



Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución

Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca

Loren Julieth Triana Segura

Laura Daniela Ramírez Cruz

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Especialización en Patología e Intervención de las Construcciones

Junio de 2024

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución  
Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca

Loren Julieth Triana Segura

Laura Daniela Ramírez Cruz

Monografía presentado como requisito para optar al título de Especialista en Patología e  
Intervención de las Construcciones

Asesor(a)

Mag. María Claudia Vera Guarnizo

Ing. Jackson Erminzul Monroy Gutiérrez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Especialización en Patología e Intervención de las Construcciones

Junio de 2024

### Hoja de Aprobación

El trabajo de grado titulado **“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca”**, presentado por Loren Julieth Triana Segura y Laura Daniela Ramírez Cruz, en cumplimiento como requisito para optar al Título de Especialista en Patología e Intervención de las Construcciones.

Fue \_\_\_\_\_, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad, por el director del proyecto y por el jurado correspondiente:

**Jurado No. 1.** \_\_\_\_\_

**Jurado No. 2.** \_\_\_\_\_

**Jurado No. 3.** \_\_\_\_\_

Girardot – Cundinamarca, 05 de junio de 2024.

## Dedicatoria

A nuestra familia

“Ha sido un año diferente lleno de retos y sacrificios, pero con la confianza intacta de que por más difícil que puedan ser el camino y aunque a veces pensemos rendirnos, siempre tendremos nuestros faritos de luz para guiarnos y no desfallecer.

Gracias por ser la fuente de motivación para salir adelante y querer cada día más superar nuestros miedos y alcanzar nuevos sueños hacia un futuro mejor, en pocas palabras por ser nuestro apoyo incondicional y el pilar en nuestras vidas.”

### **Agradecimientos**

Primeramente, damos gracias a Dios por cuidar y proteger nuestro camino y permitirnos alcanzar un peldaño más en la vida.

A cada uno de los docentes que participaron en este proceso, por impartir sus conocimientos con dedicación, gracias por su guía y consejos para nuestro trayecto profesional.

A nuestros compañeros de especialización por que pasaron de ser desconocidos a convertirse en nuestros amigos, gracias por los conocimientos compartidos por las risas, los disgustos y en general el tiempo compartido.

Por último, a la Institución Educativa Nuevo Horizonte y a la administración municipal del municipio de Girardot – Cundinamarca, por permitirnos utilizar su infraestructura educativa para el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

## Contenido

<b><i>Lista de Tablas</i></b> .....	<b>8</b>
<b><i>Lista de Figuras</i></b> .....	<b>10</b>
<b><i>Lista de Anexos</i></b> .....	<b>13</b>
<b><i>Resumen</i></b> .....	<b>14</b>
<b><i>Abstract</i></b> .....	<b>15</b>
<b><i>Introducción</i></b> .....	<b>16</b>
<b><i>Planteamiento del Problema</i></b> .....	<b>18</b>
Descripción del Problema .....	18
Formulación del Problema.....	21
Estructura del Problema .....	21
<b><i>Objetivos</i></b> .....	<b>23</b>
Objetivo General .....	23
Objetivo Específicos .....	23
<b><i>Justificación</i></b> .....	<b>24</b>
<b><i>Alcance y Limitaciones</i></b> .....	<b>26</b>
<b><i>Marco de Referencia</i></b> .....	<b>27</b>
<b><i>Antecedentes</i></b> .....	<b>27</b>
<b><i>Marco Teórico</i></b> .....	<b>31</b>
Patología Estructural .....	31
Causas de la Patología .....	32
Métodos de Inspección y Diagnóstico .....	33
Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones .....	36
Factores que Inciden en la Vulnerabilidad Sísmica .....	37
Efectos sísmicos en las edificaciones .....	39
Análisis Estructural y Geotécnico.....	39
<b><i>Marco Geográfico</i></b> .....	<b>40</b>
<b><i>Marco Conceptual</i></b> .....	<b>42</b>
Fisuras .....	42
Grietas .....	43
Lesiones .....	43
Patología de la construcción .....	44
Pórticos.....	44
Riesgo .....	45
Riesgo sísmico .....	45
Sismo .....	46
Vulnerabilidad sísmica.....	46
<b><i>Marco Legal</i></b> .....	<b>47</b>
<b><i>Metodología de la Investigación</i></b> .....	<b>49</b>
<b><i>Proceso metodológico</i></b> .....	<b>49</b>
Alcance de la Investigación .....	50
Enfoque Metodológico .....	50
Población y Muestra .....	51
Técnicas de Investigación e Instrumentos de Recolección de Datos .....	51
Análisis de información .....	56

