

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>34.03</b>	18

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #36 y #37 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 21**

*Resultados #38 y #39 de ensayo con esclerómetro en losa del cuarto piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>38</b>	Losa	Hormigón endurecido + 28 días	Sin Definir	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Departamento de Psicología	Cuarto Piso	Vertical ↓	B

Número de Rebote											
44	40	46	42	44	42	42	42	42	42	42	44
40	42	42	42	42	42	42	42	44	44	44	46

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
42	42	± 6	36	48	OK	41.97	41.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
41.97	17

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referecia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>39</b>	Losa	Hormigón endurecido + 28 días	Sin Definir	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Departamento de Psicología	Cuarto Piso	Vertical ↓	B

Número de Rebote											
40	42	40	46	38	44	44	38	40	40	44	42
38	38	40	40	40	40	42	42	44	44	44	46

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	41	± 6	34	46	OK	39.03	40.01

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
39.52	17

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #38 y #39 agrupados en 4 tablas pequeñas cada uno. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 22***Resultado # 40 de ensayo con esclerómetro en losa del cuarto piso.*

Ensayo #	Elemento	Tipo de material	Agregado	Características de la superficie	Fecha de ensayo	Referencia	Nivel del edificio	Orientación	
<b>40</b>	Losa	Hormigón endurecido + 28 días	Sin Definir	Pulida con piedra abrasiva	10/8/2023	Departamento de Psicología	Cuarto Piso	Vertical ↓	B

Número de Rebote											
38	36	38	40	36	42	42	40	40	40	40	42
36	36	38	38	40	40	40	40	40	42	42	42

Índice de Rebote		Desviación	Límite inferior	Límite Superior	Máximo 20 % de las lecturas fuera de los límites	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Mediana	Promedio					Utilizando Mediana	Utilizando Promedio
40	39	± 6	34	46	OK	39.03	36.97

Resistencia a la compresión (MPa)	Tolerancia de error (%)
<b>37.95</b>	17

*Nota.* En la tabla se puede observar los datos y cálculos respectivos al ensayo #40 agrupados en 4 tablas pequeñas. Elaborado por: Los autores.

En la tabla 23 que se presenta a continuación podemos evidenciar datos atípicos que se presentaron al momento de ejecutar los ensayos con el esclerómetro sobre los miembros estructurales del edificio de estudio, debido a sus elevados valores no se los tomó en cuenta para la tabla de resumen posterior.

**Tabla 23***Datos atípicos de ensayo con esclerómetro*

Nivel	Ensayo #	Elemento	Resistencia a la compresión (MPa)
Planta Baja	5	Columna 35 cm x 49 cm	44.03
Planta baja	7	Columna 35 cm x +16 cm	42.95
Planta Baja	8	Columna 35 cm x +10 cm	49.03
Primer Piso	17	Viga 40 cm x 50 cm	40.99

*Nota.* En la tabla se aprecia valores atípicos con respecto a los demás ensayos, estos ensayos no se tomarán en cuenta para los resultados definitivos. Elaborado por: Los autores.

Anteriormente se presentaron todos los ensayos que se realizaron sobre los elementos estructurales del ‘Bloque A’ de la Universidad Politécnica Salesiana, incluyendo una tabla en la que se evidencian los ensayos que no se tomaron en cuenta debido a que arrojaron valores atípicos. En la tabla 24 a continuación se entrega un resumen detallado de los valores de resistencia a la compresión del hormigón promedio, los resultados están detallados por cada nivel que posee el edificio de estudio. Es importante tener en cuenta que los porcentajes de error que se colocaron en la tabla están basados en los diagramas 40 y 41 de cálculo propuestos por ‘Concrete Test Hammer’.

**Tabla 24**

*Resistencia a la compresión en el hormigón utilizando esclerómetro.*

<b>Nivel</b>	<b>Porcentaje de error ( % )</b>	<b>Resistencia a la compresión (MPa)</b>
<b>Subsuelo</b>	20,6	25.49
<b>Planta baja</b>	19,8	29.32
<b>Primer piso</b>	20,6	24.42
<b>Segundo Piso</b>	21	23.44
<b>Tercer Piso</b>	19,7	27.95
<b>Cuarto Piso</b>	17	39.82

*Nota.* En la tabla se puede observar la resistencia a la compresión en el hormigón promedio por cada nivel que tiene el ‘Bloque A’. Elaborado por: Los autores.

## **5.2 Extracción de núcleos de hormigón**

Para poder llevar a cabo la extracción de núcleos de hormigón, es muy importante definir la ubicación de las barras de acero dentro de los elementos estructurales, para ello, se necesita un escáner especial para detección de barras de acero de refuerzo. Este escaneo se lo realizó mediante el uso de un pachómetro como el que se muestra en la figura 42, este procedimiento previo a la extracción es fundamental ya que disminuye el riesgo de dañar las barras de acero de refuerzo al momento de realizar las respectivas perforaciones en los elementos estructurales.

## Figura 42

### *Pachómetro profometer PM-650*



*Nota.* En la imagen se aprecia el pachómetro utilizado para detectar las barras de acero refuerzo dentro de las columnas, vigas y losas. Fuente: Los Autores.

1. Con el instrumento mostrado anteriormente (Pachómetro PM-650), procedemos a ubicar las barras de acero de refuerzo de los elementos estructurales tales como columnas, vigas y losas. Este procedimiento es fundamental ya que nos ayudó a definir el sitio en donde se iba a perforar sin comprometer a las varillas. En la figura 43 que se muestra a continuación se evidencia las barras de acero de refuerzo representadas sobre la superficie de un elemento tipo columna, también se aprecia definido con un círculo el sitio donde se perforaría.

### Figura 43

*Detección de aceros de refuerzo y sitio de perforación*



*Nota.* En la imagen se puede observar líneas que representan las barras de acero de refuerzo de un elemento estructural tipo columna. Fuente: Los Autores.

2. Se asegura la máquina perforadora al elemento estructural perpendicularmente como se puede apreciar en la figura 44, esto es muy importante ya que garantiza la seguridad del ensayo, protege a la broca de diamante de posibles daños y lo más importante, nos entrega una muestra representativa para poder analizarla en el laboratorio, en el caso que no se ancle correctamente la extractora podríamos romper el núcleo de hormigón. Es importante mencionar que, para mantener un anclaje seguro de la máquina con la columna, se utilizó 3 pernos de 1-1/2 pulgadas.

## Figura 44

### *Anclaje de extractora de núcleos*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar cómo queda asegurada la extractora de núcleos a una columna. Fuente: Los Autores.

3. Una vez completado el proceso de anclaje de la máquina extractora, se inicia con la perforación en el elemento estructural seleccionado como se observa en la figura 45. Para llevar a cabo este proceso es esencial tener contenedores con agua ya que esta ayuda con el enfriamiento y la lubricación de la broca de diamante durante el proceso de perforación. Una vez que se haya penetrado lo suficiente con la broca de la perforadora, para proceder a sacar el núcleo del elemento estructural, se retira la máquina extractora y se introduce cuidadosamente un desarmador por el agujero que se genera debido a la perforación, con movimientos suaves se rompe la parte del núcleo que aún se encuentra unida al elemento estructural que en este caso es una columna y se jala la muestra.

### **Figura 45**

#### *Extracción de núcleo de hormigón en columna*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar la extracción de un núcleo de hormigón en una columna del “Bloque A” de la U.P.S. Fuente: Los Autores.

Una vez que se ha completado las extracciones de los núcleos de hormigón, se llevó a cabo un proceso de relleno con mortero, masillado y pintado para restaurar la apariencia y la integridad de la superficie como se observa en la figura 46.

### **Figura 46**

#### *Restauración de las zonas de la extracción de núcleos*



*Nota.* En la imagen se aprecia la restauración de un núcleo extraído de una columna con mortero y masilla. Fuente: Los Autores.

### 5.2.1 Análisis de los ensayos de compresión en núcleos de hormigón

Para el proceso de evaluación de la resistencia del hormigón de la estructura se llevó a cabo un total de catorce extracciones de núcleos en el edificio del “Bloque A” de la Universidad Politécnica Salesiana campus “Girón”. De este total, cinco núcleos no resultaron representativos debido a ubicaciones inadecuadas y problemas técnicos durante la extracción, por lo tanto, no proporcionarían datos confiables para la determinación de la resistencia del hormigón obteniendo un total de nueve núcleos representativos para la realización del ensayo de compresión como se detalla en la tabla 25. Estas extracciones se realizaron en cuatro niveles diferentes: Planta baja y tres pisos superiores.

**Tabla 25**

*Núcleos extraídos*

Nivel	Ubicación	Nº de núcleos
Subsuelo	1 en Muro	1
Planta baja	2 en Columna, 1 en Contrapiso	3
1er Nivel	2 en Columnas	2
2do Nivel	1 en Columna	1
3er Nivel	1 en Columna, 1 en Losa/Viga	2

*Nota.* Ubicación y cantidad de núcleos extraídos en el “Bloque A” de la U.P.S. Elaborado por: Los autores.

Se obtuvieron núcleos de hormigón con un diámetro de 57 mm, y una longitud superior a los 114 mm, por lo que se procedió a ajustar su longitud para poder cumplir con la relación de longitud vs. diámetro de 2 a 1. Se procedió a eliminar cualquier parte dañada o afectada del cuerpo de los núcleos que podría afectar los resultados para las pruebas de compresión con la máquina de corte del laboratorio de ensayo de materiales de la U.P.S Campus “Sur” sede “Quito” como se muestra en la figura 47.

## Figura 47

### *Núcleos de hormigón*



*Nota.* En la imagen se puede observar la preparación de los núcleos de hormigón para el ensayo de compresión. Elaborado por: Los autores.

Una vez que las muestras de hormigón fueron preparadas, se procedió a la toma de medidas para posteriormente evaluar las propiedades de resistencia a la compresión de los núcleos en la máquina adecuada para el ensayo a una velocidad de carga especificada en la normativa ASTM C39 de  $(0.25 \pm 0.05 \text{ MPa/s})$  como se observa en la figura 48.

## Figura 48

### Compresión de los núcleos de hormigón



*Nota.* En la imagen se puede apreciar el ensayo de resistencia a la compresión en la maquina universal. Elaborado por: Los autores.

Con las medidas de los núcleos se procede a determinar la relación L/D (longitud/diámetro), si este resultado es 1.75 o menor el valor calculado de resistencia deberá ser corregido multiplicándolo por el factor determinado en la tabla 26.

## Tabla 26

### Factor de corrección

L/D	Factor de corrección
1.75	0.98
1.5	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

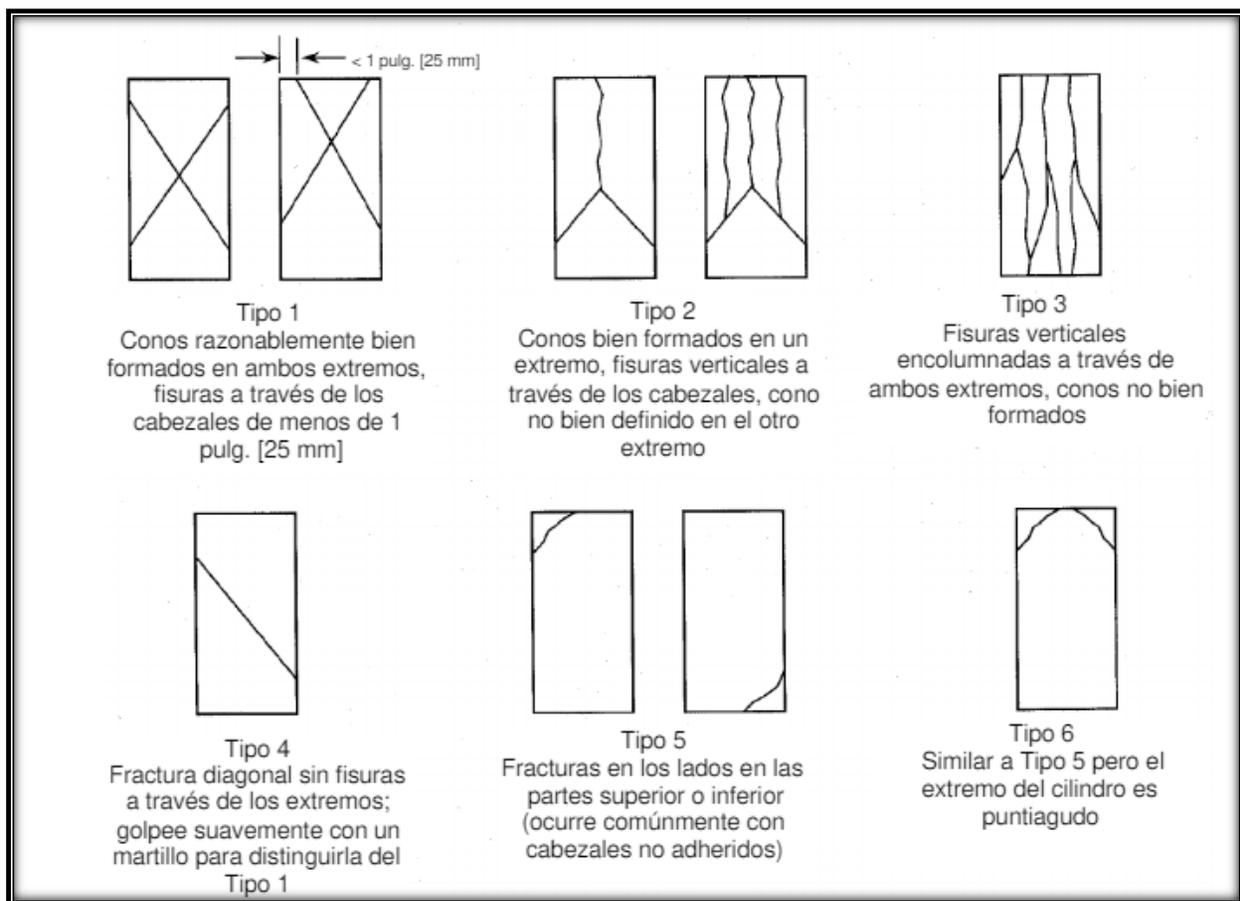
*Nota.* Tabla para factores de corrección. Elaborado por: Los autores a través de la norma ASTM C39.

### 5.2.2 Tipos de falla en cilindros de hormigón según la ASTM

La norma ASTM C39 (2021) establece la existencia de seis tipos de fallas en las pruebas de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón. Estas fallas pueden depender de diversos factores, como la formación de los conos, fisuras a través de los cabezales, entre otros. En la figura 49 se aprecia los posibles tipos de fallas que pueden ser observados en los ensayos de resistencia a la compresión.

**Figura 49**

*Tipos de fallas*



*Nota.* La figura muestra de forma esquemática los patrones de fallas típicas. Fuente: ASTM C39 (2021).

### 5.2.3 Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión en los núcleos de hormigón.

**Tabla 27**

*Ensayo de compresión en núcleos de hormigón*

Núcleo N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Identificación</b>	Muro Comedor	Columna blanca PB	Columna P1	Columna café PB	Contra-Piso PB	Columna P2	Losa-Viga A35	Columna P3	Columna P1	
<b>Fecha de elaboración</b>	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	21/07/23	
<b>Diámetro (mm)</b>	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	
<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	2551.76	
<b>Longitud sin Capping (mm)</b>	114.00	113.00	113.00	113.00	113.00	113.00	112.00	112.00	112.00	
<b>Masa (g)</b>	737.93	595.83	640.46	608.77	592.57	586.16	627.04	614.16	627.29	
<b>Volumen (mm<sup>3</sup>)</b>	290900.48	288348.73	288348.73	288348.73	288348.73	288348.73	285796.97	285796.97	285796.97	
<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>Carga Máxima (kN)</b>	367.01	27.70	69.62	36.40	40.28	46.24	77.15	61.00	59.35	
<b>Esfuerzo Mpa</b>	143.82	10.85	27.28	14.27	15.79	18.12	30.24	23.90	23.26	
<b>Relación (L/D)</b>	2.00	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.96	1.96	1.96	
<b>Factor</b>	<i>No se debe corregir el resultado obtenido</i>									
<b>Esfuerzo MPa</b>	143.82	10.85	27.28	14.27	15.79	18.12	30.24	23.90	23.26	
<b>Esfuerzo (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	1466.61	110.68	278.19	145.48	160.97	184.77	308.32	243.76	237.19	
<b>Esfuerzo (MPa)</b>	143.83	10.85	27.28	14.27	15.78	18.12	30.24	23.90	23.26	
<b>Tipo de Falla</b>										

*Nota.* En la tabla se observan los resultados obtenidos después de haber ensayado los núcleos de hormigón extraídos de la superestructura del 'Bloque A' de la U.P.S. Fuente: Los autores.

#### 5.2.4 Ejemplo de cálculo utilizando los datos del núcleo de hormigón N° 2

$$\text{Área } A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(57\text{mm})^2}{4} = 2551.76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volumen } V = A * h$$

$$A = 2551.76 \text{ mm}^2 * 113 \text{ mm} = 288348.73 \text{ mm}^3$$

$$\text{Densidad } F = \frac{D}{E}$$

$$F = \frac{595.83 \text{ g}}{288348.73 \text{ mm}^3} = 0.0021 \frac{\text{g}}{\text{mm}^3}$$

$$\text{Esfuerzo } H = \frac{G}{B}$$

$$H = \frac{27.7 * 1000 \text{ N}}{2551.76 \text{ mm}^2} = 10.85 \text{ MPa}$$

$$\text{Relación } (L/D) = \frac{C}{A}$$

$$(L/D) = \frac{113 \text{ mm}}{57 \text{ mm}} = 1.98 > 1.75 \rightarrow \text{Factor de corrección} = 1$$

$$\text{Esfuerzo corregido} = H * \text{Factor de corrección}$$

$$\text{Esf} = 10.85 \text{ MPa} * 1 = 10.85 \text{ MPa}$$

$$\text{Esf} = 10.85 \text{ MPa} * 10.1972 = 10854.0 \text{ kN/m}^2$$

### 5.2.5 Clasificación de fallas y observaciones sobre los núcleos extraídos

**Tabla 28**

*Fallas en núcleos de hormigón extraídos.*

N° núcleo	Tipo de falla	Observación
1	Tipo explosiva	<p>La posible causa de este tipo de fractura pudo darse debido a el hormigón del núcleo posee una alta resistencia, existiendo la posibilidad de que alcance su máxima resistencia antes de experimentar su fractura haciendo que la ruptura puede manifestarse de manera súbita y explosiva como resultado de la liberación del esfuerzo acumulado.</p> <p>Es importante exponer el caso de este núcleo ya que al momento de realizar su extracción se pudo observar que no poseía agregados gruesos ni finos. Esta información nos lleva a pensar que el muro que se encuentra en el subsuelo del ‘Bloque A’ está compuesto en su totalidad por mortero y es la principal razón para que se presente un resultado tan elevado con respecto a la resistencia a la compresión.</p>
2, 4, 7	Tipo 5	<p>La causa de la fractura que se presenta en las esquinas del cilindro puede deberse a un efecto de cabeceo de las probetas, principalmente por el uso de neoprenos. (Asturias, 2015)</p>
3, 6, 8, 9	Tipo 4	<p>La posible fractura puede ser resultado de una mala compactación de las capas del material en el cilindro. (Asturias, 2015)</p>
5	Tipo 2	<p>Un extremo muestra un cono claramente definido, con grietas verticales que atraviesan los casquillos, mientras que en el otro extremo no se observa un cono bien formado (ASTM C39, 2021)</p>

*Nota.* La tabla muestra las principales características de los núcleos una vez concluido su respectivo ensayo a la compresión. Elaborado por: Los autores.

## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

#### 6.1. Evaluación visual de edificaciones

La evaluación visual rápida de edificaciones es un proceso que se lleva a cabo para analizar el estado general de una estructura después de un evento sísmico, un desastre natural u otra situación que pudo haber puesto en riesgo a la estructura. El objetivo principal de esta evaluación es proporcionar una visión preliminar de la funcionalidad del edificio y determinar si es seguro para su ocupación o si se requiere una evaluación más detallada.

Los formularios que se emplearon para llevar a cabo la detección visual rápida de vulnerabilidad del ‘Bloque A’ son los siguientes:

- Formulario del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).
- Formulario de la guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras (NEC 2015).
- Formulario de la tercera edición de la Fema P-154.

Estos formularios se enfocan en identificar daños evidentes, como grietas, inclinaciones o desplazamientos importantes para poder tomar decisiones rápidas y basadas en la seguridad de las personas que ocupan la estructura. Los análisis están elaborados de acuerdo con el Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y el nivel de sismicidad al que están expuestas las edificaciones, motivo por el cual se han elegido los formularios con un nivel de alta sismicidad. A continuación se presentan los resultados de las evaluaciones las cuales proporcionan información valiosa para ayudar en la toma de decisiones sobre la funcionalidad de la estructura y posteriormente considerar la necesidad de un reforzamiento o reparación.