Consideraciones Éticas .....	57
<b>Diseño Metodológico .....</b>	<b>57</b>
<b>Fases de la investigación.....</b>	<b>58</b>
<b>Cronograma de la Investigación .....</b>	<b>59</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>60</b>
<b>Identificación y Descripción de las Patologías Existente en el Bloque de Secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte .....</b>	<b>60</b>
Historia Clínica de Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte .....	61
Levantamiento Arquitectónico de la Edificación .....	64
Levantamiento Topográfico de la Edificación .....	65
Patologías Registradas en la Edificación .....	67
<b>Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte.....</b>	<b>75</b>
Caracterización del Suelo.....	75
Ensayo sistema de detección (Ferroscan).....	83
Ensayo de Esclerometría .....	84
Análisis Estructural: NSR-10 y Modelación ETABS .....	85
<b>Potencial de Impacto de la Patología y la Vulnerabilidad Sísmica en la Seguridad y Estabilidad del Bloque de Secundaria .....</b>	<b>112</b>
Descripción de Patologías Generales Según su Causa Principal .....	115
Recomendaciones y Propuesta de intervención .....	127
<b>Conclusiones .....</b>	<b>137</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>140</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>142</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>147</b>

### Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i> .....	57
Tabla 2 <i>Fase 1. Identificación y descripción de patología</i> .....	58
Tabla 3 <i>Fase 2. Análisis de la vulnerabilidad sísmica</i> .....	58
Tabla 4 <i>Fase 3. Determinación Potencial Impacto y formulación de recomendaciones</i> .....	59
Tabla 5 <i>Cronograma de la Investigación</i> .....	59
Tabla 6 <i>Historia Clínica Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte</i> .....	61
Tabla 7 <i>Especificaciones de Materiales de la Edificación</i> .....	65
Tabla 8 <i>Avalúo de solicitaciones Equivalentes (Muerta, Viva, Viva Cubierta)</i> .....	85
Tabla 9 <i>Análisis Cargas Muertas en la Estructura Placa Entre Piso</i> .....	86
Tabla 10 <i>Análisis Cargas Vivas en la Estructura Placa Entre Piso</i> .....	87
Tabla 11 <i>Análisis Cargas Vivas en la Estructura Cubierta</i> .....	87
Tabla 12 <i>Análisis Cargas Muertas en la Estructura Cubierta</i> .....	87
Tabla 13 <i>Análisis Cargas de Viento</i> .....	88
Tabla 14 <i>Análisis Peso Estructura – Viguetas</i> .....	89
Tabla 15 <i>Datos cálculo espectro de la estructura</i> .....	91
Tabla 16 <i>Tabulación del Diseño del Espectro</i> .....	92
Tabla 17 <i>Calculo del Cortante Estático</i> .....	95
Tabla 18 <i>Análisis Fuerza Sísmica Horizontal por Piso</i> .....	95
Tabla 19 <i>Porcentaje de participación de las Masas</i> .....	96
Tabla 20 <i>Datos exportados del Software de Análisis Estructural ETABS - SISMO X</i> .....	97
Tabla 21 <i>Datos exportados del Software de Análisis Estructural ETABS - SISMO Y</i> .....	97
Tabla 22 <i>Irregularidad en Planta</i> .....	98
Tabla 23 <i>Irregularidad en Altura</i> .....	101

Tabla 24 <i>Verificación de Ausencia de Redundancia</i> .....	102
Tabla 25 <i>Cortante Basal Dinámico</i> .....	103
Tabla 26 <i>Comparación cortante dinámico basal y cortante estático basal</i> .....	103
Tabla 27 <i>Coefficiente de Capacidad de Disipación de Energía R'</i> .....	105
Tabla 28 <i>Límites de la deriva</i> .....	108
Tabla 29 <i>Informe 1 detallado de la deriva</i> .....	108
Tabla 30 <i>Informe 2 detallado de la deriva</i> .....	108
Tabla 31 <i>Detalle cálculo del índice de flexibilidad</i> .....	109
Tabla 32 <i>Análisis Adicional Carga Muerta Tanques de Almacenamiento de Agua</i> .....	111

## Lista de Figuras

<i>Figura 1 Estructura del problema</i> .....	22
<i>Figura 2 Localización del Proyecto</i> .....	41
<i>Figura 3 Localización Plano Urbanístico</i> .....	41
<i>Figura 4 Vista general de la Edificación</i> .....	42
<i>Figura 5 Formato - Historia Clínica del Paciente</i> .....	53
<i>Figura 6 Formato Ficha Patológica</i> .....	54
<i>Figura 7 Formato Ficha Patológica Ambiental</i> .....	55
<i>Figura 8 Plano puntos de Referencia</i> .....	66
<i>Figura 9 Ficha Patológica No. 1 – Lesión E1</i> .....	67
<i>Figura 10 Ficha Patológica No. 2 – Lesión E1-E8</i> .....	68
<i>Figura 11 Ficha Patológica No. 3 – Lesión E1</i> .....	68
<i>Figura 12 Ficha Patológica No. 4 – Lesión E-4-9-10</i> .....	69
<i>Figura 13 Ficha Patológica No. 5 – Lesión E5</i> .....	69
<i>Figura 14 Ficha Patológica No. 6 – Lesión E8</i> .....	70
<i>Figura 15 Ficha Patológica No. 7 – Lesión E1</i> .....	70
<i>Figura 16 Ficha Patológica No. 8 – Lesión E8</i> .....	71
<i>Figura 17 Ficha Patológica No. 9 – Lesión E3</i> .....	71
<i>Figura 18 Ficha Patológica No. 10 – Lesión E3</i> .....	72
<i>Figura 19 Ficha Patológica No. 11 – Lesión E6</i> .....	72
<i>Figura 20 Ficha Patológica No. 12 – Lesión E7</i> .....	73
<i>Figura 21 Ficha Patológica Ambiental</i> .....	73
<i>Figura 22 Ficha Registro de Testigos</i> .....	74
<i>Figura 23 Granulometría Norma I.N.V. E-123</i> .....	76