# 6.1.1 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – MIDUVI (2020)

## Figura 50 Evaluación Miduvi

CONSEJO TÉCNICO DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO

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

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

Nivel 1  
Alta sismicidad

**ELEVACIÓN**

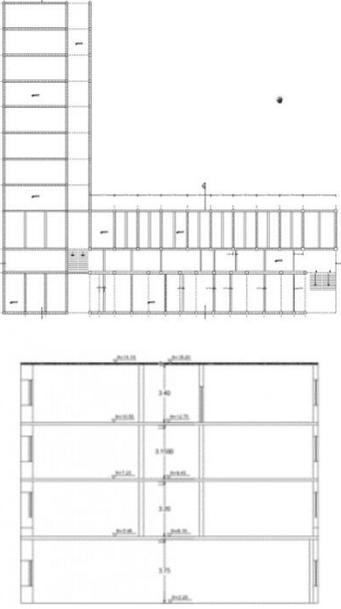
**PLANTA**

101	DATOS DE EDIFICACION	
102	Nombre de la Edificación:	EDIFICIO "BLOQUE A" U.P.S.
103	Dirección:	CAMPUS EL CERRÓN, AV. 12 DE OCTUBRE 2422
104	Símbolo de referencia:	P.U.C.E.
105	Tipo de uso:	105 Código Postal: 170145
106	AULAS Y OFICINAS, INSTITUCIÓN EDUCATIVA	
107	Latitud:	-0.26336
108	Longitud:	-78.48771
109	Zona (GMT-5):	107 S. Hora: 07:22:58
110	Altura:	1.4
111	DATOS DEL PROFESIONAL	
112	Nombre del evaluador:	Cristóbal Paz, David Valenzuela
113	Código del evaluador:	1725145303
114	Fecha:	09/11/2025
115	Registro SENSIC:	---
116	Fecha:	11/24/2025
117	DATOS DE CONSTRUCCIÓN	
118	Número de Pisos:	5
119	Edificio de Suelo:	4
120	Edificio de Suelo:	150
121	Área de construcción:	1827
122	Área de Construcción:	1455.08 m <sup>2</sup>
123	Código Año:	C.N.C. 1851
124	Año de Construcción:	2000
125	Alto del Remodelación:	15967
126	Alto del Remodelación:	15967
127	Alto del Remodelación:	15967
128	Alto del Remodelación:	15967
129	Alto del Remodelación:	15967
130	Alto del Remodelación:	15967
131	Alto del Remodelación:	15967
132	Alto del Remodelación:	15967
133	Alto del Remodelación:	15967
134	Alto del Remodelación:	15967
135	Alto del Remodelación:	15967
136	Alto del Remodelación:	15967
137	Alto del Remodelación:	15967
138	Alto del Remodelación:	15967
139	Alto del Remodelación:	15967
140	Alto del Remodelación:	15967
141	Alto del Remodelación:	15967
142	Alto del Remodelación:	15967
143	Alto del Remodelación:	15967
144	Alto del Remodelación:	15967
145	Alto del Remodelación:	15967
146	Alto del Remodelación:	15967
147	Alto del Remodelación:	15967
148	Alto del Remodelación:	15967
149	Alto del Remodelación:	15967
150	Alto del Remodelación:	15967
151	Alto del Remodelación:	15967
152	Alto del Remodelación:	15967
153	Alto del Remodelación:	15967
154	Alto del Remodelación:	15967
155	Alto del Remodelación:	15967
156	Alto del Remodelación:	15967
157	Alto del Remodelación:	15967
158	Alto del Remodelación:	15967
159	Alto del Remodelación:	15967
160	Alto del Remodelación:	15967
161	Alto del Remodelación:	15967
162	Alto del Remodelación:	15967
163	Alto del Remodelación:	15967
164	Alto del Remodelación:	15967
165	Alto del Remodelación:	15967
166	Alto del Remodelación:	15967
167	Alto del Remodelación:	15967
168	Alto del Remodelación:	15967
169	Alto del Remodelación:	15967
170	Alto del Remodelación:	15967
171	Alto del Remodelación:	15967
172	Alto del Remodelación:	15967
173	Alto del Remodelación:	15967
174	Alto del Remodelación:	15967
175	Alto del Remodelación:	15967
176	Alto del Remodelación:	15967
177	Alto del Remodelación:	15967
178	Alto del Remodelación:	15967
179	Alto del Remodelación:	15967
180	Alto del Remodelación:	15967
181	Alto del Remodelación:	15967
182	Alto del Remodelación:	15967
183	Alto del Remodelación:	15967
184	Alto del Remodelación:	15967
185	Alto del Remodelación:	15967
186	Alto del Remodelación:	15967
187	Alto del Remodelación:	15967
188	Alto del Remodelación:	15967
189	Alto del Remodelación:	15967
190	Alto del Remodelación:	15967
191	Alto del Remodelación:	15967
192	Alto del Remodelación:	15967
193	Alto del Remodelación:	15967
194	Alto del Remodelación:	15967
195	Alto del Remodelación:	15967
196	Alto del Remodelación:	15967
197	Alto del Remodelación:	15967
198	Alto del Remodelación:	15967
199	Alto del Remodelación:	15967
200	Alto del Remodelación:	15967
201	Asamblea:	Comercial
202	Asamblea:	Comercial
203	Asamblea:	Comercial
204	Asamblea:	Comercial
205	Asamblea:	Comercial
206	Asamblea:	Comercial
207	Asamblea:	Comercial
208	Asamblea:	Comercial
209	Asamblea:	Comercial
210	Asamblea:	Comercial
211	Asamblea:	Comercial
212	Asamblea:	Comercial
213	Asamblea:	Comercial
214	Asamblea:	Comercial
215	Asamblea:	Comercial
216	Asamblea:	Comercial
217	Asamblea:	Comercial
218	Asamblea:	Comercial
219	Asamblea:	Comercial
220	Asamblea:	Comercial
221	Asamblea:	Comercial
222	Asamblea:	Comercial
223	Asamblea:	Comercial
224	Asamblea:	Comercial
225	Asamblea:	Comercial
226	Asamblea:	Comercial
227	Asamblea:	Comercial
228	Asamblea:	Comercial
229	Asamblea:	Comercial
230	Asamblea:	Comercial
231	Asamblea:	Comercial
232	Asamblea:	Comercial
233	Asamblea:	Comercial
234	Asamblea:	Comercial
235	Asamblea:	Comercial
236	Asamblea:	Comercial
237	Asamblea:	Comercial
238	Asamblea:	Comercial
239	Asamblea:	Comercial
240	Asamblea:	Comercial
241	Asamblea:	Comercial
242	Asamblea:	Comercial
243	Asamblea:	Comercial
244	Asamblea:	Comercial
245	Asamblea:	Comercial
246	Asamblea:	Comercial
247	Asamblea:	Comercial
248	Asamblea:	Comercial
249	Asamblea:	Comercial
250	Asamblea:	Comercial
251	Asamblea:	Comercial
252	Asamblea:	Comercial
253	Asamblea:	Comercial
254	Asamblea:	Comercial
255	Asamblea:	Comercial
256	Asamblea:	Comercial
257	Asamblea:	Comercial
258	Asamblea:	Comercial
259	Asamblea:	Comercial
260	Asamblea:	Comercial
261	Asamblea:	Comercial
262	Asamblea:	Comercial
263	Asamblea:	Comercial
264	Asamblea:	Comercial
265	Asamblea:	Comercial
266	Asamblea:	Comercial
267	Asamblea:	Comercial
268	Asamblea:	Comercial
269	Asamblea:	Comercial
270	Asamblea:	Comercial
271	Asamblea:	Comercial
272	Asamblea:	Comercial
273	Asamblea:	Comercial
274	Asamblea:	Comercial
275	Asamblea:	Comercial
276	Asamblea:	Comercial
277	Asamblea:	Comercial
278	Asamblea:	Comercial
279	Asamblea:	Comercial
280	Asamblea:	Comercial
281	Asamblea:	Comercial
282	Asamblea:	Comercial
283	Asamblea:	Comercial
284	Asamblea:	Comercial
285	Asamblea:	Comercial
286	Asamblea:	Comercial
287	Asamblea:	Comercial
288	Asamblea:	Comercial
289	Asamblea:	Comercial
290	Asamblea:	Comercial
291	Asamblea:	Comercial
292	Asamblea:	Comercial
293	Asamblea:	Comercial
294	Asamblea:	Comercial
295	Asamblea:	Comercial
296	Asamblea:	Comercial
297	Asamblea:	Comercial
298	Asamblea:	Comercial
299	Asamblea:	Comercial
300	Asamblea:	Comercial
301	Asamblea:	Comercial
302	Asamblea:	Comercial
303	Asamblea:	Comercial
304	Asamblea:	Comercial
305	Asamblea:	Comercial
306	Asamblea:	Comercial
307	Asamblea:	Comercial
308	Asamblea:	Comercial
309	Asamblea:	Comercial
310	Asamblea:	Comercial
311	Asamblea:	Comercial
312	Asamblea:	Comercial
313	Asamblea:	Comercial
314	Asamblea:	Comercial
315	Asamblea:	Comercial
316	Asamblea:	Comercial
317	Asamblea:	Comercial
318	Asamblea:	Comercial
319	Asamblea:	Comercial
320	Asamblea:	Comercial
321	Asamblea:	Comercial
322	Asamblea:	Comercial
323	Asamblea:	Comercial
324	Asamblea:	Comercial
325	Asamblea:	Comercial
326	Asamblea:	Comercial
327	Asamblea:	Comercial
328	Asamblea:	Comercial
329	Asamblea:	Comercial
330	Asamblea:	Comercial
331	Asamblea:	Comercial
332	Asamblea:	Comercial
333	Asamblea:	Comercial
334	Asamblea:	Comercial
335	Asamblea:	Comercial
336	Asamblea:	Comercial
337	Asamblea:	Comercial
338	Asamblea:	Comercial
339	Asamblea:	Comercial
340	Asamblea:	Comercial
341	Asamblea:	Comercial
342	Asamblea:	Comercial
343	Asamblea:	Comercial
344	Asamblea:	Comercial
345	Asamblea:	Comercial
346	Asamblea:	Comercial
347	Asamblea:	Comercial
348	Asamblea:	Comercial
349	Asamblea:	Comercial
350	Asamblea:	Comercial
351	Asamblea:	Comercial
352	Asamblea:	Comercial
353	Asamblea:	Comercial
354	Asamblea:	Comercial
355	Asamblea:	Comercial
356	Asamblea:	Comercial
357	Asamblea:	Comercial
358	Asamblea:	Comercial
359	Asamblea:	Comercial
360	Asamblea:	Comercial
361	Asamblea:	Comercial
362	Asamblea:	Comercial
363	Asamblea:	Comercial
364	Asamblea:	Comercial
365	Asamblea:	Comercial
366	Asamblea:	Comercial
367	Asamblea:	Comercial
368	Asamblea:	Comercial
369	Asamblea:	Comercial
370	Asamblea:	Comercial
371	Asamblea:	Comercial
372	Asamblea:	Comercial
373	Asamblea:	Comercial
374	Asamblea:	Comercial
375	Asamblea:	Comercial
376	Asamblea:	Comercial
377	Asamblea:	Comercial
378	Asamblea:	Comercial
379	Asamblea:	Comercial
380	Asamblea:	Comercial
381	Asamblea:	Comercial
382	Asamblea:	Comercial
383	Asamblea:	Comercial
384	Asamblea:	Comercial
385	Asamblea:	Comercial
386	Asamblea:	Comercial
387	Asamblea:	Comercial
388	Asamblea:	Comercial
389	Asamblea:	Comercial
390	Asamblea:	Comercial
391	Asamblea:	Comercial
392	Asamblea:	Comercial
393	Asamblea:	Comercial
394	Asamblea:	Comercial
395	Asamblea:	Comercial
396	Asamblea:	Comercial
397	Asamblea:	Comercial
398	Asamblea:	Comercial
399	Asamblea:	Comercial
400	Asamblea:	Comercial

Nota. La figura muestra los resultados de la evaluación de vulnerabilidad sísmica con un resultado final de SL1=0,2. Fuente: Los autores a través del Formulario de MIDUVI.

6.1.2 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – NEC-SE-RE (2015)

Figura 51  
Evaluación NEC

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES													
				<b>DATOS DE LA EDIFICACIÓN</b>									
				Dirección: CAMPUS EL GIRÓN, AV. 12 DE OCTUBRE 24-22									
				Nombre de la edificación: EDIFICIO, "BLOQUE A" U.P.S.									
				Sitio de referencia: P.U.C.E.									
				Tipo de uso: AULAS Y OFICINAS, INSTITUCIÓN EDUCATIVA					Fecha de evaluación: 06/11/2023				
				Año de construcción: 1957					Año de remodelación: 2008 (Fecha tentativa)				
				Área construida (m <sup>2</sup> ): 1450.08					Número de pisos: 5				
<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>													
Nombre del evaluador: CARLOS PAZ ; DAVID VALENZUELA													
C.I. 1725143505 ; 1723264857													
Registro SENESCYT ESTUDIANTES EN PROCESO DE TITULACIÓN													
													
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico hormigón armado			C1	Pórtico acero laminado			S1				
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. armado con muros estructurales			C2	Pórtico acero laminado con diagonales			S2				
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico acero doblado en frío			S3				
Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón	MX					Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado			S4				
		H. armado prefabricado			PC	Pórtico acero con paredes mampostería			S5				
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.4	0.4	0.6	0.8	N/A	0.5	0.5
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-0.8	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL, S													
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
S<2.4	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial												
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad												
S>2.5	Baja vulnerabilidad												
<b>S=-0.3</b>													
OBSERVACIONES													
Se debe consultar los planos estructurales con los que fue construido el edificio para tener un punto de vista mas acertado sobre la tipología estructural del edificio.													

Nota. La figura muestra los resultados de la evaluación de vulnerabilidad sísmica con un resultado final de S=-0.3. Fuente: Los autores a través del Formulario de la NEC 2015.

6.1.3 Formulario de detección visual rápida de edificaciones – FEMA P-154 (2015)

**Figura 52**  
Evaluación FEMA P-154

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards** **Level 1**  
**HIGH Seismicity**  
FEMA P-154 Data Collection Form



**Address:** CAMPUS EL GIRÓN, AV. 12 DE OCTUBRE  
**Zip:** 24-22

**Other Identifiers:** P.U.C.E.  
**Building Name:** EDIFICIO "BLOQUE A" U.P.S.  
**Use:** AULAS Y OFICINAS ; INSTITUCIÓN EDUCATIVA  
**Latitude:** -0.20850 **Longitude:** -78.48771  
**Ss:** 1.4 **Sr:** 0.4  
**Screeners(s):** CARLOS PAZ ; DAVID VALENZUELA **Date/Time:** 06/11/2023 ; 12:00 hs

**No. Stories:** Above Grade: 4 Below Grade: 1 **Year Built:** 1957  EST  
**Total Floor Area (sq. ft.):** 1450.08 **Code Year:** DNK  
**Additions:**  None  Yes, Year(s) Built: 2008

**Occupancy:** Assembly  Commercial  Emer. Services  Historic  Shelter  
Industrial  Office  School  Government  
Utility  Warehouse  Residential, #Units: \_\_\_\_\_

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

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

**Adjacency:**  Pounding  Falling Hazards from Taller Adjacent Building  
**Irregularities:**  Vertical (type/severity)  Plan (type)  
**Exterior Falling Hazards:**  Unbraced Chimneys  Heavy Cladding or Heavy Veneer  
 Parapets  Appendages  
 Other: \_\_\_\_\_

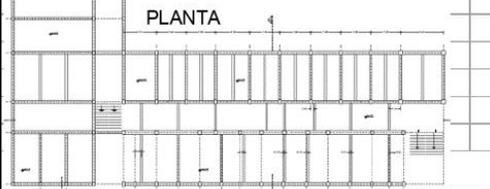
**COMMENTS:**  
Asimetría entre la parte posterior y anterior del lado occidental del edificio como se muestra en el detalle en planta, las vigas no presentan continuidad y aparentemente no llegan a la unión viga-columna.

Additional sketches or comments on separate page

**ELEVACIÓN**



**PLANTA**



BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S <sub>L1</sub>																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (FD)	URM	MH
<b>Basic Score</b>		3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V <sub>1,1</sub>		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>1,1</sub>		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P <sub>1,1</sub>		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark		1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
<b>Minimum Score, S<sub>MIN</sub></b>		1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

**FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub> ≥ S<sub>MIN</sub>** 2

EXTENT OF REVIEW	OTHER HAZARDS	ACTION REQUIRED
<b>Exterior:</b> <input type="checkbox"/> Partial <input checked="" type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial <b>Interior:</b> <input type="checkbox"/> None <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered <b>Drawings Reviewed:</b> <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <b>Soil Type Source:</b> Tesis de doctorado, Aquiar 2017 <b>Geologic Hazards Source:</b> DNK <b>Contact Person:</b> DNK	<b>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</b> <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless S <sub>L1</sub> > cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input checked="" type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	<b>Detailed Structural Evaluation Required?</b> <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input checked="" type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input checked="" type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No <b>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</b> <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input checked="" type="checkbox"/> DNK

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

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

Figure 1-1 RVS Level 1 Data Collection Form for High seismicity region.

Nota. La figura muestra los resultados de la evaluación de vulnerabilidad sísmica con un resultado final de S=0.2. Fuente: Los autores a través del Formulario de la FEMA P-154.

## 6.2 Modelamiento del ‘Bloque A’ en un software de análisis estructural

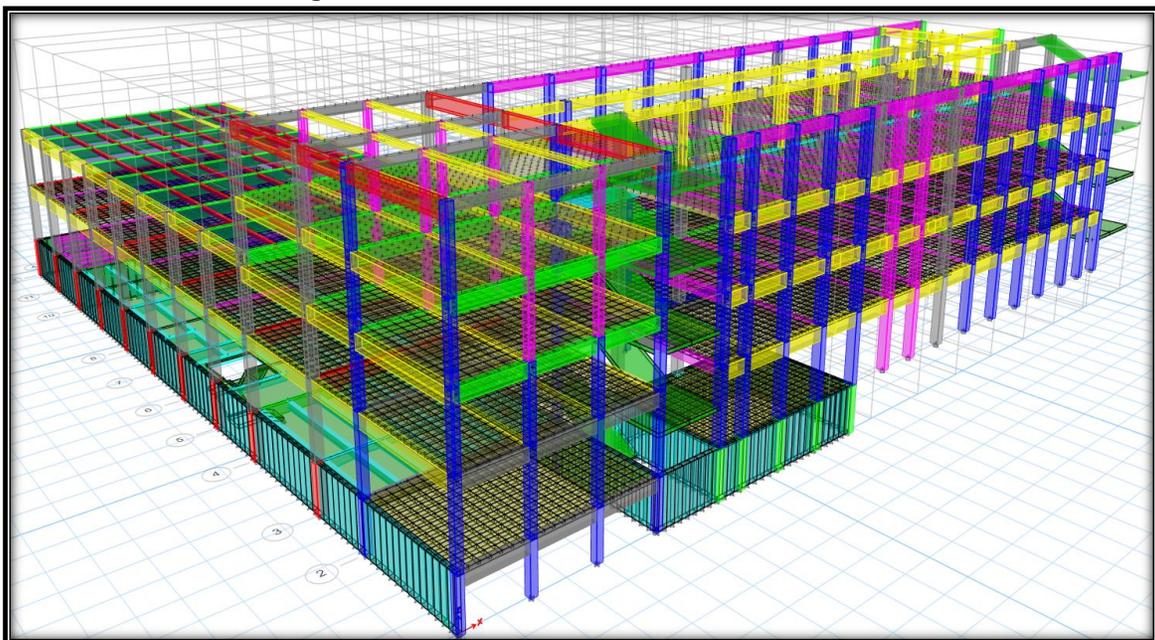
### 6.2.1 Modelamiento en ETABS

La modelación del ‘Bloque A’ se la desarrolló a través de ETABS, un software de análisis estructural avanzado que permite la representación tridimensional detallada de la estructura, considerando cargas estáticas y dinámicas como se observa en la figura 53. La importancia del uso de este software radica en la capacidad de evaluar la respuesta del edificio ante cargas sísmicas y cargas de ocupación.

Esto facilita la identificación de posibles vulnerabilidades debido a que no conocemos la metodología que se aplicó antiguamente para la construcción del edificio de estudio. Además, cabe recalcar que debido al sinnúmero de irregularidades que se presentan en los elementos de la superestructura del ‘Bloque A’ tales como vigas, columnas y losas, es de vital importancia realizar un análisis estructural minucioso del edificio.

#### Figura 53

*Modelo 3D del ‘Bloque A’ en ETABS.*

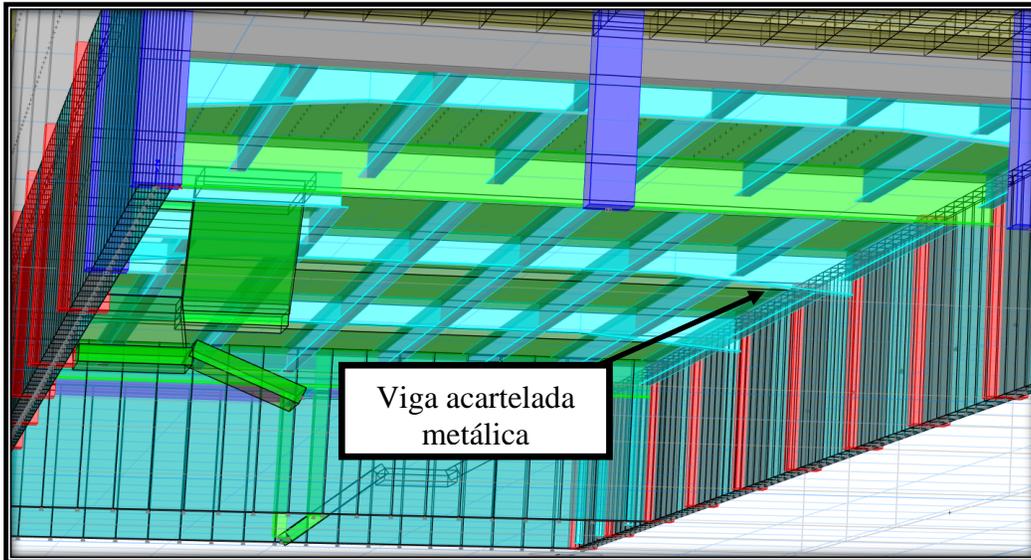


*Nota.* En la imagen se puede observar el modelo del ‘Bloque A’. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).



**Figura 55**

*Estructura metálica del subsuelo del lado norte.*

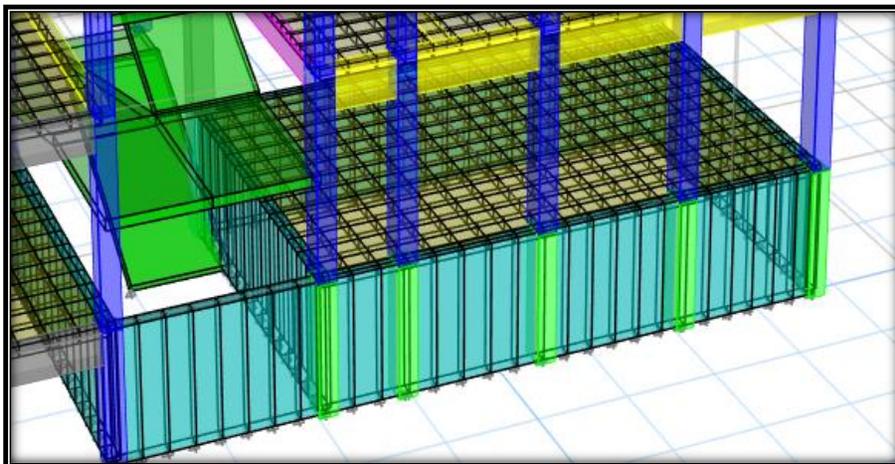


*Nota.* En la imagen se puede observar la configuración de la estructura metálica del subsuelo del lado norte. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

**6.2.2.2. Subsuelo lado occidental.** Para el subsuelo que se encuentra a un costado de la avenida 12 de octubre se modelaron muros de contención como se observa en la figura 56 a continuación.

**Figura 56**

*Subsuelo lado occidental.*



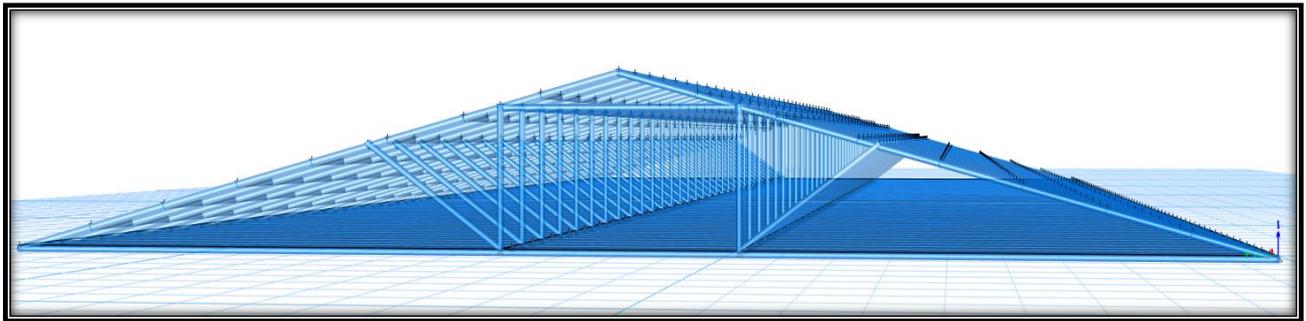
*Nota.* En la imagen se puede observar la configuración estructural para el subsuelo del lado occidental. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

### 6.2.3 Modelamiento de la cubierta del lado occidental

La estructura de la cubierta del lado occidental del ‘Bloque A’ está conformada por elementos de madera los cuales dan forma a una cercha como se puede apreciar en la figura 57 a continuación. También es importante aclarar que la estructura en mención no cubre la totalidad del edificio ya que cuenta con dos pequeñas terrazas de acceso en los extremos de la cercha.

**Figura 57**

*Estructura de madera de la cubierta del lado occidental.*



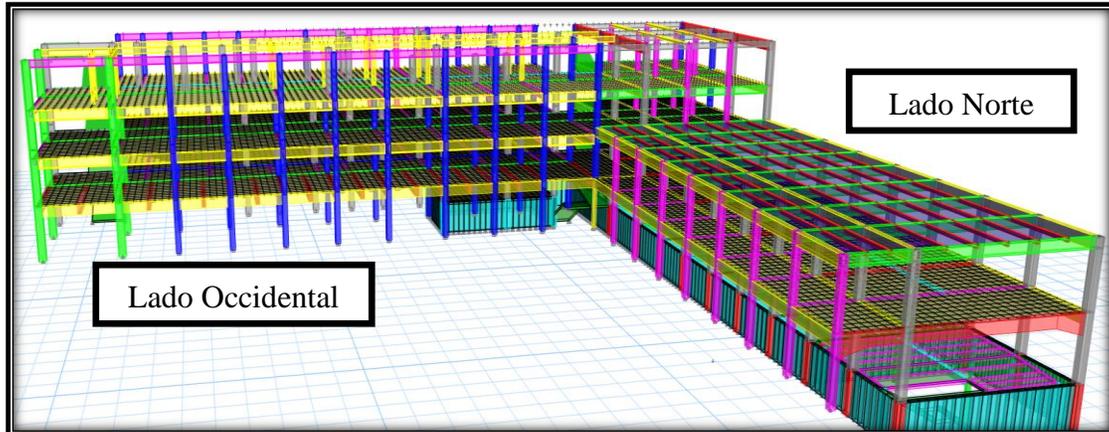
*Nota.* En la imagen se puede observar la configuración de la estructura de madera de la cubierta del lado occidental del edificio. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

### 6.2.4 Modelamiento del número de niveles

El ‘Bloque A’ se compone de 5 pisos en su lado más alto con 4 de ellos sobre el nivel del parqueadero y uno debajo del nivel del parqueadero, por otra parte, el lado norte se compone de dos pisos por encima del nivel del parqueadero y uno debajo del nivel del mismo. En la figura # que se muestra a continuación se puede observar más a detalle, sin embargo, las cubiertas no se encuentran modeladas en el mismo archivo de diseño. El criterio que se asumió con respecto a las cubiertas fue modelarlas de manera independiente para después colocar las cargas obtenidas al modelo presentado en la figura 58.

**Figura 58**

*Estructura de madera de la cubierta del lado occidental.*



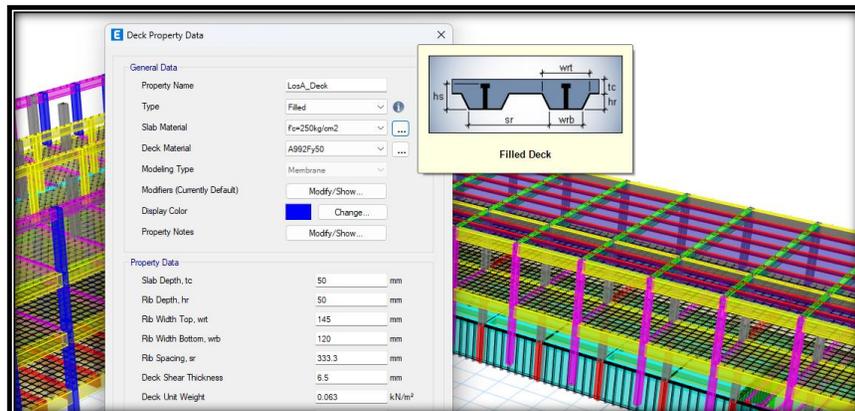
*Nota.* En la imagen se puede observar la configuración de los niveles del edificio de estudio. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

### 6.2.5. Modelamiento de la losas

Utilizando ETABS y después de haber hecho el levantamiento de información respectivo, modelamos las losas del edificio con un espesor de 20 centímetros a excepción de la cubierta del tercer nivel del lado occidental y la cubierta del lado norte del 'Bloque A'. La cubierta del primer piso del lado norte del edificio en cuestión está modelada con estructura metálica y losas de tipo deck. A continuación, en la figura 59 se puede observar un fragmento de la losa que se modelo.

**Figura 59**

*Modelamiento losa deck*



*Nota.* En la imagen se observa un fragmento de losa tipo deck. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

### 6.2.6. Resistencia a la compresión en el hormigón ( $f'c$ )

Basándonos en los resultados que obtuvimos del ensayo con el esclerómetro y la extracción de núcleos de hormigón, escogimos los valores que se muestran en la tabla 29 a continuación para modelar los elementos estructurales que componen al 'Bloque A'.

**Tabla 29**  
*Valores de  $f'c$  promedio para ETABS*

<b>Elemento</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Columnas</b>	19.61	MPa
<b>Vigas</b>	23.00	MPa
<b>Losas</b>	23.00	MPa
<b>Muros</b>	143.82	MPa

*Nota.* En la tabla se presentan los valores promedio de resistencia a la compresión en el hormigón basados en los resultados del ensayo a los núcleos de hormigón. Elaborado por: Los autores.

### 6.2.7. Límite de fluencia del acero ( $f_y$ )

El valor para el límite de fluencia del acero que se utilizó en el modelo del 'Bloque A' en el software ETABS es de 411.88 MPa de grado 60.

### 6.2.8. Carga viva

Las cargas vivas en una edificación se refieren a las fuerzas que se producen por ocupación humana, el mobiliario, equipos y cualquier otro elemento que pueda cambiar su posición o carga con el tiempo. Estas cargas son dinámicas y varían en intensidad dependiendo del uso y la actividad dentro de la estructura, a continuación se presentan los tipos de cargas vivas que se utilizó para modelar el edificio y también la norma en la que se basó para escoger los valores más adecuados.

**6.2.8.1. Carga viva de oficina.** Las cargas en una oficina pueden clasificarse en diferentes categorías según su naturaleza, en el presente trabajo elegimos las cargas de tipo; áreas de recepción y oficinas, según los lineamientos de la NEC-SE-CG como se observa en la figura 60 a continuación.

**Figura 60**

*Cargas de oficina*

<b>Edificios de oficinas</b>		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00

*Nota.* En la imagen se observa las cargas vivas para un uso de tipo oficina. Fuente: Los autores a través de la NEC-SE-CG, Tabla 9 (2014).

**6.2.8.2. Carga viva de aulas y corredores.** Es importante tener en cuenta que la gran parte del edificio de estudio se lo utiliza como unidad educativa por lo que también se ha considerado elegir las cargas de tipo; aulas y corredores como se observa a continuación en la figura 61.

**Figura 61**

*Cargas de aula y corredores*

<b>Unidades educativas</b>		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50

*Nota.* En la imagen se observa las cargas vivas para un uso de tipo aulas y corredores. Fuente: Los autores a través de la NEC-SE-CG, Tabla 9 (2014).

**6.2.8.3. Carga viva de cubiertas.** En el lado occidental del ‘Bloque A’, específicamente sobre el tercer nivel funcionan los laboratorios de la Carrera de Psicología. Motivo por el cual se modeló la cubierta del edificio y se eligió la carga viva según la figura 62 que se presenta a continuación.

**Figura 62**

*Cargas de cubiertas*

<b>Cubiertas</b>	
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70

*Nota.* En la imagen se observa las cargas vivas para un uso de tipo cubiertas. Fuente: Los autores a través de la NEC-SE-CG, Tabla 9 (2014).

**6.2.9 Carga muerta**

La carga muerta en una estructura se refiere al peso permanente de sus componentes, como paredes, columnas, vigas y pisos. Es la carga constante que actúa verticalmente, independientemente de las condiciones externas. Calcular adecuadamente la carga muerta es esencial en el diseño estructural para garantizar que la edificación pueda soportar su propio peso y cualquier carga adicional, asegurando la seguridad y estabilidad a lo largo del tiempo.

**6.2.9.1. Peso de paredes.** Una consideración muy importante que debemos tomar en cuenta al momento de modelar el edificio en el software ETABS es la carga muerta que aportan las paredes hacia la estructura. Debido a que las paredes del primer y segundo nivel del ‘Bloque A’ tienen un ancho promedio de 35 centímetros, aportan una cantidad considerable de masa a la estructura, además existen varias oficinas las cuales están divididas con paredes de gypsum, por

tal motivo procedimos a determinar el peso que generan las paredes de acuerdo con el ejemplo de calculo que se presenta a continuación. Para obtener el peso de las paredes de ladrillo tenemos el siguiente ejemplo de cálculo que comienza con la tabla 30 a continuación.

**Tabla 30**

*Dimensiones de ladrillo tipo*

<b>Dimensiones constructivas</b>			
<b>b</b>	0.16	m	tizón
<b>h</b>	0.07	m	grueso
<b>l</b>	0.32	m	soga
<b>Vol</b>	0.0033	m <sup>3</sup>	Volúmen (m <sup>3</sup> )

*Nota.* Dimensiones del ladrillo que se utilizó para el cálculo. Fuente: Autores

**Tabla 31**

*Cálculo de peso de ladrillos por m<sup>2</sup>*

<b>Peso de ladrillos</b>			
<b>j</b>	0.01	m	junta
<b>CL</b>	79.00	ladrillos	Ladrillos necesarios / m <sup>2</sup>
<b>W</b>	4.50	kg	Masa de un ladrillo
<b>W lad</b>	3.49	kN/m <sup>2</sup>	Peso total lad. en 1 m <sup>2</sup>

*Nota.* Peso por metro cuadrado generado por los ladrillos tipo. Fuente: Autores

**Tabla 32**

*Cálculo de peso de enlucido por m<sup>2</sup>*

<b>Para el enlucido</b>			
<b>b</b>	0.03	m	dos superficies de 1.5 cm
<b>h</b>	1.00	m	alto
<b>l</b>	1.00	m	largo
<b>Vol</b>	0.03	m <sup>3</sup>	Volúmen (m <sup>3</sup> )
<b>γ</b>	20.00	kN/m <sup>3</sup>	Peso específico (NEC)
<b>Wtot</b>	0.60	kN	Masa total (kN)

*Nota.* Peso por metro cuadrado generado por el enlucido en ambas caras de la pared. Elaborado por : Los autores.

**Tabla 33***Cálculo de volumen de juntas horizontales*

<b>Juntas horizontales entre ladrillos</b>			
<b>b</b>	0.04	m	base
<b>h</b>	1.00	m	alto
<b>l</b>	0.32	m	largo
<b>V</b>	0.01	m <sup>3</sup>	Volúmen (m <sup>3</sup> )

*Nota.* Volumen por metro cuadrado generado por las juntas horizontales de mortero. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 34***Cálculo de volumen de juntas verticales*

<b>Juntas verticales entre ladrillos</b>			
<b>b</b>	0.15	m	base
<b>h</b>	0.96	m	alto
<b>l</b>	0.32	m	largo
<b>V</b>	0.05	m <sup>3</sup>	Volúmen (m <sup>3</sup> )

*Nota.* Volumen por metro cuadrado generado por las juntas verticales de mortero. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 35***Cálculo del peso de juntas*

<b>Peso del mortero de las juntas</b>		
<b>Vol t</b>	0.06	m <sup>3</sup>
<b><math>\gamma</math></b>	20.00	kN/m <sup>3</sup>
<b>Wtot</b>	1.18	kN

*Nota.* Peso por metro cuadrado generado por las juntas horizontales y verticales de mortero. Elaborado por: Los autores

En la tabla 36 presentada a continuación se evidencia el peso por cada metro cuadrado de una pared de ladrillo con un enlucido de 1.5 centímetros en cada superficie de la pared, además también se tiene presente el peso del mortero entre juntas.

**Tabla 36***Peso de pared de ladrillo*

<b>WPrd</b>	5.26	kN	Peso por cada m <sup>2</sup> de pared (kN)
	536.82	kgf	Peso por cada m <sup>2</sup> de pared (kg)

*Nota.* Peso por metro cuadrado generado por una pared de ladrillo. Fuente: Los autores

Para obtener el peso de las paredes de ladrillo por cada nivel se presenta un resumen de cálculo a continuación en la tabla 37.

**Tabla 37***Peso de paredes PB*

<b>Peso paredes P.B.</b>			
<b>L</b>	154.89	m	Longitud de paredes
<b>H piso</b>	3.75	m	Altura de pared
<b>Apa</b>	580.84	m <sup>2</sup>	Área de paredes
<b>W PP1</b>	3056.89	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes PB (kN)
<b>A PB</b>	662.43	m <sup>2</sup>	Área Planta Baja
<b>W PPB</b>	4.67	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes PB (kN/m <sup>2</sup> )

*Nota.* Peso generado por las paredes de ladrillo de la planta baja. Fuente: Los autores

Para obtener el peso de las paredes de gypsum tenemos el siguiente ejemplo de cálculo que comienza con la tabla 38 a continuación.

**Tabla 38***Dimensiones de pared de gypsum tipo*

<b>Dimension una pared</b>		
<b>b</b>	2.44	m
<b>h</b>	2.44	m
<b>A</b>	5.95	m <sup>2</sup>

*Nota.* Dimensiones de una pared tipo de gypsum. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 39***Peso (masa) de elementos para pared de gypsum*

<b>Elementos para pared de gypsum</b>		
<b>1 Panel</b>	29.5	kg
<b>4 paneles</b>	118.18	kg
<b>9 perfiles</b>	4.55	kg
<b>aislante</b>	4.55	kg
<b>otros</b>	2.27	kg

*Nota.* Peso de los elementos de una pared de gypsum de 2.44 m x 2.44 m.  
Elaborado por: Los autores.

**Tabla 40***Peso pared de gypsum*

<b>Peso pared de gypsum</b>		
<b>W<sub>tot</sub></b>	1.27	kN/5.95m <sup>2</sup>
<b>W</b>	0.21	kN/m <sup>2</sup>

*Nota.* Peso de una pared de gypsum. Elaborado por: Los autores.

Una vez que se han realizado los respectivos cálculos, tenemos el peso total de paredes de ladrillo y de gypsum para la planta baja resumida en la tabla 41 y la figura 63.

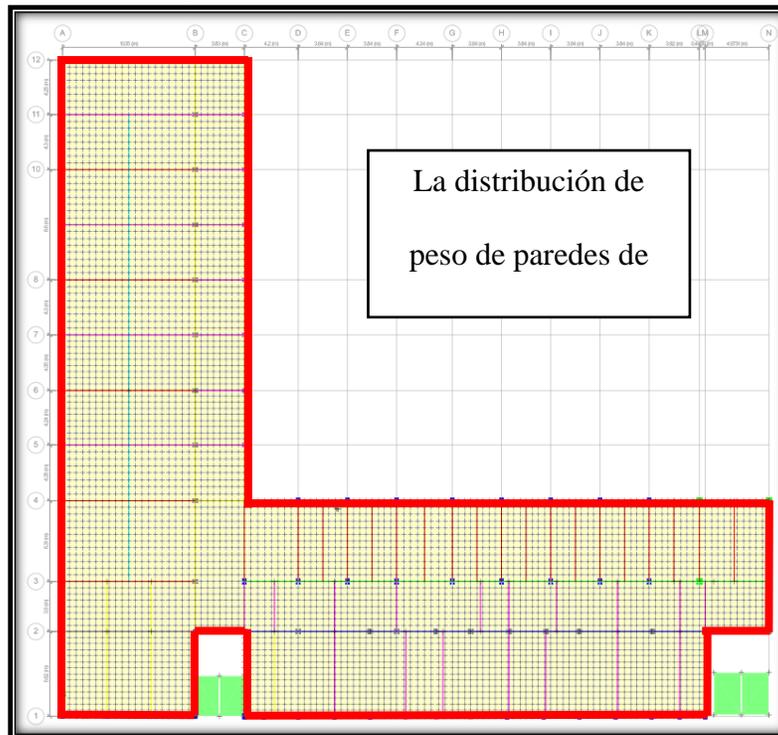
**Tabla 41***Peso total paredes PB*

	<b>PAREDES</b>	<b>PLANTA</b>	<b>BAJA</b>
<b>W T lad</b>	4.61	kN/m <sup>2</sup>	Masa paredes ladrillo PB (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W T gys</b>	0.06	kN/m <sup>2</sup>	Masa paredes gypsum (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W lad + gys</b>	4.67	kN/m <sup>2</sup>	Peso total de paredes P.B.

*Nota.* En la tabla se muestra el peso de las paredes de ladrillo y gypsum de la planta baja. Elaborado por: Los autores.

**Figura 63**

*Distribución de peso de paredes PB*



*Nota.* En la imagen, se observa delimitado con líneas rojas el área en el que está distribuido el peso las paredes de la tabla 41. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

Un resumen del peso de las paredes de ladrillo y de gypsum de los niveles restantes del edificio se muestran a continuación comenzando por la tabla 42 y la figura 64. Es importante recalcar que el tercer nivel está constituido por paredes de bloque, por lo que se puede evidenciar una diferencia con respecto a los valores del primer y segundo nivel.

**Tabla 42**

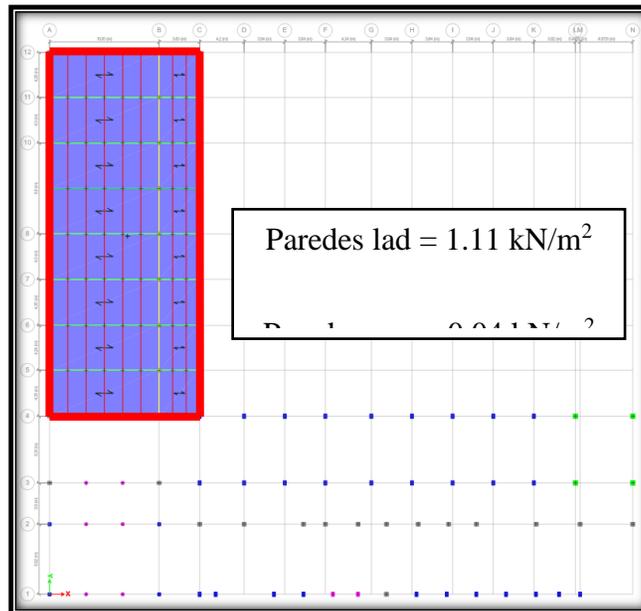
*Peso total paredes P1 'Bloque A'*

<b>PAREDES PRIMER NIVEL</b>			
<b>W T lad</b>	6.57	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes ladrillo PB (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W T gys</b>	0.04	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes gypsum (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W paredes</b>	6.61	kN/m <sup>2</sup>	Peso total de paredes P1

*Nota.* En la tabla se muestra la distribución de peso de las paredes para el primer nivel del 'Bloque A'. Elaborado por: Los autores.

**Figura 64**

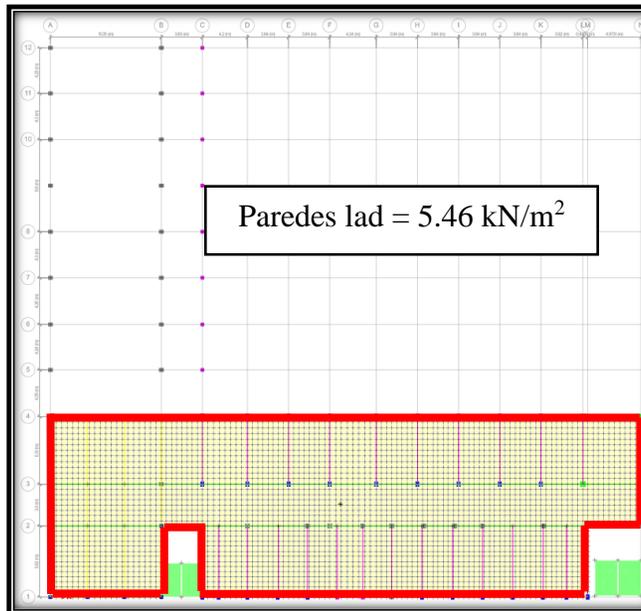
*Distribución de peso de paredes lado norte P1*



*Nota.* En la imagen, se observa delimitado con líneas rojas el área en el que está distribuido el peso las paredes que corresponden al lado norte del P1. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

**Figura 65**

*Distribución de peso de paredes lado occidental P1*



*Nota.* En la imagen, se observa delimitado con líneas rojas el área en el que está distribuido el peso las paredes que corresponden al lado occidental del P1. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

**Tabla 43**

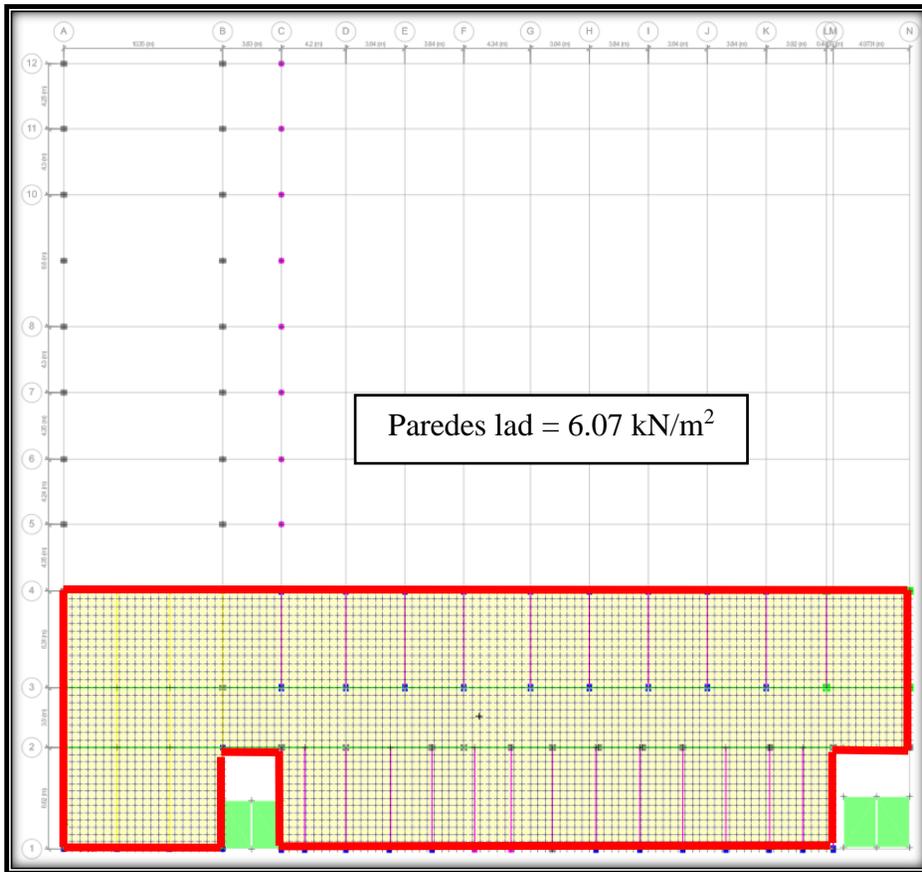
*Peso total paredes P2 'Bloque A'*

<b>PAREDES SEGUNDO NIVEL</b>			
<b>W T lad</b>	5.76	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes ladrillo PB (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W T gys</b>	0.31	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes gypsum (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W paredes</b>	6.07	kN/m <sup>2</sup>	Peso total de paredes

*Nota.* En la tabla se muestra la distribución de peso de las paredes para el primer nivel del 'Bloque A'. Elaborado por: Los autores.

**Figura 66**

*Distribución de peso de paredes lado occidental P2*



*Nota.* En la imagen, se observa delimitado con líneas rojas el área en el que está distribuido el peso las paredes que corresponden al lado occidental del P2. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

**Tabla 44**

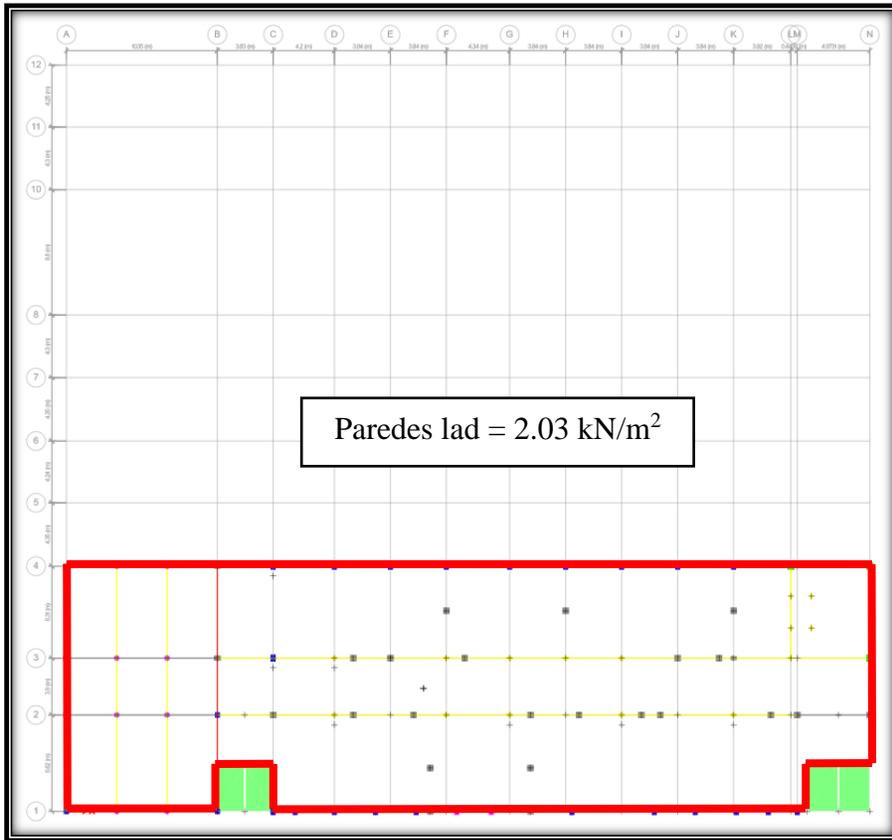
*Peso total paredes P3 'Bloque A'*

<b>PAREDES TERCER NIVEL</b>			
<b>W T lad</b>	2.03	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes ladrillo PB (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W T gys</b>	0.00	kN/m <sup>2</sup>	Peso paredes gypsum (kN/m <sup>2</sup> )
<b>W paredes</b>	2.03	kN/m <sup>2</sup>	Peso total de paredes

*Nota.* En la tabla se muestra la distribución de peso de las paredes para el primer nivel del 'Bloque A'. Elaborado por: Los autores.

**Figura 67**

*Distribución de peso de paredes lado occidental P3*



*Nota.* En la imagen, se observa delimitado con líneas rojas el área en el que está distribuido el peso las paredes que corresponden al lado occidental del P3. Fuente Los autores a través de ETABS (2021).

**6.2.9.2. Otros componentes que forman parte de la carga muerta.** Como todos sabemos, existen muchos factores que agregan carga permanente a la estructura del edificio, una muestra de ello son los acabados. A continuación presentamos un ejemplo de cálculo de estos componentes con respecto a la cubierta del lado occidental del edificio y al segundo piso del mismo en la tabla 45.

**Tabla 45**

*Carga muerta de planchas de teja española*

<b>CM CUBIERTA</b>		
<b>b</b>	0.6	m
<b>h</b>	1	m
<b>A</b>	0.6	m <sup>2</sup>
<b>Teja E.</b>	0.16	kN/m <sup>2</sup>

*Nota.* En la tabla se muestra el peso de las planchas que conforman la cubierta del lado occidental del 'Bloque A'. Elaborado por: Los autores.

Otros elementos que se consideraron para hacer un modelo más cercano a la realidad son los que están relacionados a los acabados, basándonos en lo que está in situ se presenta a continuación en la tabla 46 el peso de los factores más representativos.

**Tabla 46**

*Carga muerta de elementos*

<b>C.M. 2 PISO</b>		
<b>Instalaciones</b>	0.15	kN/m <sup>2</sup>
<b>Baldosa</b>	0.7	kN/m <sup>2</sup>
<b>Enlucido</b>	0.20	kN/m <sup>2</sup>
<b>Mampostería</b>	2.03	kN/m <sup>2</sup>
<b>CM</b>	3.08	kN/m <sup>2</sup>

*Nota.* En la tabla se muestra el peso que ejercen sobre la estructura los componentes referentes a acabados. Elaborado por: Los autores.

### 6.2.10 Combinaciones de carga

En el análisis estructural, las combinaciones de carga son conjuntos específicos de cargas que se aplican simultáneamente a una estructura para evaluar su capacidad de resistir ante diferentes condiciones, los principales tipos de cargas son; carga viva, carga muerta y carga por efecto del sismo. Las combinaciones de carga que se proponen en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción se presentan a continuación en la figura 68.

Sin embargo, debido al lugar en el que se encuentra el edificio de estudio y por las condiciones climáticas a las que está expuesto el mismo no se han tomado en cuenta las cargas de viento (W) y de granizo (S). otra consideración es que debido a que las cubiertas que forman parte del edificio de estudio tienen una inclinación mayor a 15% tampoco se han tomado en cuenta las cargas debido a lluvia (R).