Figura 24 Grafica de la Gradación Exploración 1 .....	76
Figura 25 Determinación Contenido de Agua (Humedad) Muestras INV E-122-13 .....	77
Figura 26 Límites de Consistencia .....	77
Figura 27 Consolidado de Resultados del Suelo para Clasificación .....	78
Figura 28 Toma de Muestra Ensayo penetrómetro de Bolsilla .....	78
Figura 29 Exploración a la Cimentación .....	79
Figura 30 Detalle de Zapata en corte .....	80
Figura 31 Ensayo Carbonatación Dado de la Zapata.....	81
Figura 32 Exploración a la placa de contrapiso.....	82
Figura 33 Muestra en horno para granulometría .....	82
Figura 34 Muestra para humedad .....	83
Figura 35 Tamizaje para Granulometría .....	83
Figura 36 Sistema estructural de resistencia sísmica.....	86
Figura 37 Plano Viguetas – Análisis Peso Estructura .....	88
Figura 38 Zona de amenaza sísmica NSR-10.....	90
Figura 39 Espectro de diseño .....	91
Figura 40 Periodo Fundamental de la Edificación.....	94
Figura 41 Sistema estructural de pórtico resistente a momentos .....	104
Figura 42 Modelo en vista 3D .....	105
Figura 43 Sección de la Estructura Vigas.....	106
Figura 44 Sección de la Estructura Columnas .....	106
Figura 45 Material del Concreto .....	107
Figura 46 Límites de la deriva – NSR-10.....	107
Figura 47 Valores coeficientes Tabla A.10.4-1 – NSR-10.....	110

Figura 48 <i>Figura de Grieta elemento No estructural</i> .....	116
Figura 49 <i>Figura de Grieta elemento No estructural</i> .....	117
Figura 50 <i>Figura de Grieta Muro de mampostería Bloque A Baños</i> .....	118
Figura 51 <i>Figura de viga en voladizo por corte</i> .....	119
Figura 52 <i>Figura de Grieta elemento No estructural</i> .....	120
Figura 53 <i>Figura Humedades presentadas en el Paciente</i> .....	121
Figura 54 <i>Figura Muro culata bloque A</i> .....	122
Figura 55 <i>Figura Bloque B viga N+3.50</i> .....	123
Figura 56 <i>Figura de Placa de cubierta en concreto ubicación de los 3 tanques de 5000 lt de almacenamiento agua potable.</i> .....	124
Figura 57 <i>Figura Muros de Fachada con presencia de Humedad</i> .....	125
Figura 58 <i>Figura Placa de cubierta en concreto</i> .....	126
Figura 59 <i>Humedades muros externos y desagües</i> .....	131
Figura 60 <i>Canales perimetrales</i> .....	132
Figura 61 <i>Canal perimetral desagüe cubierta</i> .....	132

**Lista de Anexos**

Anexo A. Informe Técnico de Inspección Ocular por parte de la Corporación ProDesarrollo .....	147
Anexo B. Informe de Diagnostico Estructural por parte de Profesional Externo .....	147
Anexo C. Planos Levantamiento Arquitectónicos .....	147
Anexo D. Planos Levantamiento Topográfico .....	147
Anexo E. Ensayos de Esclerometría y Ferrosacan .....	147
Anexo F. Presupuesto Costo de Intervención .....	147

## Resumen

Esta propuesta de investigación precisa evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca. Plantea una investigación que incluye la identificación y descripción de la patología existente, un análisis de la vulnerabilidad sísmica, y la determinación del potencial impacto de estos factores en la seguridad y estabilidad del bloque de secundaria, formulando recomendaciones para fortalecer la estructura y mitigar los riesgos identificados. Para alcanzar los objetivos del estudio se utiliza un método mixto, permitiendo la recopilación y análisis de datos, esta investigación es de tipo descriptiva, y usa como técnica de recopilación de información la inspección visual, visita a campo, ensayos no destructivos, levantamiento arquitectónico y topográfico, y conforme con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, estos se procesaron con los programas MS Excel, AutoCAD y ETABS. De acuerdo con el análisis de resultados, es clave resaltar que, se ha determinado que la institución cumple con las dimensiones de sus elementos estructurales, clasificándola dentro del Grupo 3 de edificaciones indispensables. No obstante, se identifica la necesidad de una intervención arquitectónica para mejorar aspectos no estructurales y garantizar el confort de sus instalaciones.