#### Figura 68

Combinaciones de carga (NEC)

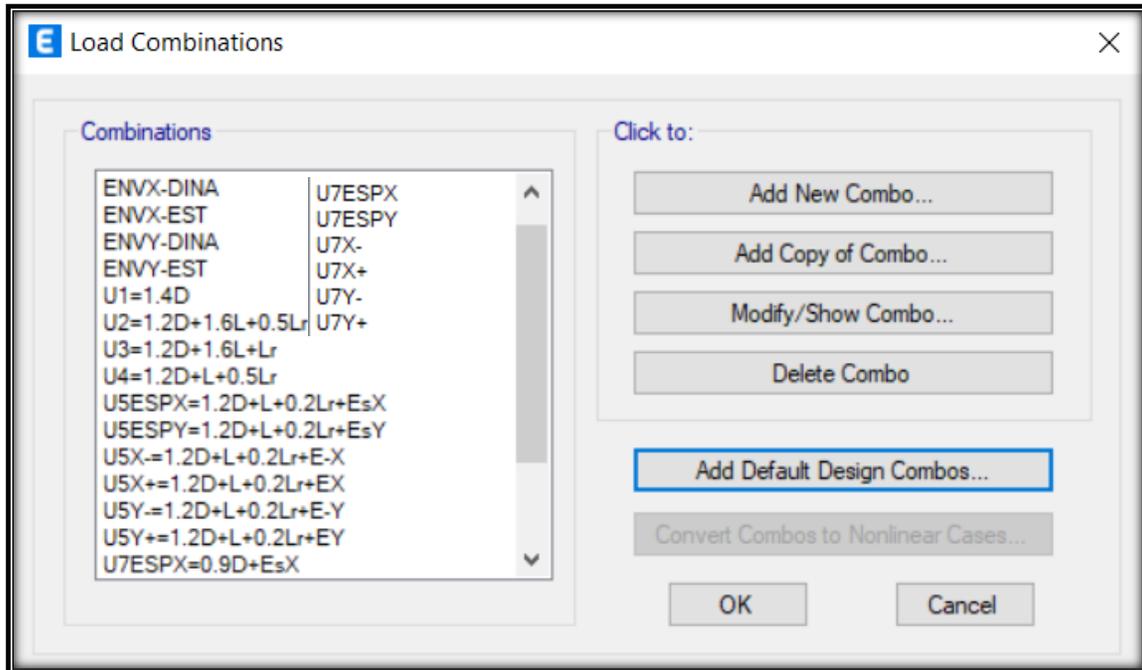
<u>Combinación 1</u>
1.4 D
<u>Combinación 2</u>
1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L <sub>r</sub> ; S ; R]
<u>Combinación 3*</u>
1.2 D + 1.6 max[L <sub>r</sub> ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
<u>Combinación 4*</u>
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L <sub>r</sub> ; S ; R]
<u>Combinación 5*</u>
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
<u>Combinación 6</u>
0.9 D + 1.0 W
<u>Combinación 7</u>
0.9 D + 1.0 E

*Nota.* En la imagen se observa las combinaciones de carga básicas. Fuente: NEC-SE-CG, Sección 3.4.3 (2014).

Basándonos en lo expuesto anteriormente, las combinaciones de carga que se tomaron en cuenta para el modelo del edificio se presentan a continuación en la figura 69.

**Figura 69**

*Combinaciones de carga (ETABS)*



*Nota.* En la imagen se observa las combinaciones de carga que se agregaron al modelo del 'Bloque A'. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

### 6.2.11 Método de diseño basado en fuerzas

El método de diseño basado en fuerzas es un enfoque en ingeniería estructural que se centra en la evaluación y diseño de una estructura considerando las fuerzas internas que actúan sobre ella. En este método, se analizan las fuerzas y momentos internos generados por las cargas aplicadas a la estructura, como cargas muertas, vivas, sísmicas, entre otras. El objetivo de utilizar este método es verificar si los elementos estructurales del 'Bloque A' pueden resistir estas fuerzas y momentos sin exceder la capacidad de la estructura (NEC 14), para ello hemos utilizado los dos procedimientos que se muestran a continuación.

**6.2.11.1. Procedimiento estático.** Como se menciona en el capítulo de Peligro Sísmico de diseño sismo resistente de la Nec, es fundamental que se utilice al menos el procedimiento estático para evaluar el comportamiento de una estructura. Por lo tanto, para determinar la distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales según la NEC-SE-DS propone que las fuerzas laterales totales de cálculo se deben distribuir en la altura de la estructura, para ello utilizaremos la ecuación a continuación.

$$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x}^n F_i ; F_x = \frac{W_i * h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i^k} * V$$

Donde:

$V$  : Cortante total en la base de la estructura

$V_x$  : Cortante total en el piso  $x$  de la estructura

$F_i$  : Fuerza lateral aplicada en el piso  $i$  de la estructura

$F_x$  : Fuerza lateral aplicada en el piso  $x$  de la estructura

$n$  : Número de pisos

$W_x$ : Peso aginado al piso  $x$  de la estructura.

$W$ , incluye la fracción de carga viva

$W_i$ : Peso aginado al piso  $i$  de la estructura.

$W$ , incluye la fracción de carga viva

$h_x$  : Altura del piso  $x$  de la estructura

$h_i$  : Altura del piso  $i$  de la estructura

$k$  : Coeficiente relacionada con en periodo de vibración

El peso total de la estructura y el peso de cada uno de los niveles se lo obtuvo por medio del software ETABS como se puede observar en las figuras 70, 71 y 72 a continuación.

### Figura 70

*Peso de la estructura*

Output Case	Case Type	FZ kN
Dead Total	LinStatic	49968.5987

*Nota.* En la imagen se puede observar el peso total que corresponde a la carga muerta y al peso propio de la estructura de la estructura. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2021).

### Figura 71

*Fuerzas en dirección del eje Y en diafragmas*

Number of Load Sets

**Load Set 1 of 1**

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
P3	D5	0	81.792	0
P2	D4	0	246.614	0
P1.1	D3	0	211.907	0
P1	D2	0	363.158	0
PB	D1	0	280.736	0

*Nota.* En la imagen se aprecia cómo fueron colocadas las fuerzas laterales calculadas en dirección del eje Y en los diafragma de cada piso. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

### Figura 72

*Fuerzas en dirección del eje X en diafragmas*

Number of Load Sets

**Load Set 1 of 1**

Story	Diaphragm	Fx tonf	Fy tonf	Mz tonf-m
P3	D5	92.766	0	0
P2	D4	285.587	0	0
P1.1	D3	250.888	0	0
P1	D2	432.482	0	0
PB	D1	350.157	0	0

*Nota.* En la imagen se aprecia cómo fueron colocadas las fuerzas laterales calculadas en dirección del eje X en los diafragma de cada piso. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

Para obtener el valor del coeficiente  $k$  nos basaremos en el procedimiento dispuesto en la sección 6.3.5 de la NEC-SE-DS que se detalla en la figura 73 a continuación y será parte fundamental para el desarrollo del procedimiento estático.

**Figura 73**

*Coficiente relacionado con el período de vibración de la estructura  $T$*

Valores de $T$ (s)	$k$
$\leq 0.5$	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.50 T$
$> 2.5$	2

*Nota.* En la imagen se presenta la forma de obtener el coeficiente  $k$  propuesta en la NEC 15. Fuente: NEC-SE-DS sección 6.3.5 (2015).

En la tabla 47 que se presenta a continuación podemos observar los valores que se utilizaron para dar paso al procedimiento estático.

**Tabla 47**

*Procedimiento estático*

Eje	y	x	Unidades
<b>Ta</b>	0.924	0.775	s
<b>Sa(Ta)</b>	0.7275257	0.8673984	gravedad
<b>I</b>	1.3	1.30	s.u.
<b>R</b>	5.00	5.00	s.u.
<b>dp</b>	0.90	0.90	s.u.
<b>de</b>	0.90	0.90	s.u.
<b>Cv</b>	0.234	0.278	s.u.
<b>k</b>	1.21	1.14	s.u.

*Nota.* En la tabla se observan los valores utilizados para aplicar el procedimiento estático. Elaborado por: Los autores.

En las tablas 48, 49 y en las figuras 74, 75 que se presentan a continuación podemos observar la distribución vertical de fuerzas que tiene el edificio en dirección del eje ‘X’ y en dirección del eje ‘Y’. Además, es evidente que la concentración de masas en el primer y segundo

nivel de la edificación provocan que el gráfico tenga tendencia a ser más pronunciado entre las alturas de 6 y 11 metros respectivamente .

**Tabla 48**

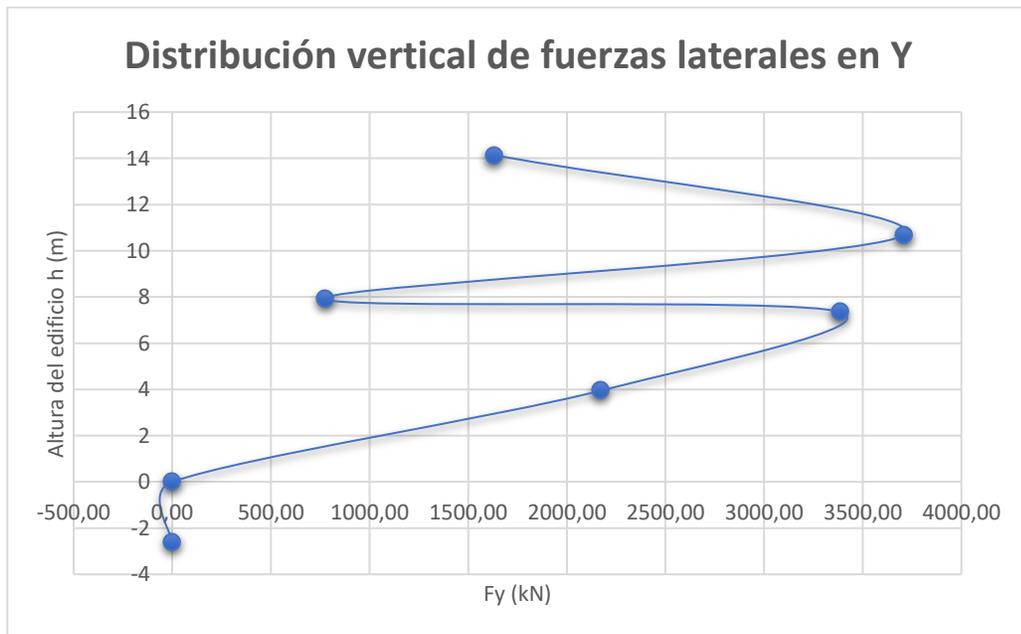
*Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje Y*

Piso	Altura h (m)	W Acumulado (kN)	W (kN)	W*(h^k)	Fy
P3	14.15	2898.72	2898.72	71932.23	1629.73
P2	10.7	12157.26	9258.54	163740.31	3709.77
P1.1	7.95	14926.11	2768.85	34162.06	773.99
P1	7.35	28237.21	13311.10	149332.44	3383.34
PB	3.95	46376.90	18139.69	95875.06	2172.18
Sub Suelo	0	49968.60	3591.70	0.00	0.00
Base	-2.6	-	-	-	0.00
		Σ	49968.60	515042.10	11669.01

*Nota.* En la tabla se observa el procedimiento de cálculo resumido para obtener los valores de la distribución de fuerzas en el eje Y. Elaborado por: Los autores.

**Figura 74**

*Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje Y*



*Nota.* En la imagen se presenta la forma en que se distribuyen las fuerzas a lo alto del edificio en dirección del eje Y. Fuente: Los autores.

**Tabla 49**

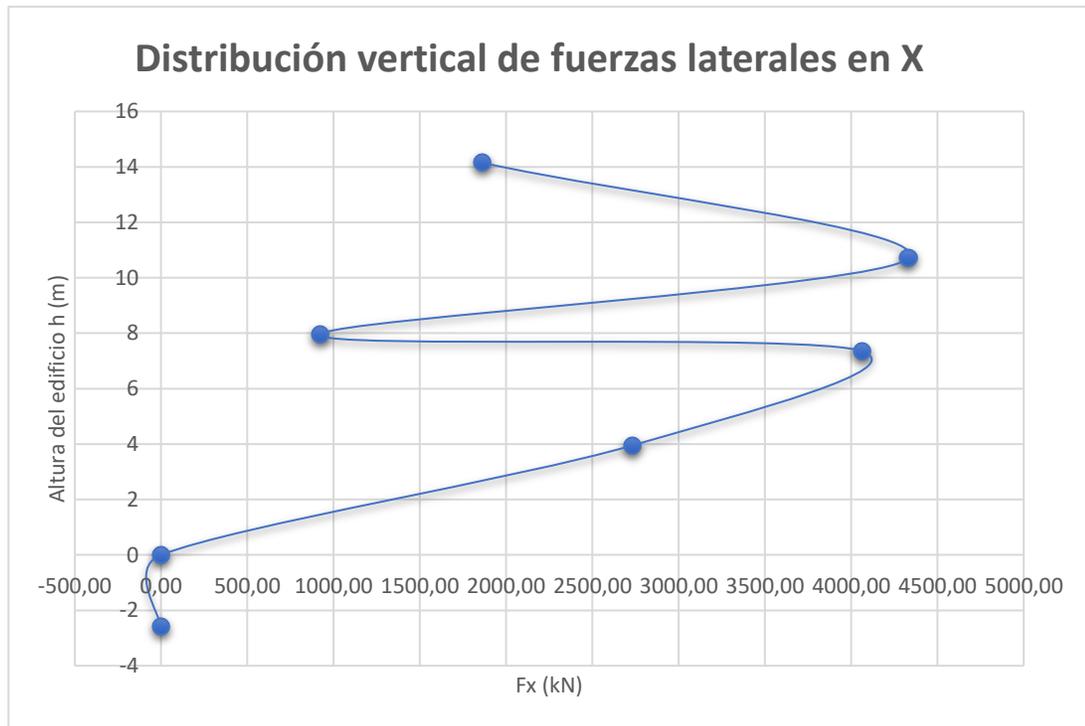
*Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje X*

Piso	Altura h (m)	W Acumulado (kN)	W (kN)	W*h^k	Fx
P3	14.15	2898.72	2898.72	59046.23	1863.55
P2	10.7	12157.26	9258.54	137235.51	4331.27
P1.1	7.95	14926.11	2768.85	29272.96	923.88
P1	7.35	28237.21	13311.10	128711.03	4062.23
PB	3.95	46376.90	18139.69	86548.42	2731.54
Sub Suelo	0	49968.60	3591.70	0.00	0.00
	-2.6	-	-	-	0
		Σ	49968.60	440814.16	13912.47

*Nota.* En la tabla se observa el procedimiento de cálculo resumido para obtener los valores de la distribución de fuerzas en el eje X. Elaborado por: Los autores.

**Figura 75**

*Distribución vertical de fuerzas en dirección del eje X*



*Nota.* En la imagen se presenta la forma en que se distribuyen las fuerzas a lo alto del edificio en dirección del eje X. Fuente: Los autores.

**6.2.11.2. Procedimiento dinámico.** A continuación en la tabla 50 se puede observar los parámetros que se utilizaron para el cálculo de los valores que nos ayudaron a obtener el espectro de diseño basado en aceleraciones.

**Tabla 50**

*Valores de parámetros para espectro de diseño*

<b>ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO BASADO EN ACELERACIONES (NEC-14)</b>				
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>REF. (NEC-SE-DS)</b>
Factor de importancia	<b>I</b>	1.30	s.u	Tabla 6, Sec.4.1
Factor de reducción de respuesta	<b>R</b>	5.00	s.u	Tabla 15, Sec.6.3.4
Zonificación Sísmica		V		Tabla 1, Sec.3.1.1
Region del Ecuador		Sierra		Sec.3.3.1
Factor de aceleración de la zona sísmica	<b>Z</b>	0.40	s.u	Tabla 1, Sec.3.1.1
Relación de amplificación espectral	<b>n</b>	2.48	s.u	Sec.3.3.1
Coeficiente Ct	<b>Ct</b>	0.550	s.u	Sec.6.3.3
Altura total del elemento	<b>hn</b>	14.15	m	Planos
Coeficiente para Calculo de Periodo	<b>α</b>	0.90	s.u	Sec.6.3.3
Tipo de Suelo		C		Tabla 2, Sec.3.2.1
Factor de sitio Fa	<b>Fa</b>	1.20	s.u	Tabla 3, Sec.3.2.2
Factor de sitio Fd	<b>Fd</b>	1.11	s.u	Tabla 4, Sec.3.2.2
Factor de comportam. inelástico suelo	<b>Fs</b>	1.11	s.u	Tabla 5, Sec.3.2.2
Factor asociado al periodo de retorno	<b>r</b>	1.00	s.u	Sec 3.3.1
Factor de irregularidad en planta	<b>Øp</b>	0.90	s.u	Tabla 13, Sec.5.2.3
Factor de irregularidad en elevación	<b>Øe</b>	0.90	s.u	Tabla 14, Sec.5.2.3
Aceleración de la gravedad	<b>g</b>	9.81	m/s <sup>2</sup>	-
<b>Período teórico método 1</b>	<b>Tm1</b>	<b>0.60</b>	seg.	Sec.6.3.3
<b>Período teórico método 1 mayorado</b>	<b>Tm2</b>	<b>0.78</b>	seg.	Sec.6.3.3
<i>Período fundamental dirección x</i>	<b><i>Tx</i></b>	<b><i>0.775</i></b>	seg.	Sap2000
<i>Período fundamental dirección y</i>	<b><i>Ty</i></b>	<b><i>0.924</i></b>	seg.	Sap2000
Periodo Límite en T=To	<b>To</b>	0.103	seg.	Sec.3.3.1
Periodo Límite en T=Tc	<b>Tc</b>	0.565	seg.	Sec.3.3.1
Periodo Límite en T=TL	<b>TL</b>	2.664	seg.	Sec.3.3.1
Aceleración en T=0	<b>Sa</b>	0.480	g	Sec.3.3.1
Aceleración en T=To	<b>Sao</b>	1.190	g	Sec.3.3.1
% De reducción de respuesta	<b>f</b>	0.20	s.u	% energía R. LINEAL
		0.80	s.u	% energía R. no LINEAL

*Nota.* En la tabla se observan los valores utilizados para generar el espectro elástico de diseño según propone la NEC de peligro sísmico, apartado 6.2. Elaborado por: Los autores.

En la tabla 51 a continuación se puede observar los valores obtenidos para generar el espectro de diseño basado en aceleraciones el cual está calculado con los parámetros presentados anteriormente en la tabla 51.

**Tabla 51**

*Valores de espectro elástico y espectro reducido*

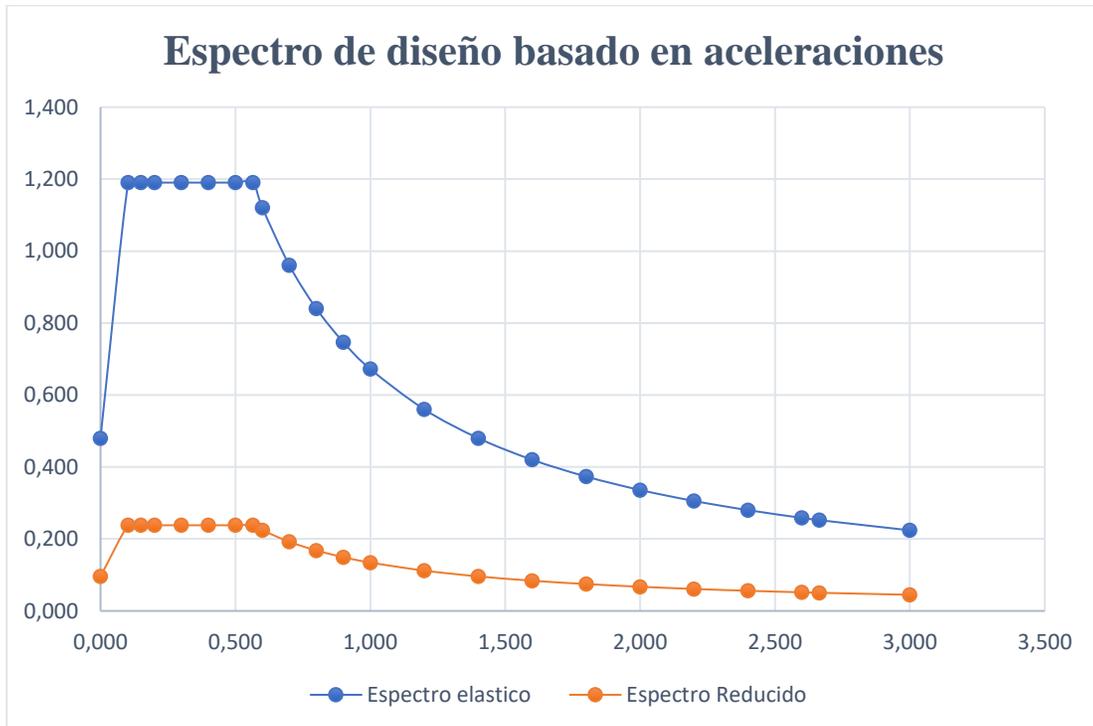
<b>ESPECTRO DE DISEÑO</b>					
<b>Tiempo</b>	<b>ESP. ELASTICO</b>		<b>ESP. REDUCIDO</b>		
<b>T (s)</b>	Sa (g)	Sa (m/s <sup>2</sup> )	Sa (g)	Sa (m/s <sup>2</sup> )	
	0.000	0.480	4.709	0.096	0.942
	0.103	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.150	1.190	11.678	0.238	2.336
<b>To</b>	0.200	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.300	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.400	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.500	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.565	1.190	11.678	0.238	2.336
	0.600	1.120	10.991	0.224	2.198
	0.700	0.960	9.421	0.192	1.884
	0.800	0.840	8.243	0.168	1.649
	0.900	0.747	7.327	0.149	1.465
	1.000	0.672	6.595	0.134	1.319
<b>Tc</b>	1.200	0.560	5.496	0.112	1.099
	1.400	0.480	4.710	0.096	0.942
	1.600	0.420	4.122	0.084	0.824
	1.800	0.373	3.664	0.075	0.733
	2.000	0.336	3.297	0.067	0.659
	2.200	0.306	2.998	0.061	0.600
	2.400	0.280	2.748	0.056	0.550
	2.600	0.259	2.536	0.052	0.507
<b>Tl</b>	2.664	0.252	2.475	0.050	0.495
	3.000	0.224	2.198	0.045	0.440

*Nota.* En la tabla se observan los valores utilizados para generar el espectro elástico de diseño y el espectro de diseño reducido para el modelado del ‘Bloque A’. Elaborado por: Los autores.

Una vez obtenidos los valores anteriormente descritos en tablas, podemos observar en la figura 76 el diagrama que describe las aceleraciones que podrían presentarse debido a un sismo en el sitio donde está ubicado el ‘Bloque A’. El espectro presentado es el que se utilizó para evaluar el comportamiento el edificio de estudio a través del software ETABS.

**Figura 76**

*Espectro de diseño (ETABS)*



*Nota.* En el gráfico se puede observar el espectro elástico de color azul y el espectro reducido de color naranja utilizados para el diseño del edificio en ETABS. Fuente: Los autores.

### 6.2.12 Participación modal de la masa

En la tabla 52 se detalla el porcentaje de participación de masa en los distintos modos de vibración. Este análisis proporciona una visión fundamental de la distribución relativa de la masa en la edificación revelando los componentes que tienen un impacto significativo en la respuesta dinámica del sistema.

**Tabla 52***Participación de masa*

Caso	Modo	Periodo (s)	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ
Modal	1	0.924	7.577E-07	0.7603	7.58E-07	0.7603	0.0003
Modal	2	0.775	0.3608	0.0002	0.3609	0.7604	0.4113
Modal	3	0.677	0.4923	0.0001	0.8532	0.7606	0.3648
Modal	4	0.373	0.0015	0.0988	0.8547	0.8594	0.0069
Modal	5	0.319	0.0147	0.0299	0.8694	0.8893	0.0479
Modal	6	0.239	0.0458	0.0015	0.9152	0.8908	0.023
Modal	7	0.223	0.0038	0.0124	0.9191	0.9031	0.0135
Modal	8	0.208	0.0039	0.0125	0.9229	0.9156	0.0116
Modal	9	0.172	0.0016	0.002	0.9246	0.9176	0.0032
Modal	10	0.153	0.0023	0	0.9268	0.9176	0.0018
Modal	11	0.144	0.0006	0.0037	0.9274	0.9213	0.0039
Modal	12	0.121	0.00004726	0.0002	0.9274	0.9214	0.0001

**PPM>90%**

*Nota.* Datos obtenidos del Etabs, en los que se observa que cumple con la participación de masa ya que es mayor al 90% desde el séptimo modo. Elaborado por: Los autores.

Al dividir cada uno de los valores de las masas dispersas por la acumulación de las masas en dirección de los ejes ‘X’ y ‘Y’ en los periodos fundamentales, se obtienen los porcentajes de participación de masa detallados en la tabla 53 a continuación.

**Tabla 53***Porcentaje de participación de masa*

Modo	PPM (%)		
	X	Y	Z
1	0.00	84.19	0.03
2	39.26	0.02	41.13
3	53.56	0.01	36.48

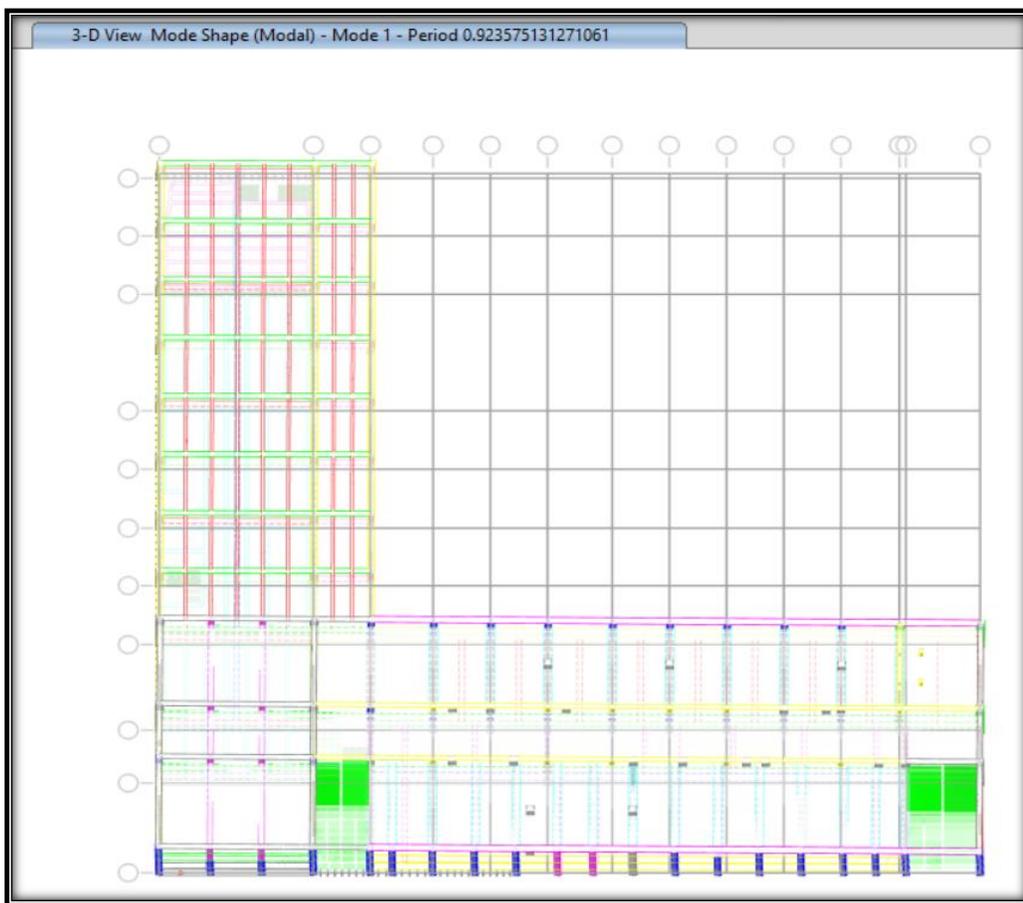
*Nota.* Con estos datos se puede apreciar de mejor manera la translación de cada modo, además se puede evidenciar que no se cumple con translación en ninguno de estos modos ya que son inferiores al 90%. Elaborado por: Los autores.

### 6.2.13 Modos de vibración y periodos de la estructura

A continuación, en las figuras 77, 78 y 79 se detallan los tres principales modos fundamentales y los periodos de vibración de la estructura con respecto a cada modo. Este análisis, a través de los valores correspondientes nos permite comprender el posible comportamiento que podría tener la estructura ante la aplicación de fuerzas externas.

**Figura 77**

*Primer modo de vibración*

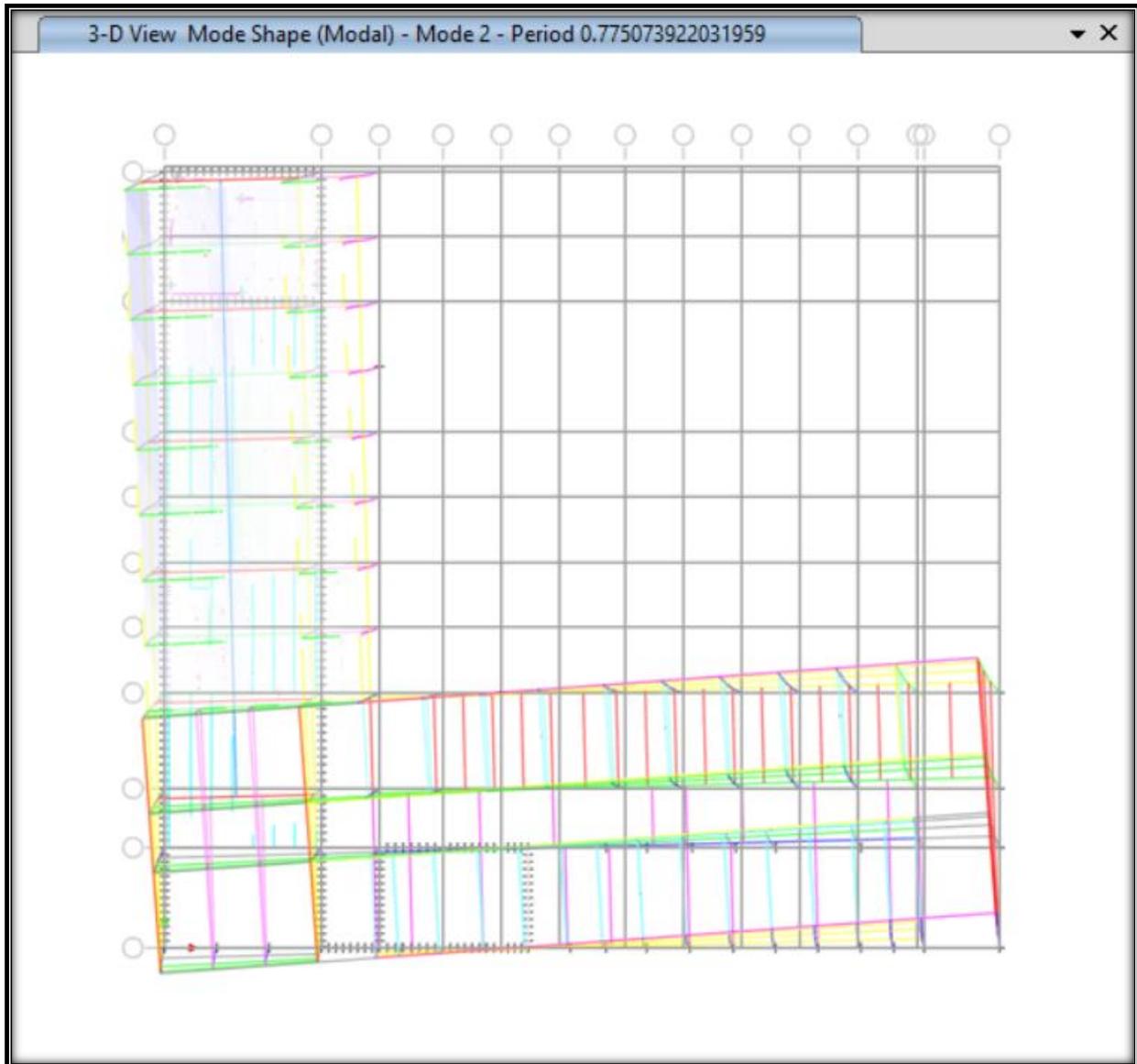


*Nota.* El primer modo cuenta con un movimiento transnacional en sentido Y con mínima torsión, con un periodo de 0.924 segundos. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

Como podemos observar, con respecto al primer modo de vibración no se puede evidenciar torsión en la estructura a simple vista, sin embargo, es importante aclarar que se tiene un 84.19 % de participación de la masa total de la estructura en este primer modo con un periodo de 0.924 s.

**Figura 78**

*Segundo modo de vibración*

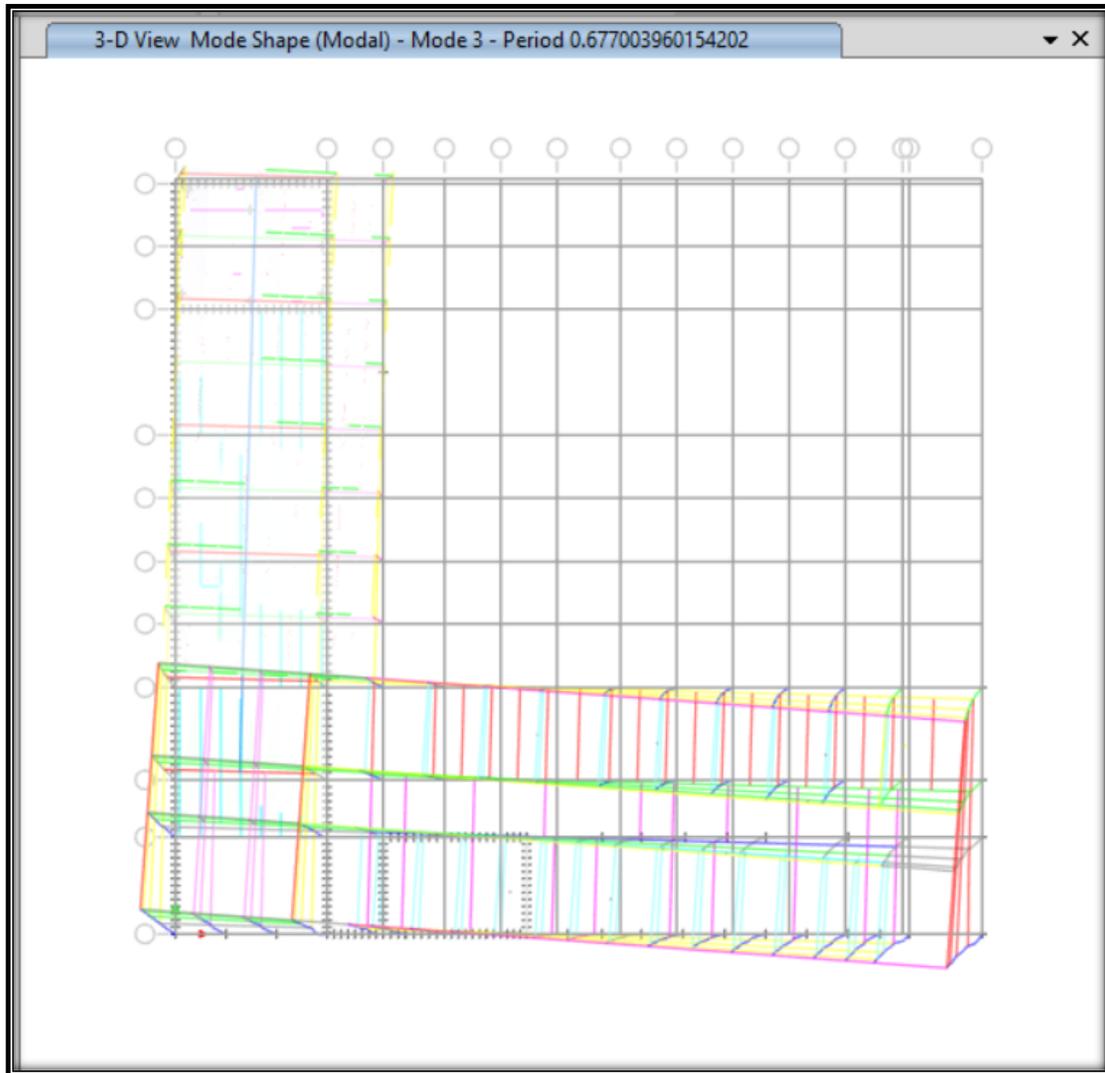


*Nota.* El segundo modo cuenta con un movimiento transnacional en sentido X, con torsión apreciable, con un periodo de 0.775 segundos. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

Como podemos observar, el segundo modo de vibración de la estructura es uno de los más complejos ya que tiene serios problemas de torsión con un porcentaje de participación de masa del 39.26 % en dirección del eje 'x' y un periodo de 0.775 segundos.

**Figura 79**

*Tercer modo de vibración*



*Nota.* El tercer modo cuenta con torsión, con un periodo de 0.677 segundos. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

Una vez presentados los tres principales periodos de vibración ( $T_y=0.924$  ;  $T_x=0.775$  ;  $T_z=0.667$ ), podemos observar que el valor del periodo del primer modo de vibración no se encuentra entre los límites  $T_{m1}=0.60$  y  $T_{m2}=0.78$  que propone el capítulo de peligro sísmico de la NEC-14, sección 6.3.3. Sin embargo, los dos valores que están adecuados según la normativa son los que presentan más problemas de torsión según se puede apreciar en las figuras 78 y 79.

### 6.2.14 Derivas de piso

Las derivas de piso son una medida para saber cuánto se mueve un punto en un piso con respecto a otro punto en el mismo nivel o en otro nivel. Por lo tanto, para el control de derivas, la NEC-SE-DS establece los siguientes parámetros:

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M \leq 2\%$$

Donde:

$\Delta_M$  : *Deriva máxima inelástica*

$\Delta_e$  : *Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño*

$R$  : *Factor de reducción de resistencia*

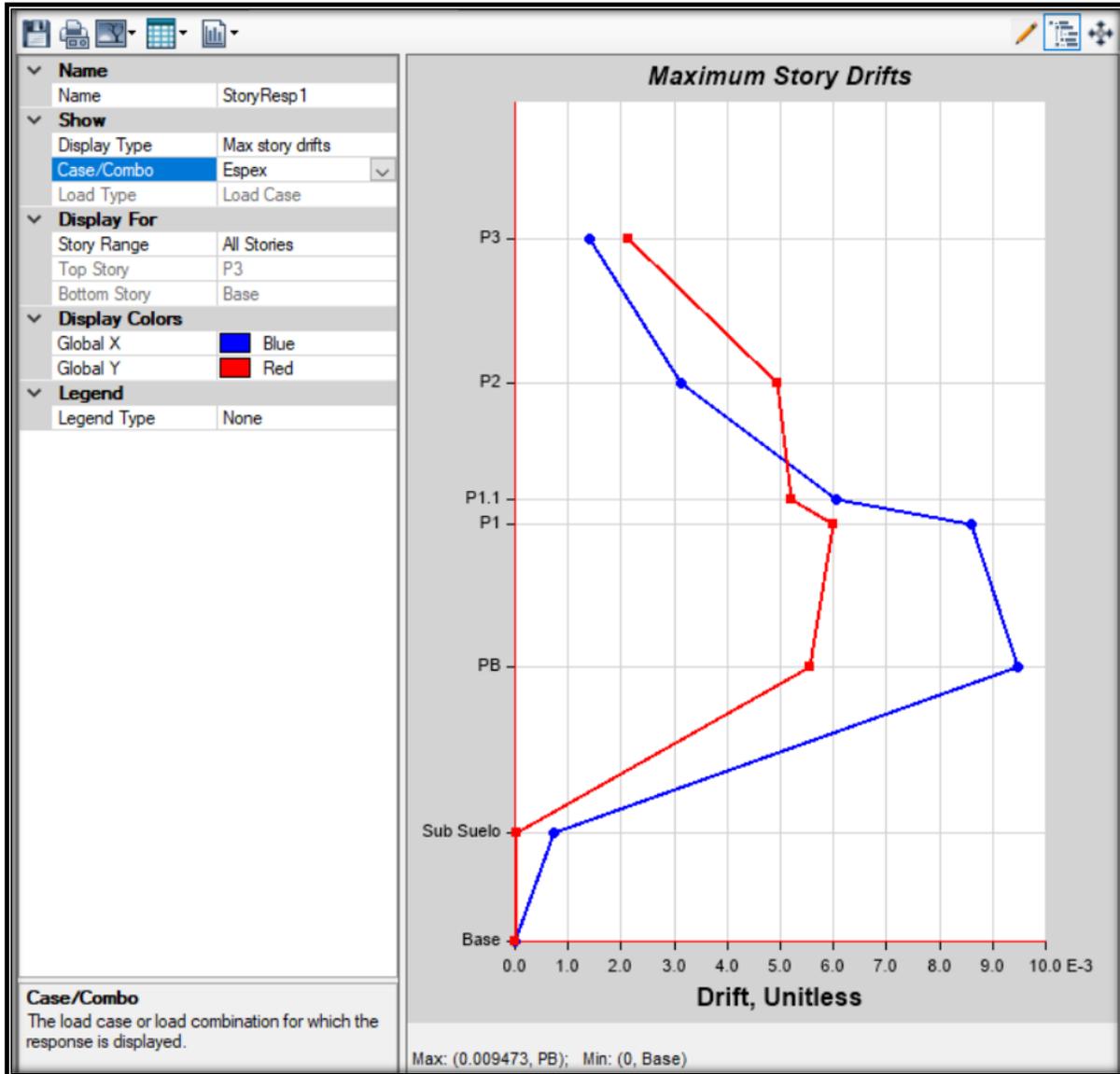
Es importante hacer una observación con respecto a los porcentajes límites que propone la NEC para el desplazamiento máximo entre los niveles de una estructura, si nos regimos a estos criterios, las estructuras podrían verse sumamente afectadas por el excesivo desplazamiento ante fuerzas externas. Refiriéndonos estrictamente a nuestro caso, debido a que se presentan alturas de entrepiso mayores a los 3 metros, se estarían permitiendo desplazamientos de hasta 6 centímetros aproximadamente entre cada nivel, lo que podría traducirse como serios daños en elementos frágiles como ventanas y la mampostería de la edificación causando un gran daño a sus ocupantes.

Una vez expuesto lo anterior, para el desplazamiento obtenido por la aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas, el software Etabs se entrega los resultados tanto para el sismo en dirección del eje X y en dirección del eje Y como se observa en las figuras 80 y 81.



**Figura 81**

*Desplazamiento lateral según el método dinámico en dirección del eje X*



*Nota.* La deriva máxima en sentido X para el método dinámico es de 0.009473. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

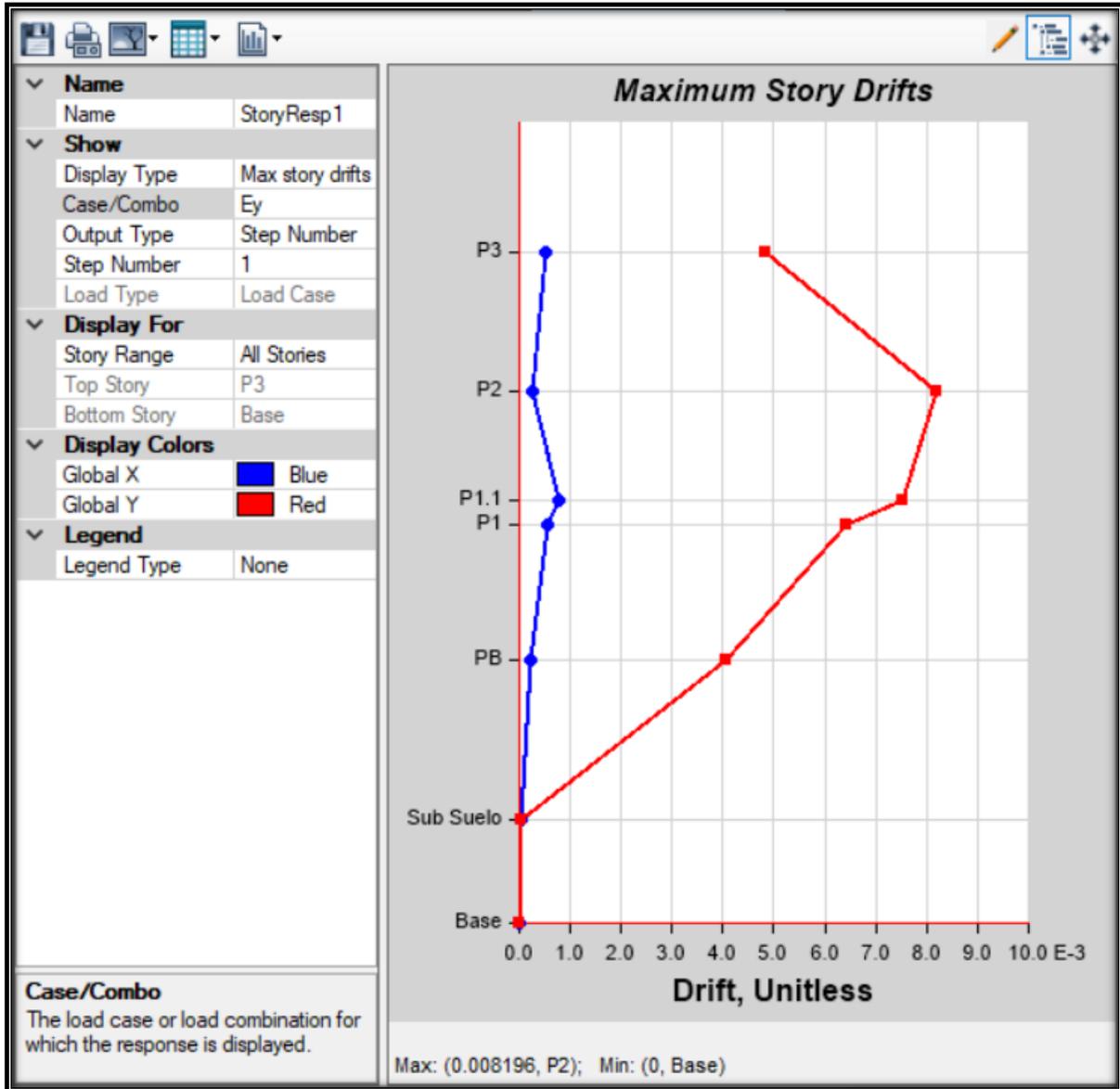
$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E * 100\%$$

$$\Delta_M = 0.75 * 5 * 0.009473 * 100\%$$

$$\Delta_M = 3.55\% > 2\% \rightarrow \text{No cumple}$$

**Figura 82**

*Desplazamiento lateral según el método estático en dirección del eje Y*



*Nota.* La deriva máxima en sentido Y es de 0.008196. Fuente: Los autores a través de ETABS (2021).

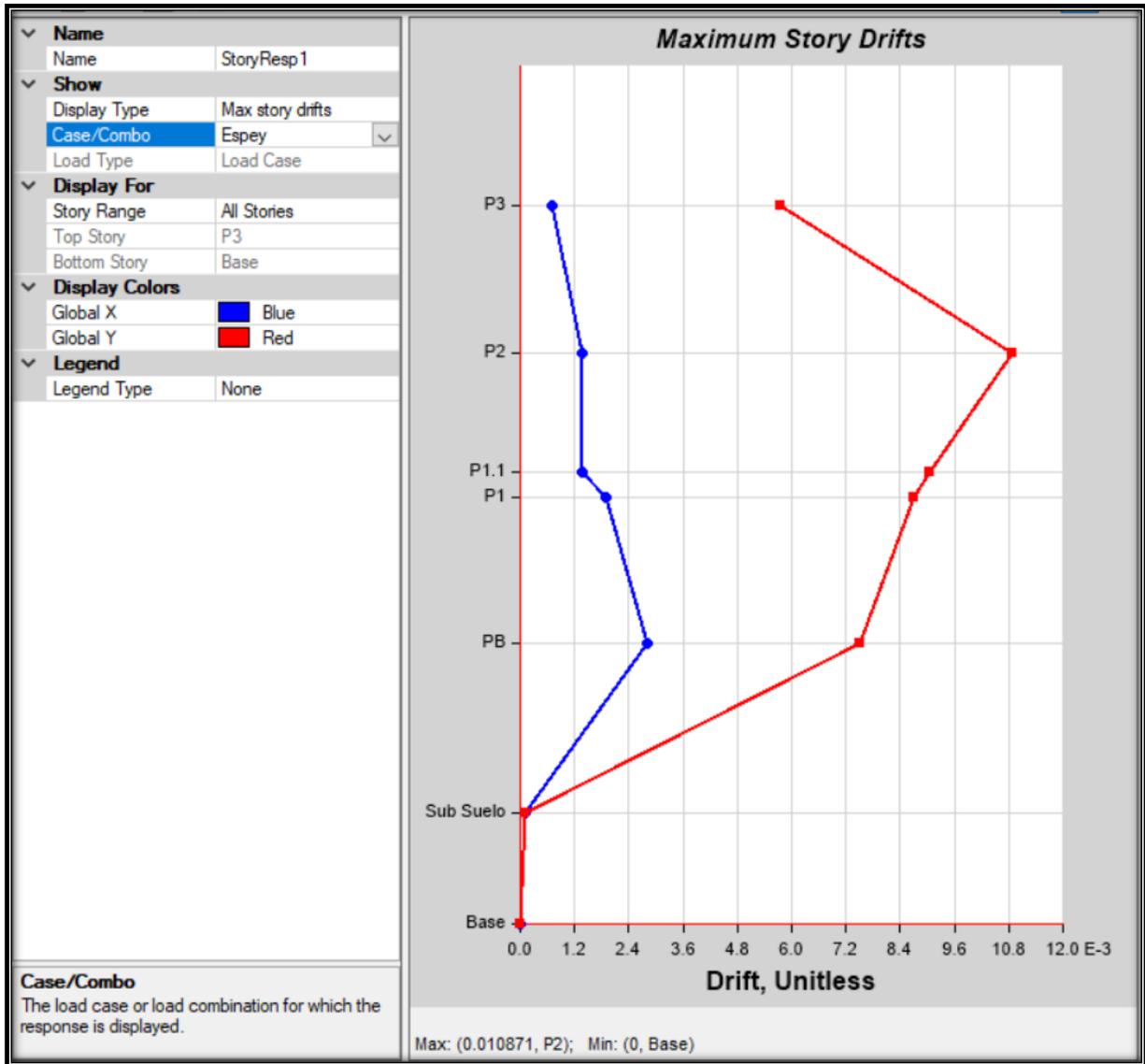
$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E * 100\%$$

$$\Delta_M = 0.75 * 5 * 0.008196 * 100\%$$

$$\Delta_M = 3\% > 2\% \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

**Figura 83**

*Desplazamiento lateral según el método dinámico en dirección del eje Y*



*Nota.* La deriva máxima en sentido Y para el método dinámico es de 0.010871. Fuente:

Los autores a través de ETABS (2021).