**Palabras clave:** *Edificación, Estructura, Patología, Riesgo, Sismo, Vulnerabilidad Sísmica.*

### **Abstract**

This research proposal requires evaluating the seismic and pathological vulnerability of the secondary block of the Nuevo Horizonte Educational Institution in Girardot, Cundinamarca. It proposes an investigation that includes the identification and description of the existing pathology, an analysis of seismic vulnerability, and the determination of the potential impact of these factors on the safety and stability of the secondary block, formulating recommendations to strengthen the structure and mitigate risks. identified. To achieve the objectives of the study, a mixed method is used, allowing for the collection and analysis of data. This research is descriptive, and uses visual inspection, field visits, non-destructive testing, architectural survey, and data collection techniques. topographical, and in accordance with the Colombian Regulations for Earthquake Resistant Construction – NSR-10, these were processed with the MS Excel, AutoCAD and ETABS programs. According to the analysis of results, it is key to highlight that it has been determined that the institution meets the dimensions of its structural elements, classifying it within Group 3 of essential buildings. However, the need for an architectural intervention is identified to improve non-structural aspects and guarantee the comfort of its facilities.

**Keywords:** Building, Structure, Pathology, Risk, Earthquake, Seismic Vulnerability.

## Introducción

A medida que aumentan la incidencia de desastres provocados por peligros naturales, identificar dónde se concentra el riesgo en las infraestructuras educativas prioriza la protección de las comunidades (Alasino, et al., 2022). Por esa razón, la seguridad y estabilidad de las infraestructuras educativas son aspectos fundamentales para respaldar un entorno propicio para el aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes. En este contexto, el cumplimiento de las normas constructivas es de gran importancia para la salud de las edificaciones, puesto que la carencia de éstas han generado la pérdida de vidas humanas y afectación en el patrimonio.

En la actualidad, la ejecución de estudios de patología en las edificaciones es fundamental para entender y abordar los problemas de deterioro, fallos estructurales y vulnerabilidades que puedan comprometer la seguridad, durabilidad y funcionalidad de los edificios. Por ello, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica de los edificios escolares cobra una relevancia indiscutible, especialmente en regiones sísmicamente activas.

La presente investigación se enfoca en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, con el objetivo primordial de evaluar su vulnerabilidad ante eventos sísmicos y determinar la presencia de patologías estructurales que puedan poner en riesgo su seguridad y estabilidad. A través de la consecución de estos objetivos, se busca formular recomendaciones para el fortalecimiento y mitigación de riesgos de la infraestructura escolar frente a eventos sísmicos y respaldar un entorno seguro para el progreso educativo de la comunidad estudiantil.

Por lo expuesto, se genera la pregunta ¿Cuál es el grado de patología y vulnerabilidad sísmica presente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, con el fin de desarrollar recomendaciones efectivas para fortalecer su capacidad de resistencia sísmica y mitigar los riesgos asociados?

La seguridad estructural de las instituciones educativas es un componente esencial para el logro de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS establecidos por las Naciones Unidas. En especial, esta investigación se alinea con varios de estos ODS, destacando su colaboración al mejoramiento de la calidad educativa, la infraestructura sostenible y las comunidades resilientes, promoviendo así un desarrollo sostenible a nivel local y global.

A su vez, para lograr los objetivos de la investigación, se establece un marco de referencia; iniciando por los antecedentes aplicado al tema de la investigación, un marco teórico en el que se recopila información proveniente de contribuciones teóricas como patología estructural, causas de la patología, métodos de inspección y diagnóstico, vulnerabilidad sísmica en edificaciones, factores que inciden en la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y geotécnico. Seguidamente el marco geográfico donde se identifica donde se desarrolla la investigación, en el marco conceptual se presentan algunos conceptos específicos que son cruciales para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica. Finalmente, para respaldar el trabajo de investigación, es esencial considerar algunas de las leyes y normativas más relevantes, estas se plasman en el marco legal.

La metodología se basa en un enfoque mixto que combina elementos cualitativos y cuantitativos de carácter descriptivo, porque a través de la investigación se incluirá la identificación y descripción de la patología existente, un análisis de la vulnerabilidad sísmica considerando aspectos estructurales y caracterización del suelo, y la determinación del potencial impacto de estos factores en la seguridad y estabilidad del bloque de secundaria, formulando recomendaciones para fortalecer la estructura y mitigar los riesgos identificados.

Por último, según los resultados obtenidos, es clave resaltar que, se ha determinado que la institución cumple con las dimensiones de sus elementos estructurales, clasificándola dentro del Grupo 3 de edificaciones indispensables. No obstante, se identifica la necesidad de una intervención arquitectónica para mejorar aspectos no estructurales y garantizar el confort de sus instalaciones.

## Planteamiento del Problema

### Descripción del Problema

El riesgo sísmico es un fenómeno global que afecta a comunidades en todo el mundo, con impactos catastróficos en lo que respecta a pérdidas humanas, económicas y sociales. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres - UNDRR, los sismos pueden ocasionar graves daños a las estructuras, como ocurrió durante el terremoto y el tsunami de Japón de 2011, causó una pérdida económica de 239 mil millones de dólares, la más alta jamás registrada. Estos eventos resaltan la importancia del uso adecuado del suelo y la adopción de prácticas constructivas adecuadas en zonas sísmicas (UNDRR, 2019).