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E * 100\%$$

$$\Delta_M = 0.75 * 5 * 0.010871 * 100\%$$

$$\Delta_M = 4\% > 2\% \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

### 6.2.15 Comparación entre corte basal estático y dinámico

Para dar paso a la verificación del corte dinámico total en base a la NEC-SE-DS en su sección 6.2.2, se establece que:

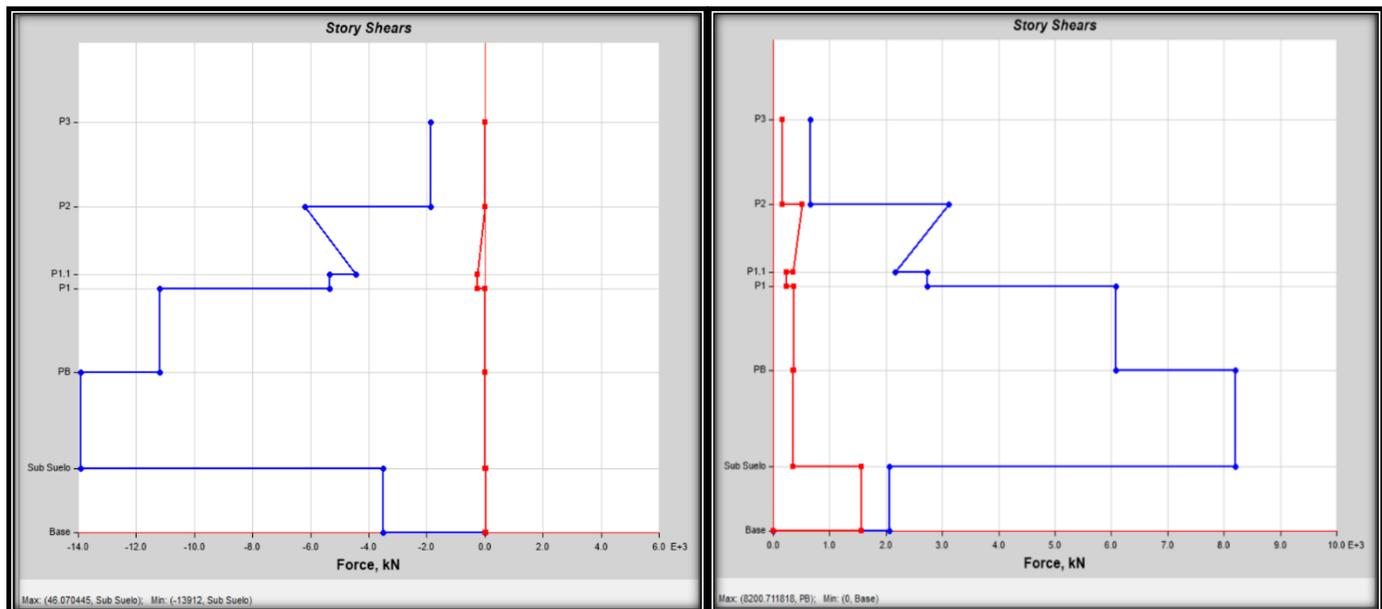
$$V_{dinámico} > 80\% V_{estático} \rightarrow Estructuras regulares$$

$$V_{dinámico} > 85\% V_{estático} \rightarrow Estructuras irregulares$$

El cortante total en la base de la estructura en dirección del eje 'X' fue obtenido con la ayuda del software Etabs como se evidencia en la figura 84 a continuación.

**Figura 84**

*Diagrama de corte para el sismo en dirección del eje X*



*Nota.* En la imagen se puede observar el corte dinámico máximo en el lado derecho con un valor de 8200.71 kN y el corte estático máximo izquierda con un valor de 13912.0 kN. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

$$8200.712 \text{ kN} > 0.85 * 13912.0 \text{ kN}$$
$$8200.712 \text{ kN} < 11825.2 \text{ kN} \rightarrow \underline{\underline{NO CUMPLE}}$$

Por lo tanto es necesario utilizar un factor de corrección.

$$\frac{V_{dinámico}}{V_{estático}} = 0.59$$

$$f_c = \frac{0.85}{0.591} = 1.44$$

Este factor de corrección se lo implementa en el modelo de Etabs, en la configuración del método dinámico en dirección del eje 'X' como se muestra en la figura 85.

**Figura 85**

*Factor de corrección del método dinámico en dirección del eje 'X'*

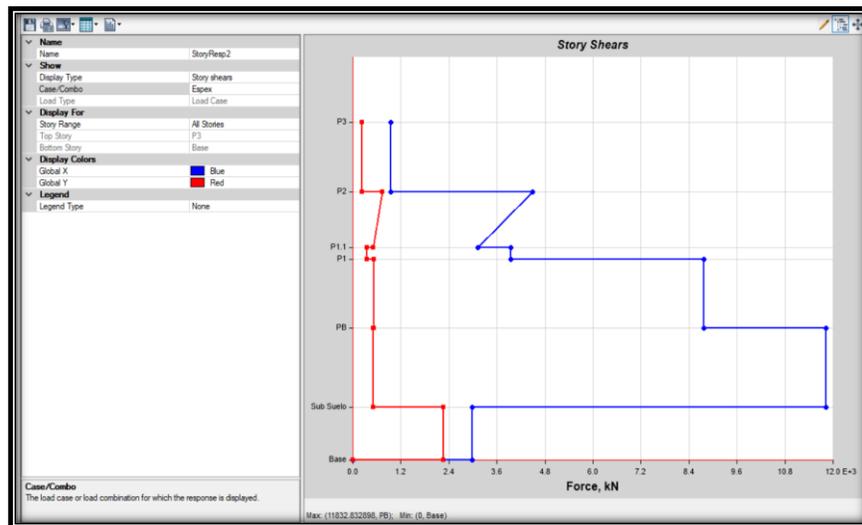
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESP-ELA-D	2.4222*1.44

*Nota.* En la imagen aprecia la implementación del factor de corrección obtenido para el método dinámico en dirección del eje X. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

Una vez corregido el método dinámico se vuelve a obtener la fuerza lateral en dirección del eje 'X' corregida como se muestra en la figura 86.

**Figura 86**

*Corte dinámico corregido para el sismo en dirección 'X'.*



*Nota.* En la imagen se puede observar el corte total dinámico corregido en sentido X de 11832.83 kN. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

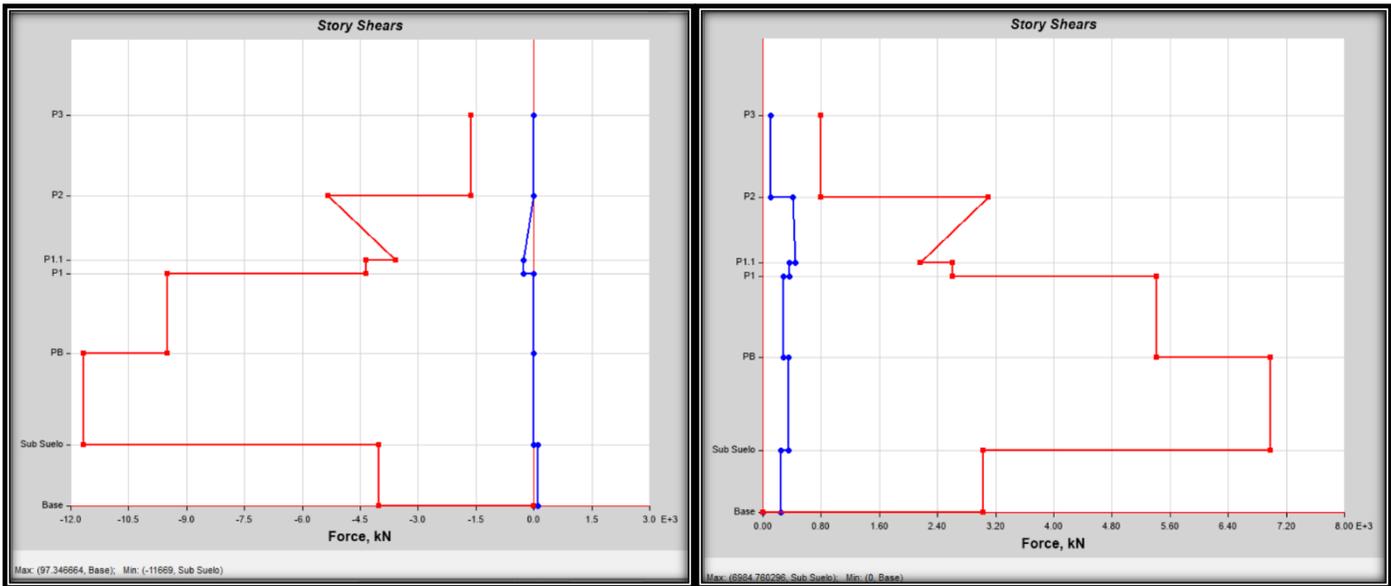
$$11832.83kN > 0.85 * 13912.0$$

$$11832.83kN > 11825.2 kN \rightarrow OK$$

Para comprobar el cortante total en la base de la estructura en dirección del eje 'Y' se sigue el mismo proceso anterior con la ayuda del software Etabs como se evidencia en la figura 87 a continuación.

**Figura 87**

*Diagrama de corte para el sismo en dirección del eje Y*



*Nota.* En la imagen se puede observar el corte dinámico máximo en el lado derecho con un valor de 6984.76 kN y el corte estático máximo izquierda con un valor de 11669 kN. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

$$6984.76 kN > 0.85 * 11669 kN$$

$$6984.76 kN < 9918.65 kN \rightarrow NO CUMPLE$$

Por lo tanto también es necesario utilizar un factor de corrección.

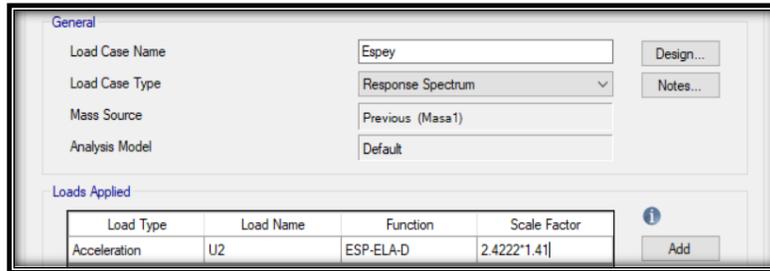
$$\frac{V_{dinámico}}{V_{estático}} = 0.6$$

$$f_c = \frac{0.85}{0.591} = 1.41$$

Este factor de corrección igualmente se lo implementa en el Etabs, en la configuración del método dinámico en dirección ‘Y’ como se ve en la figura 88.

### Figura 88

*Factor de corrección del método dinámico en dirección Y*

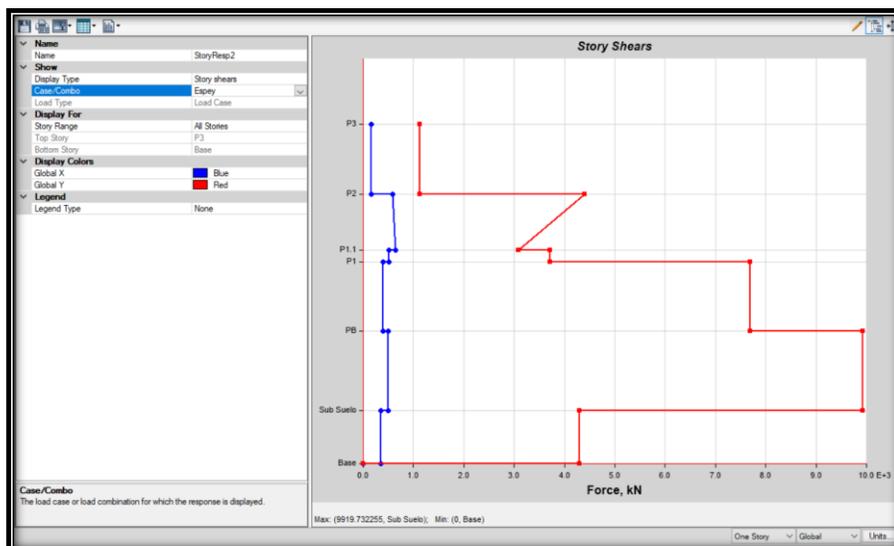


*Nota.* En la imagen aprecia la implementación del factor de corrección obtenido para el método dinámico en dirección X. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

Corregido el método dinámico se vuelve a obtener la fuerza lateral en dirección del eje ‘Y’ corregida como se muestra en la figura 89.

### Figura 89

*Corte dinámico corregido para el sismo en dirección Y*



*Nota.* En la imagen se puede observar el corte total dinámico corregido en sentido Y de 9919.73 kN. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

$$9919.73 \text{ kN} > 0.85 * 11669 \text{ kN}$$

$$9919.73 \text{ kN} > 9918.65 \text{ kN} \rightarrow OK$$

### 6.3 Prediseño de elementos estructurales

Una vez terminado el modelamiento del ‘Bloque A’ en el software ETABS, procedimos a seleccionar el elemento más esforzado por cada tipo de viga o columna que se presentan en la estructura. Posteriormente se hizo un prediseño de los elementos estructurales en mención con el objetivo de verificar si lo que se encuentra in situ es adecuado.

#### 6.3.1. Predimensionamiento de vigas

Para realizar el predimensionamiento de las vigas se tomaron en cuenta los momentos más grandes que actúan en cada viga tipo junto con la combinación de cargas más crítica como se puede apreciar en la figura 90 a continuación.

**Figura 90**

*Momento máximo en vigas*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar el momento máximo en la viga de 18cm x 50cm que se encuentra en la planta baja. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2023).

$$Mu = 8.78 \frac{tf}{m}$$

Para la base de la viga 'b' se asumirá el mismo ancho de las vigas existentes y su altura se procederá a calcular utilizando la fórmula del peralte efectivo que nos propone la NEC.

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\phi_{flexión} * b * Ru}}$$

Se tomó un valor de cuantía basado en lo que se indica la normativa NEC-SE-HM en su sección 4.3.3

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho_{min} = \max\left(\frac{14}{fy} \text{ ó } \frac{\sqrt{f'c}}{1.25 * fy}\right) * kgf/cm^2$$

Por lo tanto, con mencionado se realiza el prediseño de las vigas con siguientes datos:

$$f'c_{vigas} = 235 kgf/cm^2 = 23.05 \text{ MPa}$$

$$fy = 4200 kgf/cm^2 = 411.87 \text{ MPa}$$

$$\rho_{min} = 0.0033$$

$$\rho_{max} = 0.5 * \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * f'c * \beta_1}{fy} * \left(\frac{6300}{fy + 6300}\right)$$

$$f'c < 235 kgf/cm^2 \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = 0.0243$$

$$\rho_{max} = 0.0121$$

$$0.0033 \leq \rho \leq 0.0121$$

Por motivos de desconocimiento del diseño y construcción de la edificación se asumió una cuantía del 1% de acero.

$$\rho = 0.01$$

$$\omega = \frac{\rho * f_y}{f'_c}$$

$$\omega = \frac{0.01 * 4200 \frac{kgf}{cm^2}}{235 \frac{kgf}{cm^2}} = 0.1787$$

$$R_u = \omega * f'_c * (1 - 0.59 * \omega)$$

$$R_u = 0.1787 * 235 * (1 - 0.59 * 0.1787) = 37.57 \frac{kgf}{cm^2} = 3.68 \text{ MPa}$$

$$\phi_{flexión} = 0.9$$

$$b = 18 \text{ cm}$$

$$d = \sqrt{\frac{8.78 * 10^5 \frac{kgf}{cm}}{0.9 * 18 * 37.57 \frac{kgf}{cm^2}}} = 32.24 \text{ cm}$$

$$h = d + \frac{\phi}{2} + rec = 37.24 \text{ cm}$$

$$hd = 40 \text{ cm}$$

Realizando el procedimiento para todas las vigas tipo de la estructura se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 54 a continuación.

**Tabla 54***Dimensiones de vigas calculadas*

<b>Viga Tipo</b>	<b>Mu (T*m)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>d</b>	<b>hf (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>b/h</b>
<b>10</b>	8.79	25	32.24	37.24	40	1.6
<b>11</b>	37.25	35	56.10	61.10	65	1.9
<b>8-L</b>	11.13	25	36.28	41.28	45	1.8
<b>8</b>	13.79	25	40.39	45.39	50	2.0
<b>4-L</b>	20.03	30	44.44	49.44	50	1.7
<b>6-L</b>	3.73	25	21.00	26.00	40	1.6
<b>4</b>	61.82	45	63.74	68.74	70	1.6
<b>6</b>	18.82	30	43.07	48.07	50	1.7
<b>2-L</b>	18.57	33	40.80	45.80	50	1.5
<b>2</b>	20.40	33	42.76	47.76	50	1.5
<b>3</b>	81.93	45	73.38	78.38	80	1.8
<b>12</b>	42.95	40	56.35	61.35	65	1.6
<b>5-L</b>	2.36	25	16.73	21.73	40	1.6
<b>5</b>	39.09	40	53.76	58.76	60	1.5
<b>7</b>	21.72	30	46.27	51.27	55	1.8
<b>14</b>	27.34	35	48.06	53.06	55	1.6
<b>9</b>	26.39	30	51.00	56.00	60	2.0
<b>13</b>	19.47	30	43.81	48.81	50	1.7
<b>1</b>	30.82	35	51.03	56.03	60	1.7

*Nota.* Dimensiones de vigas calculadas con el momento más crítico obtenido en Etabs.  
Elaborado por: Los autores.

Para realizar una comparativa entre las dimensiones reales de las vigas levantadas en la edificación y de las dimensiones calculadas se presenta la tabla 55. Esta comparación es de relevancia al momento de determinar las condiciones reales en las que se encuentra la estructura.

**Tabla 55***Comparación entre dimensiones de vigas calculadas y existentes*

<b>Viga Tipo</b>	<b>Vigas Existentes</b>		<b>Vigas Prediseñadas</b>	
	<b>b(cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>
<b>10</b>	18	50	25	40
<b>11</b>	25	40	35	65
<b>8-L</b>	25	45	25	45
<b>8</b>	25	65	25	50
<b>4-L</b>	30	40	30	50
<b>6-L</b>	30	50	25	40
<b>4</b>	30	60	45	70
<b>6</b>	30	70	30	50
<b>2-L</b>	33	50	33	50
<b>2</b>	33	70	33	50
<b>3</b>	35	60	45	80
<b>12</b>	40	40	40	65
<b>5-L</b>	40	50	25	40
<b>5</b>	40	70	40	60
<b>7</b>	45	70	30	55
<b>14</b>	50	70	35	55
<b>9</b>	23	60	30	60
<b>13</b>	50	20	30	50
<b>1</b>	30	20	35	60

*Nota.* Dimensiones reales y prediseñadas de cada viga tipo. Elaborado por: Los autores.

### **6.3.2. Predimensionamiento de columnas**

Para la estimación del área de concreto requerido, el cálculo se lo realizara según las fórmulas para predimensionar columnas propuestas en el manual de Arnal y Epelboim con el ejemplo de cálculo que se presenta a continuación.

$$A_g = \frac{P_u}{\alpha * f'_c}$$

Donde:

*A<sub>g</sub>*: Área de columna mínima requerida

*α*: Factor que depende de la ubicación de la columna, presentado en la tabla 56.

**Tabla 56**

*Factor de ubicación*

<b>α</b>	<b>Ubicación</b>
<b>0.2</b>	Esquina
<b>0.25</b>	Borde
<b>0.28</b>	Centro

*Nota.* Tabla para factores de ubicación. Fuente: Los autores a través del manual de Arnal y Epelboim.

De igual forma, por el mismo motivo que en el predimensionamiento de las vigas, se asumió una cuantía del 1% de acero de refuerzo.

$$\rho = 0.01$$

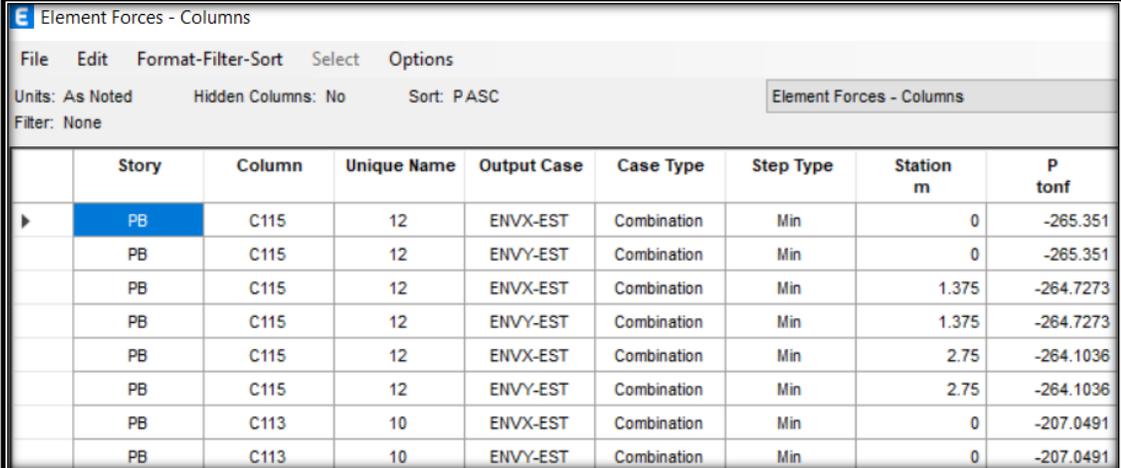
Por lo tanto, con lo antes mencionado se realiza el prediseño con siguientes datos:

$$f'_c_{columnas} = 200 \text{ kgf/cm}^2 = 19.61 \text{ MPa}$$

Para obtener las cargas en las columnas, se escogió la carga máxima en cada columna tipo con la combinación de cargas más crítica obtenida con el software Etabs como se observa en la figura 91 a continuación.

## Figura 91

Carga máxima obtenida en la columna tipo



	Story	Column	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Station m	P tonf
▶	PB	C115	12	ENVX-EST	Combination	Min	0	-265.351
	PB	C115	12	ENVY-EST	Combination	Min	0	-265.351
	PB	C115	12	ENVX-EST	Combination	Min	1.375	-264.7273
	PB	C115	12	ENVY-EST	Combination	Min	1.375	-264.7273
	PB	C115	12	ENVX-EST	Combination	Min	2.75	-264.1036
	PB	C115	12	ENVY-EST	Combination	Min	2.75	-264.1036
	PB	C113	10	ENVX-EST	Combination	Min	0	-207.0491
	PB	C113	10	ENVY-EST	Combination	Min	0	-207.0491

Nota. En la imagen se puede observar la carga máxima en la columna C15 que se encuentra en la planta baja. Fuente: Los Autores a través de Etabs (2021).

$$Pu = 265.35 \text{ tf}$$

$$\alpha = 0.25$$

$$Ag = \frac{265.35 * 1000}{200 * 0.25} \text{ cm}^2$$

$$Ag = 5307.02 \text{ cm}^2$$

$$bxh = Ag$$

$$b = h$$

$$b = \sqrt{Ag}$$

$$b = 72.84 \text{ cm}$$

Realizando el procedimiento para todas las columnas tipo se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 57.

**Tabla 57***Dimensiones de columnas calculadas*

<b>Tipo</b>	<b>P (t)</b>	<b>Ag (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>
1	32.12	642.33	25.34	25.34
2	144.80	2896.00	53.81	53.81
3	343.97	6879.40	82.94	82.94
4	152.37	3047.42	55.20	55.20
5	265.35	5307.02	72.85	72.85
6	19.76	395.20	19.88	19.88
7	11.91	238.22	15.43	15.43
8	22.02	440.48	20.99	20.99
9	343.82	6876.49	82.92	82.92
10	7.98	159.58	12.63	12.63

*Nota.* Dimensiones de columnas calculadas con las cargas más crítico obtenido en Etabs.

Elaborado por: Los autores.

De igual manera que en las vigas, para poder apreciar de mejor manera la comparativa entre las dimensiones reales de las columnas reales en la edificación y de las dimensiones calculadas se presenta la tabla 58.

**Tabla 58***Comparación entre dimensiones de columnas calculadas y columnas existentes*

<b>Tipo</b>	<b>Columnas Existentes</b>		<b>Columnas Prediseñadas</b>		<b>Consideración</b>
	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	
1	33	33	30.00	30.00	✓
2	34	48	55.00	55.00	X
3	43	43	85.00	85.00	X
4	48	50	60.00	60.00	X
5	35	45	75.00	75.00	X
6	30	28	30.00	30.00	✓
7	32	19	30.00	30.00	X
8	30	30	30.00	30.00	✓
9	35	35	85.00	85.00	X
10	27	40	30.00	30.00	✓

*Nota.* Dimensiones reales in situ y dimensiones calculadas mínimas de cada columna tipo.

Elaborado por: Los autores.