La ocurrencia de varios sismos en todo el mundo ha causado daños a instituciones educativas ocasionando la pérdida de vidas humanas: el sismo de Wenchuan (China) ocasionó la pérdida de vida de cerca de 7000 niños y niñas, los sismos ocurridos en Spitak (Armenia) y Cachemira (Pakistán) originaron la pérdida de aproximadamente 16000 y 18000 menores respectivamente (UNCRD, citado por Zora y Acevedo, 2019). Estos eventos sísmicos han demostrado su capacidad destructiva, siendo imperativo evaluar la vulnerabilidad de estructuras ante estos fenómenos para minimizar riesgos.

El continente de América del Sur está ubicado en una región altamente expuesta a los terremotos debido a su ubicación tectónica en el Océano Pacífico, lo que la transforma en una de las regiones que proporciona la mayor producción de liberación de energía del planeta, con un 80% de movimientos sísmicos globales que se producen. Por eso los países de América del Sur registraron los peores movimientos sísmicos de la historia (Aguirre y Sandoval, 2019). En este contexto, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de infraestructuras críticas como las instituciones educativas adquiere una relevancia fundamental, ya que no solo se trata de proteger vidas, sino también de preservar el acceso a la educación y la estabilidad social en momentos de crisis.

Además, investigaciones como la llevada a cabo por Philco y Mamani (2021) han demostrado que las consecuencias de la vulnerabilidad sísmica en infraestructuras educativas van más allá de las pérdidas materiales, afectando directamente la continuidad de la educación y el bienestar de las comunidades involucradas. La interrupción de las actividades escolares debido a la inhabilitación de las instalaciones puede tener efectos a largo plazo en el desarrollo social y económico de una región.

Las causas de la vulnerabilidad sísmica y patológica pueden variar, desde deficiencias en el diseño y la construcción hasta el deterioro natural de la estructura con el tiempo. Factores como la calidad de los materiales utilizados, la adecuación del diseño a las normativas de construcción vigentes al momento de su edificación, y el mantenimiento adecuado a lo largo de los años pueden influir significativamente en la vulnerabilidad de un edificio ante eventos sísmicos y el deterioro patológico.

De acuerdo con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER (2024) Colombia, es un país caracterizado por su alta actividad sísmica debido a su ubicación en la zona de convergencia entre las placas tectónicas del Caribe y Sudamérica, las instituciones educativas enfrentan desafíos significativos en términos de seguridad estructural. A pesar de los avances en normativas de construcción sismo resistente, la vulnerabilidad sísmica de muchas edificaciones escolares sigue siendo una preocupación importante. Esto se debe en parte a la falta de evaluaciones detalladas y actualizadas sobre la capacidad de resistencia sísmica de las infraestructuras existentes, así como a la posible presencia de patologías estructurales que podrían comprometer su integridad en caso de un evento sísmico.

Como consecuencia, el país ha experimentado varios terremotos significativos en el pasado, lo que ha resaltado la importancia de evaluar y mejorar la seguridad sísmica de las estructuras existentes, incluidas las Instituciones educativas. Estudios previos han demostrado que muchas edificaciones en Colombia no cumplen con los estándares de construcción sísmica adecuados, lo que aumenta su vulnerabilidad ante eventos sísmicos (Zora, 2014).

En este contexto, el problema de investigación se centra en evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca. Esta investigación es de suma importancia debido a su implicación directa en la seguridad y bienestar de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la institución, así como en la preservación de los miembros de la comunidad educativa en general.

Los efectos o consecuencias de una evaluación deficiente de la vulnerabilidad sísmica y patológica pueden ser desastrosos en caso de un evento sísmico. La pérdida de vidas humanas, lesiones graves, daños materiales y la interrupción del normal funcionamiento de la institución educativa son algunas de las posibles consecuencias. Además, la falta de una evaluación adecuada puede llevar a una falsa sensación de seguridad, lo que impide la implementación de medidas de mitigación necesarias.

Según los datos más recientes del censo nacional proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2018), en el municipio de Girardot, la población total para el año 2018 era de 101.018 habitantes, con 47.888 mujeres y 45.015 hombres. Se informa que la población ajustada por omisión en la cabecera municipal era de 95.427, mientras que en los centros poblados y zonas rurales era de 5.591. Además, se detalla que el porcentaje de la población en el rango de edad de 0 a 14 años era del 19,5%, de 15 a los 59 años era del 62,9%, y de 59 años en adelante era del 17,6%.

En lo que respecta a la Institución Educativa Nuevo Horizonte, se nota una carencia de investigaciones anteriores sobre vulnerabilidad sísmica y patológica de su infraestructura, además no cuenta con planos y memorias estructurales, de acuerdo a un diagnóstico estructural visual realizado en mayo del año 2023, la edificación presuntamente presenta falla del suelo portante, lo que ha generado asentamientos diferenciales y por ende falla tanto en elementos No estructurales de mampostería y componentes del sistema de resistencia sísmica, por lo tanto, recomiendan la realización de estudios

geotécnicos, topográficos y estructurales con el fin de determinar el alcance de los daños, el grado de deterioro de la estructura y la posibilidad de realizar reparaciones o refuerzos.

Lo cual constituye un riesgo latente para la comunidad educativa, la ausencia de adecuadas medidas de prevención y mitigación aumenta la vulnerabilidad del edificio de secundaria y expone a estudiantes y personal a potenciales peligros durante eventos sísmicos o estructurales. De acuerdo con Gulfo y Serna (2015) “la vulnerabilidad estructural por causa de un sismo se refiere a la susceptibilidad que la edificación presenta frente a posibles daños en aquellas partes del sistema estructural que lo mantienen en pie ante un sismo intenso” (p. 24).

En conclusión, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca, es un problema de investigación crucial que demanda atención inmediata y acciones preventivas y correctivas para avalar la seguridad y bienestar de la comunidad educativa. Sin embargo, los hallazgos y recomendaciones podrían tener implicaciones más amplias para otras edificaciones similares en zonas sísmicas de Colombia.

### **Formulación del Problema**

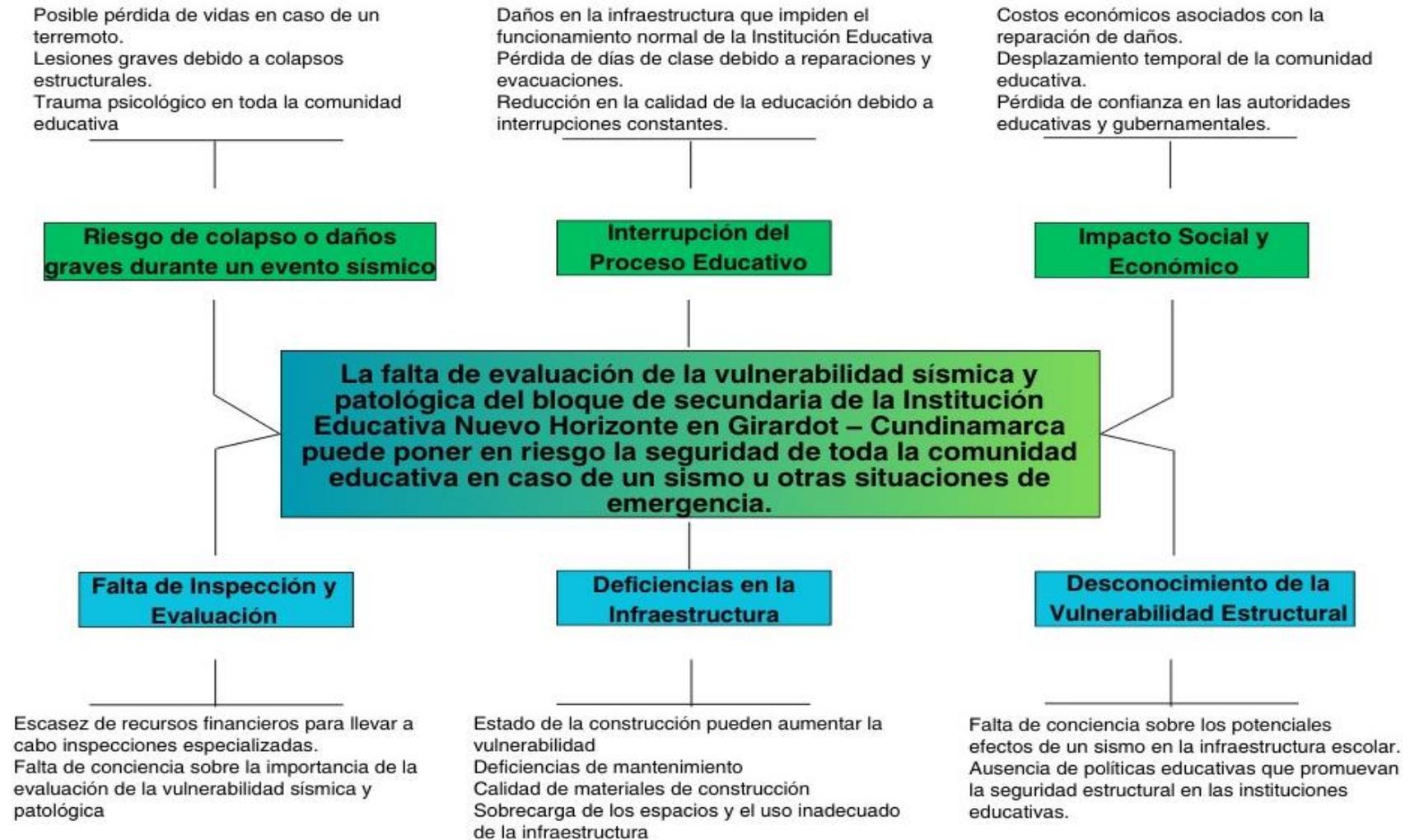
¿Cuál es el grado de patología y vulnerabilidad sísmica presente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, con el fin de desarrollar recomendaciones efectivas para fortalecer su capacidad de resistencia sísmica y mitigar los riesgos asociados?

### **Estructura del Problema**

Mediante el árbol del problema se identifica las causas fundamentales de la falta de evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca, así como las posibles consecuencias de esta situación.