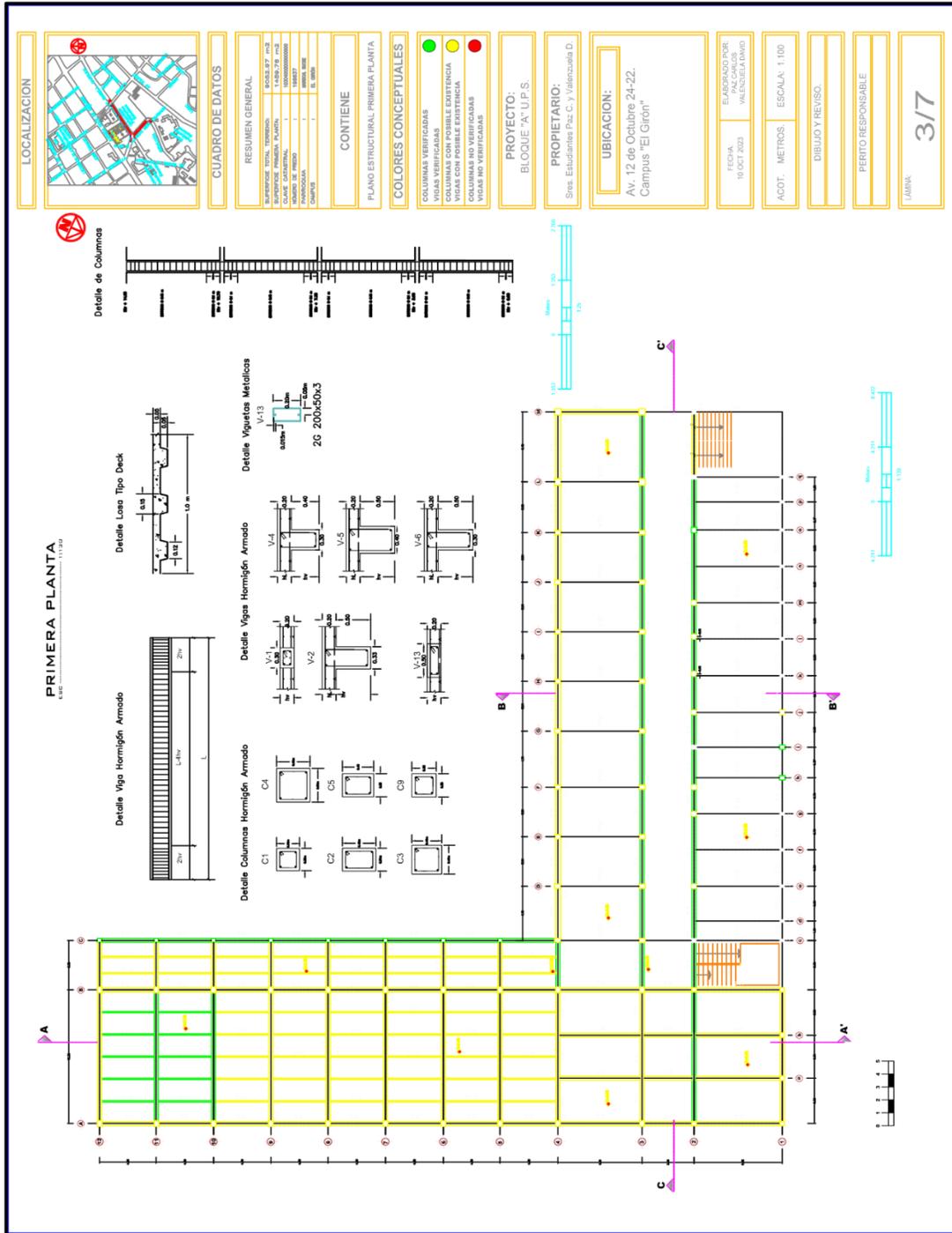




### 6.4.3. Planos estructurales primer nivel

**Figura 94**

Referencia planos estructurales del primer nivel



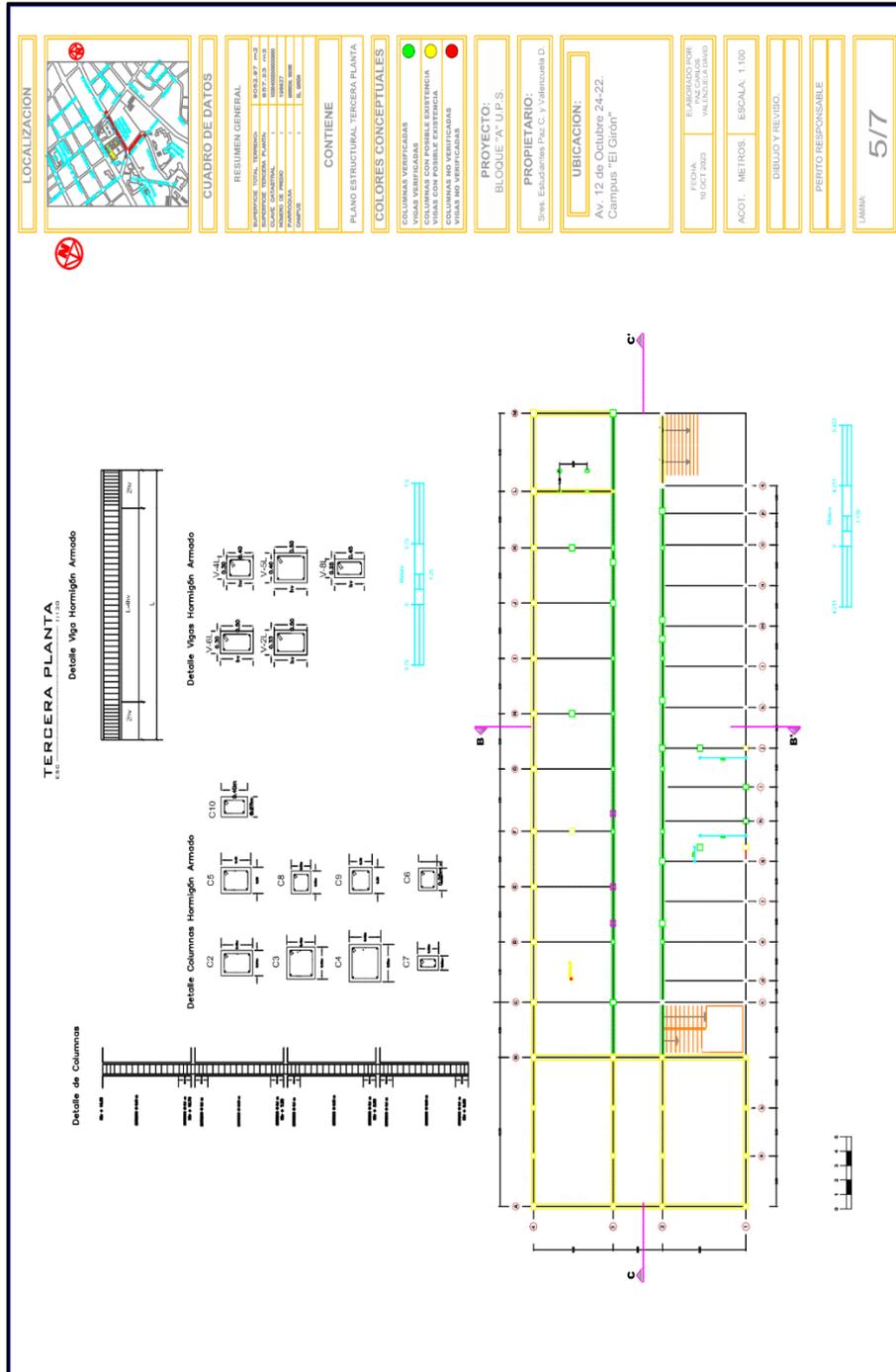
*Nota.* En la figura se observa la referencia de los planos estructurales del primer nivel que se entregó a la universidad. Fuente: Los Autores.



### 6.4.5. Planos estructurales tercer nivel

**Figura 96**

Referencia planos estructurales del tercer nivel

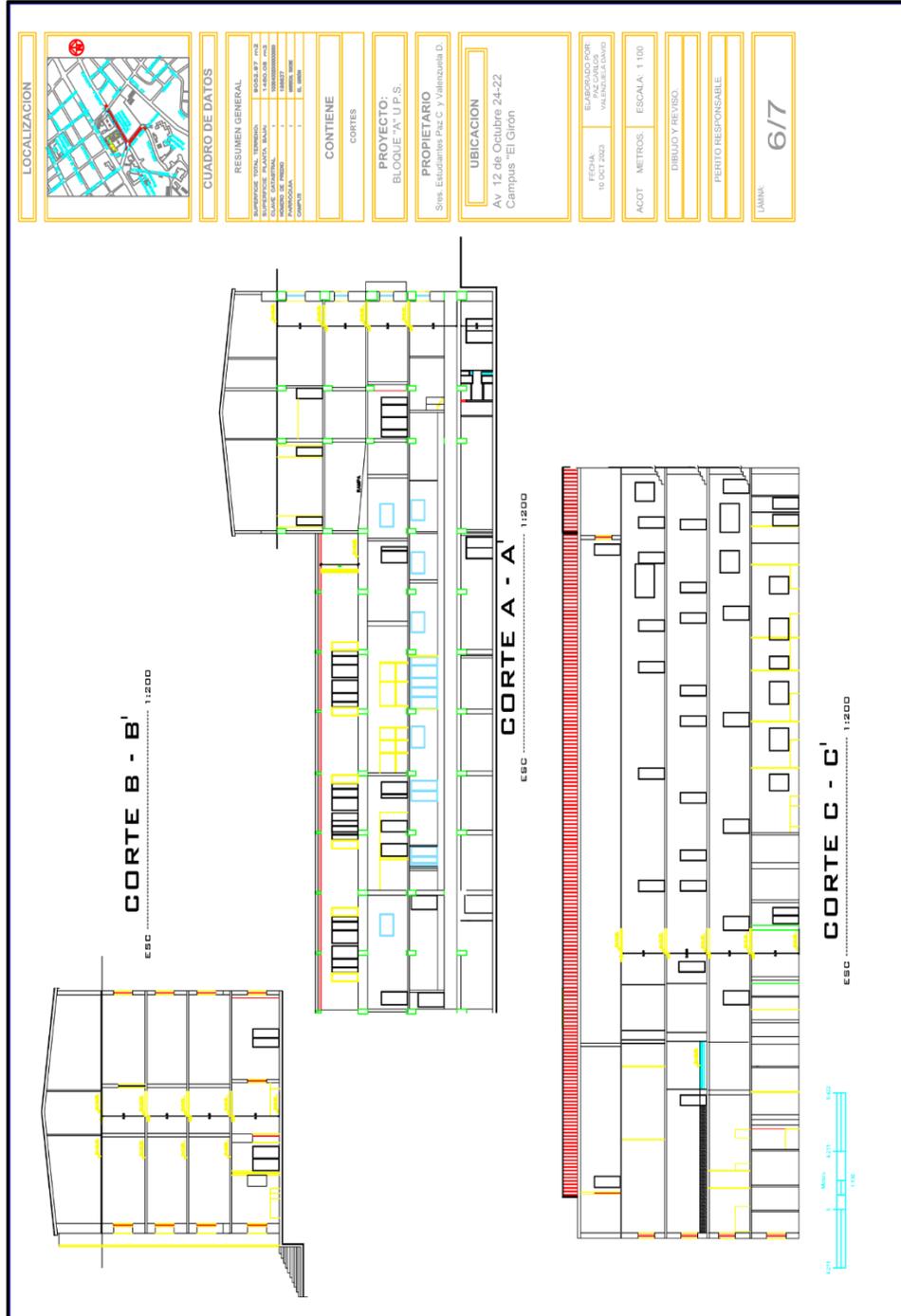


Nota. En la figura se observa la referencia de los planos estructurales del tercer nivel que se entregó a la universidad. Fuente: Los Autores.

### 6.4.6. Planos de cortes

**Figura 97**

*Referencia de planos de cortes*



*Nota.* En la figura se observa los planos de los cortes del 'Bloque A' que se entregó a la universidad. Fuente: Los Autores a través de los planos arquitectónicos de la U.P.S.

6.4.7. Planos de fachadas

Figura 98

Referencia de planos de fachadas



Nota. En la figura se observa los planos de las fachadas del 'Bloque A' que se entregó a la universidad. Fuente: Los Autores a través de los planos arquitectónicos de la U.P.S.

## 6.5. Registro fotográfico del ‘Bloque A’

**Figura 99**

*Viguetas alteradas*



*Nota.* Las imágenes muestran como las viguetas de hormigón han sido alteradas por instalaciones eléctricas e hidrosanitarias en el subsuelo, en el área del comedor del personal de apoyo. Fuente: Los Autores.

**Figura 100**

*Estructura de madera*



*Nota.* En las imágenes se aprecia el techo del cuarto piso, lugar que es utilizado como laboratorio de psicología. Se encuentra conformado por estructura de madera, el piso corresponde al nivel N+ 14.15 m. Fuente: Los Autores.

### Figura 101

*Viga simplemente apoyada en columna*



*Nota.* En las imágenes se aprecia una viga simplemente apoyada que une la parte de la edificación más antigua con la más nueva de la planta baja en el nivel N+ 3.75 m, al lado del ascensor. Fuente: Los Autores.

### Figura 102

*Vigas simplemente apoyadas del segundo piso*



*Nota.* En la imagen se observa dos vigas simplemente apoyadas en la columna que comparten los dos edificios del 'Bloque A' en el nivel N+ 7.55 m, al lado del ascensor. Fuente: Los Autores.

**Figura 103**

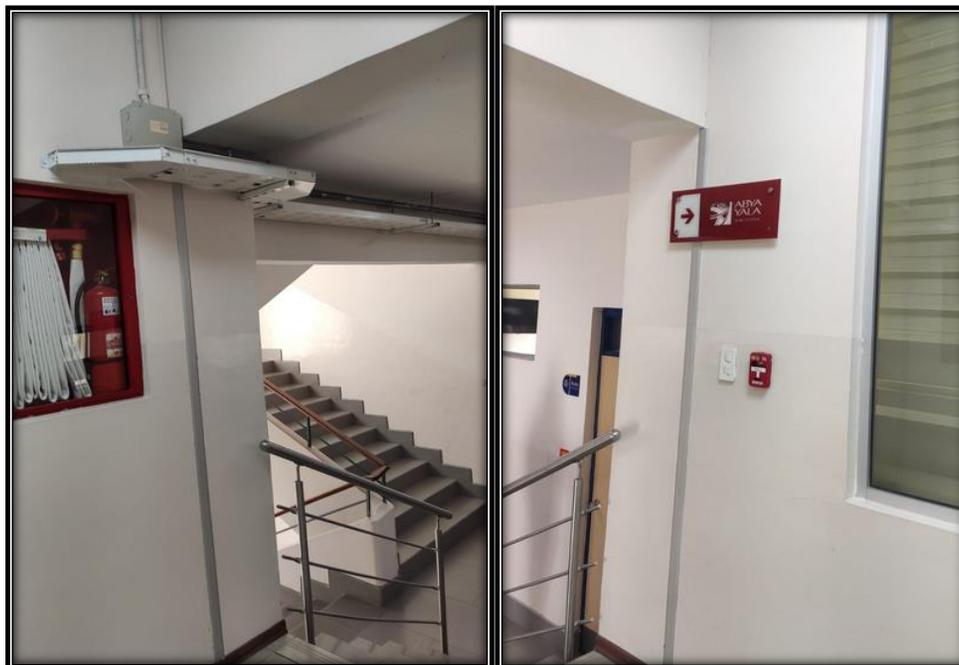
*Junta primer piso lado norte*



*Nota.* En la imagen se observa la junta que delimita la edificación con la parte más nueva del “Bloque A” en el lado norte. Fuente: Los Autores.

**Figura 104**

*Junta lado occidental*



*Nota.* En la imagen se observa la junta que delimita la zona analizada del edificio del “Bloque A” en el lado occidental. Fuente: Los Autores.

**Figura 105**

*Estructura metálica subsuelo secretaria*



*Nota.* En la imagen se pueden apreciar perfiles tipo W de la estructura metálica que da lugar al subsuelo debajo de la secretaria de campus. Fuente: Los Autores.

**Figura 106**

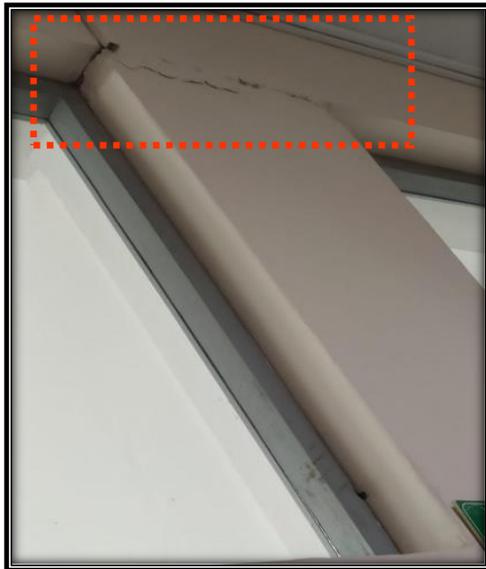
*Estructura metálica laboratorio Mac*



*Nota.* En la imagen se observa la perfilería de la estructura metálica que conforma la losa del primer piso, misma que corresponde al nivel N+ 7.55 m, en el laboratorio Mac en la parte norte de la edificación. Fuente: Los Autores.

**Figura 107**

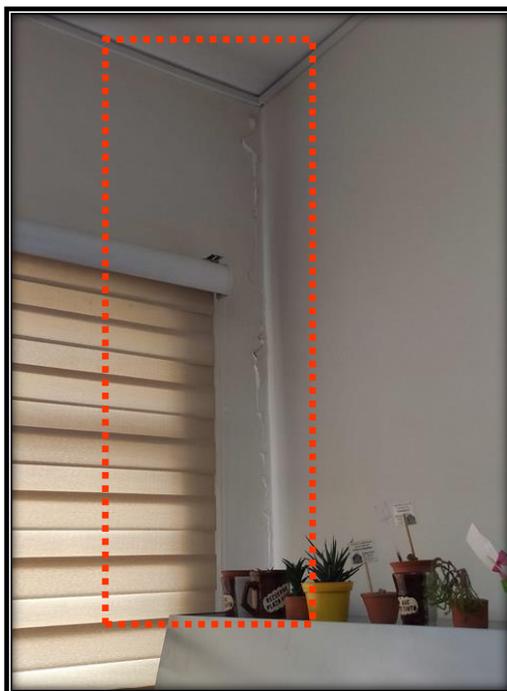
*Fisura en el aula A-34*



*Nota.* Fisura registrada en la unión de la viga con la columna en el aula A34 del tercer piso.  
Fuente: Los Autores.

**Figura 108**

*Fisura en coordinación de admisiones*



*Nota.* Fisura registrada a lo largo de la columna en coordinación de admisiones del primer piso. Fuente: Los Autores.

### **Figura 109**

*Fisura en el aula A-28*



*Nota.* Fisura que se extiende a lo ancho de toda la pared en el Aula A-28 del primer piso.  
Fuente: Los Autores.

### **Figura 110**

*Fisura en bienestar estudiantil*



*Nota.* Fisura que se extienden en la unión de la losa y la mampostería del departamento de bienestar estudiantil en planta baja. Fuente: Los Autores.

### **Figura 111**

*Fisura en el pasillo del ascensor del segundo piso*



*Nota.* Fisura reparada que se extiende en la pared del pasillo que lleva al ascensor del segundo piso. Fuente: Los Autores.

### **Figura 112**

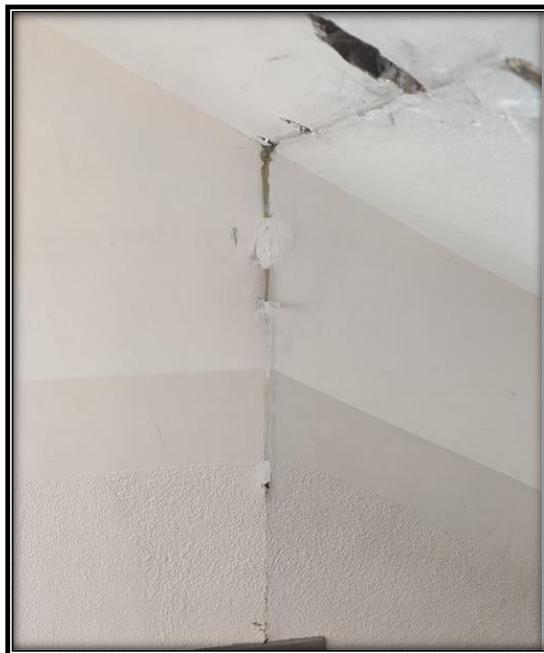
*Fisura en secretaria*



*Nota.* Fisura en una viga acartelada de la zona de secretaria en la planta baja. Fuente: Los Autores.

**Figura 113**

*Fisura en gradas*



*Nota.* Fisura en las gradas que llevan del primer piso al segundo piso. Fuente: Los Autores.

**Figura 114**

*Fisura en mampostería de gradas*



*Nota.* Fisura que se prolonga desde la losa a lo largo de toda la pared en el descanso de las escaleras hacia el segundo piso. Fuente: Los Autores.

**Figura 115**

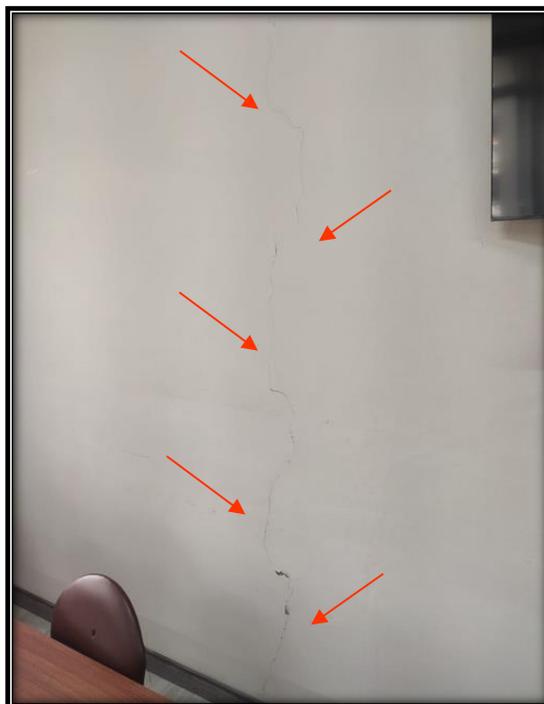
*Fisura en baño*



*Nota.* Fisura que se prolonga en losa, viga y columna en el baño del segundo piso. Fuente: Los Autores.

**Figura 116**

*Fisura pared aula A8*



*Nota.* Fisura que se prolonga a lo alto de la pared donde está anclada la televisión en el aula A8. Fuente: Los Autores.

**Figura 117**

*Fisura en losa de la sala de docentes*



*Nota.* Fisura que se prolonga en la unión entre la losa y la pared de la sala de docentes en el segundo piso. Fuente: Los Autores.

**Figura 118**

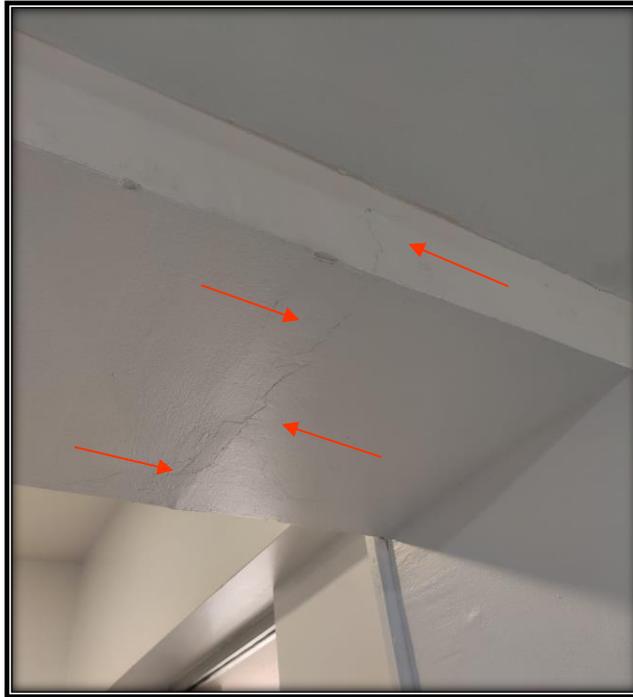
*Fisura entre techo y viga*



*Nota.* Fisura que se prolonga en la unión entre el techo de madera y la viga de la sala de docentes 8A del tercer piso. Fuente: Los Autores.

**Figura 119**

*Fisura de viga*



*Nota.* Fisura transversal en viga que se encuentra cerca de la rampa del segundo nivel.  
Fuente: Los Autores.

**Figura 120**

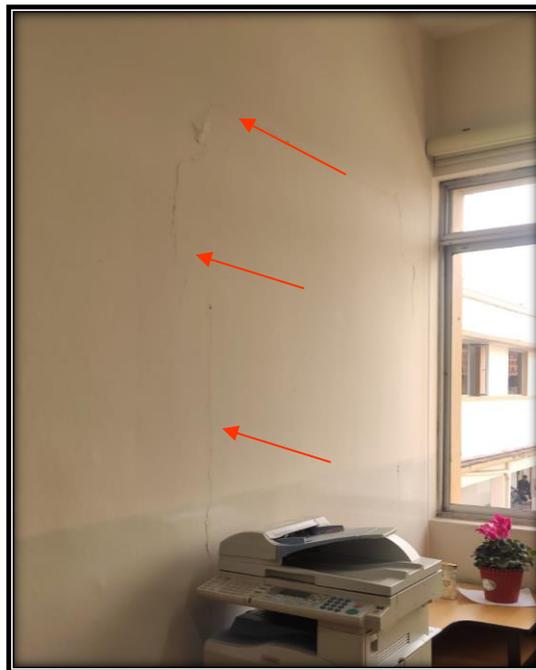
*Losas destruidas*



*Nota.* En la imagen se pueden observar las alteraciones han sufrido las losas debido a las instalaciones sanitarias. Fuente: Los Autores.

### Figura 121

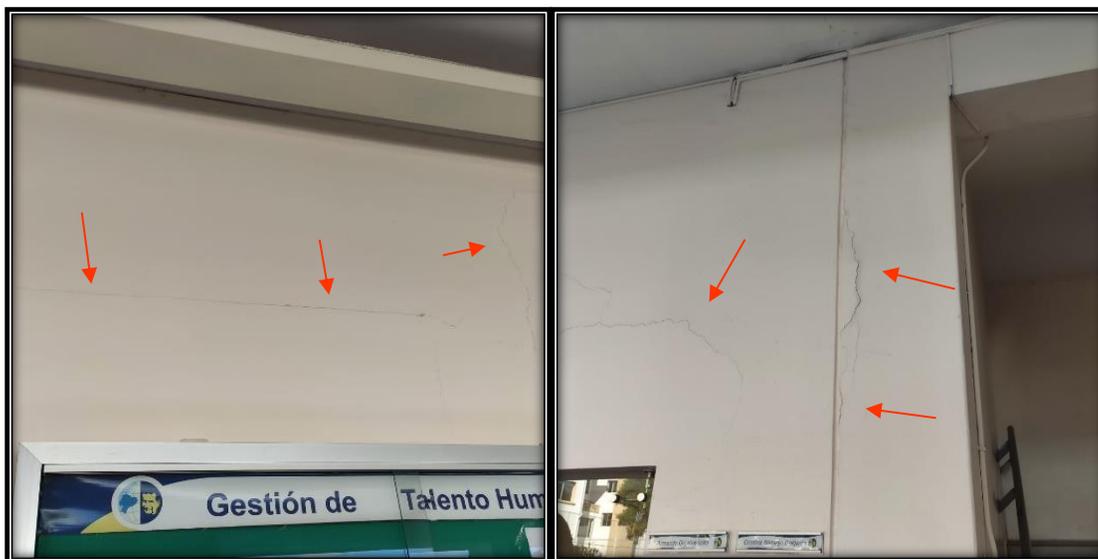
*Fisura de columna y pared*



*Nota.* Fisura en columna y en pared de una oficina de docentes del segundo nivel. Fuente: Los Autores.

### Figura 122

*Fisura en columna y pared de pasillo*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar la fisura en la pared en la pared del pasillo que continúa hasta la fisura en una columna de borde. Fuente: Los Autores.