Figura 1

## Estructura del problema



## Objetivos

### ***Objetivo General***

Evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, con el fin de identificar posibles riesgos y formular una propuesta de intervención y/o rehabilitación.

### ***Objetivo Específicos***

1. Identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, por medio de inspecciones visuales, con el fin de documentar las lesiones presentes en la estructura.

2. Realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, mediante el uso del software de análisis estructural ETABS y ensayos no destructivos.

3. Determinar el potencial impacto de la patología y la vulnerabilidad sísmica en el bloque de secundaria de la Institución Educativa y con base en los resultados obtenidos, formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos.

## Justificación

Las experiencias sísmicas en todo el mundo han demostrado la vulnerabilidad de los edificios monumentales. Esto se debe a que la mayoría de los edificios pierden su estructura o función y no pueden sustentar a la población antes o después del desastre. Por este motivo se ha implementado métodos para clasificar y calcular la vulnerabilidad de las edificaciones (Camacho, 2011, citado por Moreto et al., 2021). La vulnerabilidad de las estructuras esenciales, como hospitales, escuelas, y edificios gubernamentales, puede tener consecuencias devastadoras para la población en caso de un sismo.

Teniendo en cuenta el presente estudio sobre la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, se realiza para abordar un problema fundamental que impacta la seguridad y el bienestar de los estudiantes y el personal de la institución. Esta iniciativa responde a la necesidad urgente de identificar y mitigar los riesgos asociados con la infraestructura escolar.

Según Domaneschi et al. (2021) “los fuertes terremotos que afectan a las zonas urbanas pueden tener consecuencias desastrosas cuando los edificios se han diseñado sin códigos sísmicos adecuados, esto es aún más crítico cuando se trata del patrimonio nacional y de edificios estratégicos como las escuelas”. La seguridad estructural de los edificios educativos es fundamental para proteger la vida y el bienestar de los estudiantes y la comunidad educativa.

Dada la ubicación geográfica de Girardot, Cundinamarca, en una zona sísmicamente activa, es imperativo evaluar la vulnerabilidad sísmica del bloque de secundaria y abordar cualquier patología existente que pueda comprometer su estabilidad. Esta investigación proporcionará información crucial para tomar medidas preventivas y correctivas que garanticen la seguridad de la comunidad educativa.

Los objetivos planteados en esta investigación se derivan directamente de la necesidad de garantizar un entorno educativo seguro y protegido. La evaluación de la vulnerabilidad sísmica y

patológica del bloque de secundaria permite establecer un diagnóstico preciso de la situación actual, identificar áreas de riesgo y proponer medidas correctivas para mejorar la seguridad estructural del edificio.

Asimismo, a esta investigación se articulan algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS, El ODS 4: Educación de calidad: Garantizar que la infraestructura escolar sea segura y resistente a los desastres naturales contribuye al objetivo de proporcionar una educación de calidad. El ODS 9: Industria, innovación e infraestructura: Promover la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica de las edificaciones escolares implica invertir en infraestructura resiliente y tecnologías innovadoras para mitigar los riesgos, y El ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles: Mejorar la infraestructura escolar para que sea más resistente a los desastres naturales contribuye a hacer que las ciudades y comunidades sean más seguras y resilientes. Esto incluye la implementación de medidas de mitigación de riesgos y la planificación urbana adecuada para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones. (Naciones Unidas, 2023).

Por ende, la institución educativa seleccionada se beneficia directamente al recibir información detallada sobre la condición de su infraestructura y las medidas necesarias para mejorarla. Esto garantiza un entorno escolar más seguro y protegido para los estudiantes y la comunidad en general, ante posibles eventos sísmicos u otros desastres naturales. Contribuyendo a la tranquilidad y el bienestar de los residentes locales, así como a la preservación de la infraestructura educativa como un recurso vital para la comunidad.

Con esta investigación se tiene la oportunidad de adquirir experiencia práctica en la realización de estudios de vulnerabilidad sísmica y patología, brindando habilidades y conocimientos valiosos que se pueden aplicar en el desarrollo académico y profesional futuro. Igualmente, contribuye al desarrollo académico y científico de la Especialización en Patología e Intervención de las Construcciones y a la Universidad, al generar conocimiento nuevo y aplicable en el campo de la evaluación de la

vulnerabilidad sísmica y patológica de infraestructuras educativas. Además, proporciona una oportunidad para la colaboración interdisciplinaria y el fortalecimiento de capacidades dentro de la institución académica.

### **Alcance y Limitaciones**

El alcance de la investigación se encuentra enmarcada por estudiantes del programa de la Especialización en Patología e Intervención de la Construcción, en cumplimiento de los parámetros establecidos por la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO del Centro Regional Girardot, con el objeto de desarrollar el proyecto denominado “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca” como opción de grado de la especialización desde el ejercicio académico.

Debido a que la Institución Educativa no conto con información suficiente para poder realizar un diagnóstico más detallado, represento un limitante para obtener datos muy relevantes, sin embargo, a través de ensayos no destructivos se logró recopilar información que permitió avanzar en el desarrollo de la monografía; cabe resaltar que a través del ensayo de inspección visual se realizó el levantamiento de la información que dio como resultado los diseños arquitectónicos, el levantamiento de planos de fallas y caracterización de materiales.