### Figura 123

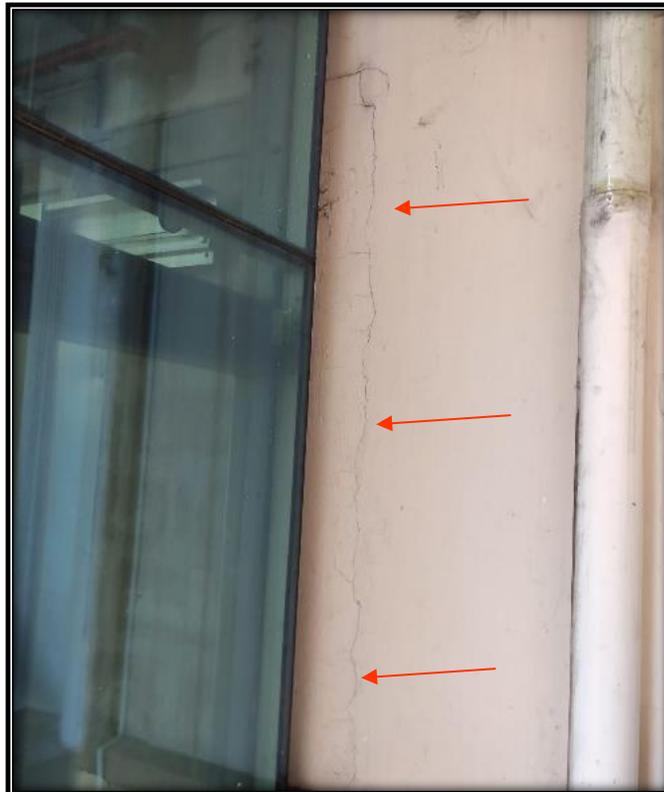
#### *Irregularidad en columnas*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar columnas de grandes dimensiones que no llegan hasta la losa y columnas de varios tamaños que distan asimétricamente en una sola pared. Condición que solo se presenta en el tercer nivel. Fuente: Los Autores.

### Figura 124

#### *Fisura en mampostería cerca del ascensor*



*Nota.* En la imagen se puede observar una fisura posiblemente generada debido al movimiento del ascensor. Fuente: Los Autores.

**Figura 125**

*Fisuras en mampostería de secretaría*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar fisuras que se han generado en la mampostería del área de secretaría en la planta baja Fuente: Los Autores.

**Figura 126**

*Agrietamiento en losa*



*Nota.* En la imagen se puede observar varias fisuras que se encuentran en la losa de la oficina de docentes del primer piso. Fuente: Los Autores.

## CONCLUSIONES

Después de haber evaluado al edificio de estudio a través de los formularios de análisis propuestos por la FEMA P-154, NEC Y MIDUVI, se obtuvieron calificaciones por debajo del valor mínimo propuesto por dichos formularios, esto nos pone en evidencia los serios problemas de irregularidad tanto en planta como elevación que tiene la estructura, esto motiva a realizar evaluaciones estructurales más profundas con la intención de corroborar que la estructura sea segura o si necesita algún tipo de reforzamiento estructural.

Existen varias columnas que no presentan continuidad a lo alto de toda la edificación, tal es el caso que en el último nivel existen varias columnas que si se las proyecta hacia abajo estarían ubicadas en la mitad de los pasillos, aulas u oficinas. Además, estas columnas tienen diferentes dimensiones y no presentan simetría en su ubicación como se puede observar en el registro fotográfico y en los planos estructurales que se elaboró sobre el 'Bloque A'.

Debido a la antigüedad del edificio de estudio, a la falta de conocimiento de los procesos constructivos que se llevaron a cabo y el tipo de material que se utilizó, nos limitamos a extraer un total de 9 núcleos de hormigón de la superestructura del 'Bloque A' de elementos como losas, vigas y columnas. Se obtuvieron valores de resistencia a la compresión del hormigón desde los 10.85 MPa hasta los 30.25 MPa. Los valores de resistencia a la compresión en el hormigón que nos entregó el ensayo realizado con el esclerómetro comprenden valores que van desde los 23.4 MPa hasta los 29.3 MPa, esto nos ayuda a corroborar los datos obtenidos de los ensayos hechos a los núcleos de hormigón extraídos y a su vez es señal de que el edificio de estudio se encuentra conformado de un hormigón apto para sus usos.

En el núcleo de hormigón que se extrajo del muro de contención del subsuelo, se obtuvo un valor de resistencia a la compresión en el hormigón de 143.83 MPa. Cabe recalcar que el elemento que se extrajo no tenía presencia de agregados gruesos en su interior, además se presume que la elevada resistencia podría haberse dado por un proceso de carbonatación lo que provoca que la muestra ensayada genere una muy elevada resistencia.

Al momento de realizar los análisis preliminares con el pachómetro, se detectó que todos los elementos estructurales analizados tenían presencia de acero en su interior, sin embargo, la separación que tenían los estribos en los elementos como columnas y vigas no era la adecuada ya que no se constataron distancias coherentes y constantes. Esto nos pone en evidencia que la mano de obra y los procesos constructivos que se utilizaron para la elaboración del edificio no fueron los adecuados, estas podrían ser las razones de las innumerables fisuras y patologías que se detectaron y se pueden visualizar en el registro fotográfico, análisis preliminares y modelamiento en ETABS.

En el registro fotográfico adjunto podemos observar los innumerables agrietamientos y fisuras que se encuentran en la superestructura del 'Bloque A', cabe recalcar que gran parte de estas fisuras fueron reparadas meses atrás, y a pesar de ello, debido a las sollicitaciones de fuerzas a las que está expuesta a diario la estructura, aparecieron nuevos agrietamientos.

El 'Bloque A' presenta dos modificaciones importantes en su estructura, la primera es la ampliación del subsuelo debajo de la secretaría del Campus, esta modificación se dio hace aproximadamente 15 años y está elaborada con estructura metálica, cabe mencionar que no se encontró información con respecto al proceso constructivo y los planos estructurales del subsuelo. Una gran duda que genera esta remodelación es como se conectó la superestructura con la infraestructura del edificio ya que antes de la ampliación no existía dicho espacio para el subsuelo.

Debido a la necesidad de espacio para los laboratorios de la Carrera de Psicología, se dio lugar a la segunda modificación importante en el último nivel del lado occidental del 'Bloque A', específicamente debajo de la cubierta (Palomar). El dato interesante en este apartado es que el tercer nivel no tiene vigas ni una losa de hormigón armado que soporte toda la carga muerta y carga viva generada por los ocupantes de este espacio y por la cubierta de madera del edificio. Todo este lugar está sostenido por una estructura de madera tipo cercha con elementos de madera conocidos como 'pingos'. Estos elementos no cuentan con los cálculos adecuados para el tipo de uso que se les da y en un principio fueron utilizados con la intención de ser solamente un techo para el edificio.

En el subsuelo que está destinado a ser el comedor del personal de apoyo de la institución, se registró la presencia de vigas de hormigón armado, hay que recalcar que dichas vigas no tienen refuerzo de acero. Las vigas tienen unas medidas de 10 cm de ancho por 20 cm descolgadas, a su vez, estas vigas fueron perforadas para poder pasar a través de ellas las instalaciones eléctricas y sanitarias como se puede observar en la figura 92 del registro fotográfico.

Se elaboraron los planos estructurales del 'Bloque A' los cuales serán entregados a la universidad en formato dwg. Es importante recalcar que por motivos físicos, no se pudo verificar la existencia de ciertos elementos ya que se dificultaba el acceso a los mismos. Sin embargo, habiendo hecho un levantamiento exhaustivo de información, y basándonos en la escasa simetría del edificio, pudimos elaborar los planos estructurales lo más fieles a la realidad. En los planos estructurales que se elaboró consta un semáforo de interpretación con colores verde (para elementos estructurales verificados), amarillo (para elementos estructurales con un alto porcentaje de certeza en su existencia) y rojo (para elementos estructurales con un mediano nivel de certeza

en su existencia). También es importante recalcar que a pesar de haber ido a la administración zonal a la que pertenece la institución, no se pudo encontrar los planos estructurales originales, además, se buscó información en la Inspectoría Salesiana y el Archivo Nacional del Ecuador sin éxito de encontrar los planos estructurales con los que fue construido el edificio de estudio.

Del análisis de participación de masa obtenida del ETABS, pudimos observar que para el primer modo de vibración se evidencia un comportamiento casi total de traslación en dirección del eje Y debido a que se tiene una participación de masa de 84.19 %, además, se tiene un comportamiento de torsión casi nulo con valor de 0.03 % debido a que el edificio tiene una mayor rigidez en el eje X comparado con el eje Y. El segundo modo presentó una participación de masa del 39.26 % en dirección del eje X y con un comportamiento de torsión considerable del 41.13 %. Esto significa que en este modo se tiene la mayor influencia torsional con respecto al tercer modo, el cual presenta una torsión con un valor de 36.48%. Sin embargo, el último modo presenta un comportamiento traslacional mayor a los dos modos anteriores con un 53.56% en el eje X.

El gráfico de la distribución vertical de fuerzas laterales en el edificio tiene una forma irregular entre el primer nivel y segundo nivel de la estructura como se observa en las figuras 74 y 75, esto se debe a la concentración de masas que se presentan en los niveles mencionados. Esta peculiaridad está estrechamente relacionada al tamaño de las paredes que concentran una mayor cantidad de masa con respecto a la planta baja y el tercer nivel de la estructura. Como se ha observado, el último nivel del edificio ni siquiera tiene una losa y su cubierta está constituida por una cercha de madera, a diferencia del primer y segundo nivel los cuales concentran la mayor cantidad de masa debido a sus elementos estructurales de gran volumen construidos en hormigón armado y a la mampostería que está hecha de ladrillo.

## RECOMENDACIONES

En el lado occidental del edificio no se pudo detectar vigas peraltadas, específicamente hablando sobre el primero y segundo nivel. Sin embargo, cuando se llevó a cabo la extracción de núcleos de hormigón se realizó una perforación en la losa del segundo nivel, lo que nos entregó como resultado que en dicha losa el grosor era de aproximadamente 12 cm. Habiendo hecho esta aclaración, es difícil pensar que puedan existir vigas banda ya que las luces entre columnas y vigas son elevadas, todo esto junto a la razón de que no se detectaron vigas peraltas es motivo para llevar a cabo un estudio más minucioso sobre las losas del primero y segundo nivel.

Una vez llevado a cabo el predimensionamiento de las vigas, se tomó la decisión de sugerir las dimensiones mínimas para las vigas tipo 10, 11, 4, 3, y 12 como se presenta en la tabla 53. Principalmente hay que tener en cuenta las dimensiones propuestas para las vigas tipo 13, y tipo 1 ya que no se pudo corroborar su existencia, en el caso que las dos últimas vigas en mención sean embebidas en la losa (vigas banda), hay que considerar seriamente modificar sus dimensiones con la intención de que puedan resistir las cargas ante las que están expuestas.

Después de haber llevado a cabo el predimensionamiento las columnas basándonos en los datos obtenidos a través del ETABS, sabemos que las columnas tipo 2, 3,4, 5, 7 y 9 deberían tener al menos las dimensiones mínimas que se presenta en la tabla 56 con el objetivo de que puedan resistir las solicitaciones de cargas mínimas que exige la NEC en su capítulo NEC-SE-DS.

En el tercer nivel del lado occidental del edificio existen tres elementos similares a una columna, estos elementos se ubican sobre el eje 3, entre el eje D y el eje G según los planos estructurales y se pueden observar en la figura 106 del registro fotográfico. Dichos elementos no cumplen ninguna función estructural ya que por su altura se deduce que no soportan la carga de

ninguna losa ni viga, motivo por el cual deducimos que lo único que se produce debido a estos elementos es una carga puntual sobre la viga V-7 y la losa de la segunda planta. Esta razón es motivo por el cual hemos decidido recomendar que se remuevan dichos elementos ya que no cumplen ninguna función estructural y solo generan una carga puntual muy elevada.

Hablando sobre las derivas de piso, el desplazamiento lateral en dirección del eje 'X' que se presenta en el edificio es menor que el 2 % con un valor de 1.55 % en el primer nivel. Sin embargo, en dirección del eje 'Y', el desplazamiento lateral excede el máximo propuesto por la NEC con un valor del 3 %, esto significa que en el caso que se produzca un movimiento en dirección del eje 'Y', la estructura podría tener un desplazamiento de hasta 6.40 cm entre el primer nivel y el segundo nivel del edificio. Este desplazamiento podría tener un impacto negativo considerable ya que es excesivo, motivo por el cual más adelante se podrían hacer análisis más minuciosos para generar propuestas que ayuden a mitigar el desplazamiento excesivo del edificio.

Enfocándonos en los tres modos de vibración fundamentales, se observó que los valores más críticos que generan torsión se presentan en el segundo y tercer modo de vibración debido al porcentaje de participación de masa, la concentración de PPM en el segundo modo de vibración es del 39.26 %, motivo por el cual, incluso se genera más torsión que el tercer modo de vibración el cual es netamente alrededor del eje 'Z' como se observa en la tabla 53. Uno de los aspectos más importantes para tener en cuenta podría ser la redistribución de masas o el diseño de elementos que puedan minimizar estos efectos de torsión, esto se podría lograr considerando la colocación de muros en sitios estratégicos que puedan reducir el comportamiento torsional. Estos valores generan inquietud y dan paso a la necesidad de recomendar un análisis más minucioso de estrategias específicas que ayuden a contrarrestar la torsión en la estructura.

## REFERENCIAS

- Aguiar, R. (2017) Microzonificación sísmica de Quito, Segunda Edición [Tesis de doctorado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manta]. Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción – Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.  
[https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/277305703\\_Microzonificacion\\_Sismica\\_de\\_Quito/links/59a988690f7e9bdd114ac115/Microzonificacion-Sismica-de-Quito.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/277305703_Microzonificacion_Sismica_de_Quito/links/59a988690f7e9bdd114ac115/Microzonificacion-Sismica-de-Quito.pdf)
- Aguiar, R. (2010). Peligrosidad sísmica del Ecuador y descripción de los puentes construidos sobre el estuario del río Esmeraldas, con aisladores de base FPS. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 15.  
<https://ia601309.us.archive.org/17/items/Art04EcuadorNew/Art%2004%20Ecuador%20new.pdf>
- American Concrete Institute. (2019). Requisitos del código para Evaluación, Reparación y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Existentes (ACI 562-19).  
<https://es.scribd.com/document/559220624/ACI-562-ES>
- American Concrete Institute. (2014). *Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia en hormigón* (ACI 214R-11).  
[https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/214RS-11\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/214RS-11_preview.pdf).
- American Concrete Institute, (2014). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14) y comentario (ACI 318SR-14)*.  
[https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci\\_318s\\_14\\_en\\_espanol.pdf](https://civilshare.files.wordpress.com/2016/07/aci_318s_14_en_espanol.pdf)

- American Society of Civil Engineers. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (ASCE/SEI 41-17).  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15247/ASCE%2041-13.pdf>
- Archivo Histórico Salesiano (s.f.). *Instituto superior técnico salesiano* - [Imagen]. Archivo fotográfico
- Arnal, E. y Epelboim S. (1984). *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones*.  
[https://www.academia.edu/7871713/Manual\\_para\\_el\\_Proyecto\\_Estructuras\\_de\\_Concreto\\_Armado\\_de\\_Mindur](https://www.academia.edu/7871713/Manual_para_el_Proyecto_Estructuras_de_Concreto_Armado_de_Mindur)
- ASTM International. (2018). *Standard test method for rebound number of hardened concrete* (ASTM C805M). [https://www.doi.org/10.1520/C0805\\_C0805M-18](https://www.doi.org/10.1520/C0805_C0805M-18)
- ASTM International. (2020). *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete* (ASTM C42). [https://www.doi.org/10.1520/C0042\\_C0042M-20](https://www.doi.org/10.1520/C0042_C0042M-20)
- ASTM International. (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens* (ASTM C39). [https://www.doi.org/10.1520/C0039\\_C0039M-21](https://www.doi.org/10.1520/C0039_C0039M-21)
- Asturias, A. (16 de octubre de 2015). *Practica No.9 Pruebas de compresión en cilindros de concreto*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/288819166/Practica-No-9-Pruebas-de-Compresion-Con-Cilindros-de-Concreto-docx-1>
- Autodesk. (2023). *AutoCAD*. <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>

- Blanco, M (2012), Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente, *Revista Facultad de ingeniería civil de la facultad de ingeniería universidad central de Venezuela*, 27,(3), 071-084 [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652012000300008&script=sci\\_abstract](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652012000300008&script=sci_abstract)
- Cañizares, F, & Singaicho, J. C. (2018). Equations of Attenuation Compatible with the Quito Fault System GMPEs. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23(2), 209–226 [https://ia801003.us.archive.org/18/items/Articulo9\\_201807/Art%C3%ADculo%20%209.pdf](https://ia801003.us.archive.org/18/items/Articulo9_201807/Art%C3%ADculo%20%209.pdf)
- Cañizares, F, & Singaicho, J. C. (2018). *Falla inversa en la ciudad de Quito* [Imagen]. [https://ia801003.us.archive.org/18/items/Articulo9\\_201807/Art%C3%ADculo%20%209.pdf](https://ia801003.us.archive.org/18/items/Articulo9_201807/Art%C3%ADculo%20%209.pdf)
- Cetrangolo, G. (2017). *Ensayos no destructivos aplicados a la caracterización de estructuras y materiales de construcción* [Tesis de doctorado, Universidad de la República de Uruguay]. Repositorio Institucional – Universidad de la República de Uruguay.
- Ching, F. D. K., & Adams, C. (2014). *Building construction illustrated*. John Wiley & Sons. Library of Congress. [https://archive.org/details/FrancisD.K.ChingBuildingConstructionIllustratedWiley2014\\_201606/page/n5/mode/2up](https://archive.org/details/FrancisD.K.ChingBuildingConstructionIllustratedWiley2014_201606/page/n5/mode/2up).
- Construyored. (2021). *Pachómetro: detección de acero* [Imagen]. Archivo digital. <https://construyored.com/oportunidades/8724-pachometro-deteccion-de-acero>.
- Construmática. (2010, 13 de abril). *Grietas en fábricas vistas*. [https://www.construmatica.com/construpedia/Grietas\\_en\\_Fábricas\\_Vistas](https://www.construmatica.com/construpedia/Grietas_en_Fábricas_Vistas)
- Cotecno. (2023). *Extracción de núcleos de hormigón* [Imagen]. Archivo digital. <https://www.cotecno.cl/extraccion-de-nucleos-de-hormigon/>.

- CSI Spain, (2023). *ETABS* (Versión 2021) [Software]. Disponible en CSI Spain.  
<https://www.csiespana.com/software/5/etabs>
- CST Thailand (s.f.). *Rebound Concrete test Hammers – MATEST C380*. [Imagen].  
[https://www.cst.co.th/images/column\\_1403758636/C380\\_compressed.pdf](https://www.cst.co.th/images/column_1403758636/C380_compressed.pdf)
- Diconcijiivilles. (s.f.). Mampostería. [Imagen]. Archivo digital.  
<https://constructoradiconciviles.weebly.com/momposteria.html>
- Ecured. (2011, 20 de octubre). *Pachómetro*. <https://www.ecured.cu/Pach%C3%B3metro>.
- Federal emergency management agency. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (FEMA P-154).  
[https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquakes\\_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf)
- Fiksel, J. (1996). *The design of design: Essays from a computer scientist*. Addison-Wesley Professional. Pearson Education, Inc. [0321702042.pdf \(lagout.org\)](https://lagout.org/0321702042.pdf)
- González, E., & Alloza, M. (2012). *Materiales de Construcción*. <https://docplayer.es/37428491-Materiales-de-construccion.html>.
- Guía Popular de Construcción Simo Resistente, 86 (1976)  
<https://construccionese.files.wordpress.com/2020/01/guia-de-construccion-inen.pdf>
- Hernández, J., Orozco, A. R., Almanza, D., y Montoya, J. (2018). Relación entre resistencia a compresión en cilindros de concreto y los rebotes con esclerómetro digital. *Ingeniare*, vol. 17, no. 22, pp. 59-68.  
[https://www.researchgate.net/publication/326677723\\_Relacion\\_entre\\_resistencia\\_a\\_compresion\\_en\\_cilindros\\_de\\_concreto\\_y\\_los\\_rebotes\\_con\\_esclerometro\\_digital](https://www.researchgate.net/publication/326677723_Relacion_entre_resistencia_a_compresion_en_cilindros_de_concreto_y_los_rebotes_con_esclerometro_digital).

- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales* (8th ed.). Pearson Educación.  
<https://dokumen.tips/engineering/mecanica-de-materiales-russell-c-hibbeler.html?page=6>
- Hicks, Tyler G., ed. (2016). *Handbook of Civil Engineering Calculations*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Education.  
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781259586859>
- Matest, (2023). *Concrete test hammer C380* [Imagen]. <https://www.matest.com/es/producto/c380-concrete-test-hammer>
- Máximo, P. R. (s.f.). Los sismos y su efecto sobre las estructuras [archivo PDF].  
[http://emas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/ciencias/resources/LocalContent/48/2/Divulgacionfebrero07.pdf](http://emas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/ciencias/resources/LocalContent/48/2/Divulgacionfebrero07.pdf)
- Mercadoyempresas (s.f.). Construcción de viviendas con mampostería de bloques de hormigón. [Imagen]. Archivo digital. <https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=90>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2020). *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones de propiedad del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.-Manual\\_procedimiento\\_evaluacio%CC%81n\\_edificaciones\\_MIDUVI.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/0.-Manual_procedimiento_evaluacio%CC%81n_edificaciones_MIDUVI.pdf)
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., Camicon. (2014). *Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras* (NEC-SE-RE). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/6.-NEC-SE-RE-Riesgo-sismico.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., Camicon. (2014). Cargas (No sísmicas) (NEC-SE-RG). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SE-CG-Cargas-No-Sismicas.pdf>

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., Camicon. (2014). *Peligro sísmico, Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS)*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., Camicon. (2014). *Peligro sísmico, Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-HM)*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras (NEC-15)*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION.pdf>
- Morales, M., & Martínez, K. (2012). *Reacción Alcalina-Agregado*. [Imagen]. <https://es.slideshare.net/moralesgaloc/reaccin-lcali-agregado-en-el-concreto>
- Muñoz, L. (2015). *Los mejores consejos para el diseño de muros en edificaciones*. [Imagen]. Archivo digital. <https://infobasicingcivil.blogspot.com/2020/02/generalidades-para-el-diseno-de-muros.html>
- Pujol. (s.f.). *Pórtico de hormigón armado* [Imagen]. Archivo digital. <https://www.archiexpo.es/prod/pujol/product-89366-1447649.html>
- Rojas, D. (2014.). *Mampuestos*. [Imagen]. Archivo digital. <https://es.slideshare.net/TCAUGC/mampostera-estructural>
- Segeer, M. (2010, 30 de abril). *Los cuándo, por qué y cómo de las fisuras en el hormigón endurecido: fisuración por contracción térmica inicial*. AAHE. <https://hormigonelaborado.com/los-cuando-por-que-y-como-de-las-fisuras-en-el-hormigon-endurecido-fisuracion-por-contraccion-termica->

[inicial/#:~:text=La%20fisuraci%C3%B3n%20por%20contracci%C3%B3n%20t%C3%A9rmica,que%20la%20parte%20m%C3%A1s%20caliente.](#)

Silva, C. S., Monteiro, E. C. B., Santos, M. S. C., Andrade, T. W. C. O., Soares, W. A., Neves, D. C. M. (2021), "*Procedimientos de recuperación en fundaciones por problemas de reacción álcali/agregado. Investigación documental*", Revista ALCONPAT, 11 (2), pp. 124 – 145.  
<https://doi.org/10.21041/ra.v11i2.490>

Silveira, P. (2020). *Ensaio com esclerômetro* [Imagen]. ResearchGate.  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Ensaio-com-esclerometro\\_fig2\\_316362216](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Ensaio-com-esclerometro_fig2_316362216)

Slideshare. (2017). *Consideraciones sísmicas en estructuras* [Imagen]. Archivo digital.  
<https://es.slideshare.net/DJVIELMA/consideraciones-sismicas-en-estructuras#13>

Souza, J. C. (2021). ArchDaily. *¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón?*.  
<https://www.archdaily.cl/cl/880210/que-significan-las-grietas-en-las-estructuras-de-hormigon>

Tarancon, J. E. (2005). *La construcción del edificio: Método analítico y método sintético*. Ensayos de Arquitectura Contemporánea, 85-91.

Taranath, B. S. (2012). *Structural Analysis and Desing of Tall Buildings*. CRC press.  
[https://books.google.com.cu/books?id=PXnRBQAAQBAJ&pg=PR21&hl=es&source=gb\\_s\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.cu/books?id=PXnRBQAAQBAJ&pg=PR21&hl=es&source=gb_s_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)

Theurer, M. M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. Ingeniería, 21(2), 55–64. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46753192005.pdf>

- Toirac, J. (2004). Patología de la construcción. Grietas y fisuras en obras de hormigón. *Origen y prevención. Ciencia y Sociedad*, 29(2), 72-114.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>
- Toirac, J. (2004). *Fisura por corrosión de armaduras* [Imagen].  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>
- Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman. (2023). *Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman*. <https://spellman.edu.ec/index.php/joomla-pages-2/2016-11-28-17-09-06/historia>
- Vasco, P. (2016). *Sismo resistencia en edificios de hormigón y acero para zonas de alta peligrosidad sísmica en el ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato].  
Repositorio Institucional – Universidad Técnica de Ambato.
- Vásquez, I. (2020). *¿Qué significa concreto fisurado en el diseño de anclaje?*. Ask Hilti.  
<https://ask.hilti.com.pa/article/que-significa-concreto-fisurado-en-el-diseno-de-anclaje-aclaremos-esto-de-una-vez-por-todas/8hy2ez>