Se tiene presente que el estudio realizado es de tipo académico, que será entregado a la entidad competente, además, se deja presente que no se logró realizar ensayos destructivos que demostraran la veracidad de la información de los ensayos no destructivos conforme a la NSR10. El levantamiento de información se llevó a cabo hasta donde fue posible el ingreso y facilidad.

Conforme a lo anterior, es importante resaltar que debido a las limitaciones y al alcance del estudio, se tiene un diagnóstico y una propuesta se rehabilitación que deberá ser complementada por la

secretaría de educación, para que la institución Educativa pueda funcionar en un 100% y brindar a la comunidad académica seguridad.

### **Marco de Referencia**

Este estudio presenta un marco que define la investigación y muestra su amplitud y profundidad desde los antecedentes, el marco teórico, geográfico, conceptual y legal.

#### **Antecedentes**

Es importante considerar una serie de antecedentes que proporcionen contexto y fundamenten el estudio de vulnerabilidad sísmica y patológica, los cuales han sido de gran interés e importancia para varios investigadores.

En primer lugar, se aborda la investigación de Agudelo y Gómez (2018), quienes realizaron un estudio patológico aplicando los conocimientos adquiridos en la academia, con el objetivo de conocer diversas patologías que presenta la Institución Educativa Gabo, y brindar una patología adecuada; Esta investigación fue importante porque generó una advertencia al tener en cuenta los riesgos que se presentaban y las posibles causas para lograr mitigarlas. La metodología propuesta para el estudio fue de tipo descriptiva y experimental con un enfoque cualitativo. Se concluye que la zona intervenida se encuentra en mal estado debido a la falta de mantenimiento en sus instalaciones, a lo largo de su existencia no se le ha realizado ningún reforzamiento estructural y los entes gubernamentales responsables de las instituciones educativas, no asignan fondos para análisis de patología estructural o planes de mejora.

En segundo lugar, se cita el estudio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en el cual evaluaron la vulnerabilidad sísmica mediante un método cualitativo, que fue utilizado en distintos países para diagnosticar la vulnerabilidad de las estructuras, y otro método cuantitativo, basado en la filosofía de la norma peruana sismorresistente E0.30.

La metodología cualitativa, el Índice de vulnerabilidad del FEMA P-154, utiliza cartillas de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica para edificaciones. tras realizar un análisis cualitativo más de la mitad de las estructuras se encuentran entre vulnerable y muy vulnerable, porque la mayoría de los pabellones no podrían seguir operando, ni podrían ser usados como refugio para los habitantes cercanos después de ocurrido el sismo severo. Aunque los dos métodos difieren en cómo evalúan las estructuras, tienen los mismos resultados sobre el impacto del edificio, por lo que cuando se usan correctamente, los métodos de evaluación comparativa pueden ayudarlo a evaluar una edificación más rápido (Álvarez y Pulgar, 2019).

En tercer lugar, se analiza la investigación de Herrera et al (2019), la cual tenía como fin analizar la vulnerabilidad estructural de los edificios clave en el sector educativo del grupo III en Dosquebradas – Risaralda, se pretende crear una ficha técnica que describa el estado de vulnerabilidad de cada edificio. Este proceso permitirá obtener una comprensión detallada del estado de cada institución educativa y tomar medidas para mejorar cada estructura según sea necesario. La metodología propuesta para la Investigación es cualitativa y tipo descriptiva, de acuerdo con los resultados y conclusiones de las instituciones analizadas el 59.6% (28) de los bloques tiene como sistema estructural pórticos, mientras el 40.4% (19) tiene como sistema estructural muros, se obtuvo que el 76.6% (36) de los bloques tenía vigas, mientras el 23.4% (11) no tenía vigas y se observa la necesidad de realizar en estudios futuros técnicas de ferro escáner para determinar la resistencia del concreto y la distribución del acero.

En este mismo sentido, Chávez y Rodríguez (2019) en su investigación realizaron un estudio de vulnerabilidad sísmica y estructural de las antiguas del antiguo Instituto Técnico Universitario de Cundinamarca – ITUC, evaluando su riesgo sísmico y la magnitud del daño estructural que se está presentando. Hay que tener en cuenta que estas áreas fueron construidas en 1902, por lo que son estructuras antiguas y no existen parámetros legales para la construcción de estas áreas. Para evaluar este estudio se realizó inspección visual, estudio arquitectónico, geomorfología y de suelo.

El estudio se llevó a cabo utilizando una metodología explicativa, que confirmó que las instalaciones consisten en un sistema estructural de muros de carga. Los análisis realizados no revelaron la presencia de ningún tipo de refuerzo continuo en las diversas estructuras. Por lo tanto, se requieren conclusiones adicionales o recomendaciones para mejorar estas estructuras y asegurar su funcionamiento durante eventos sísmicos, tomando en cuenta los estándares y requisitos de construcción establecidos por la Norma Sísmica - NSR-10.

También, se resalta el estudio de Saavedra y Mahecha (2019) titulado “Evaluación de vulnerabilidad sismorresistente del edificio del Centro de Educación Permanente (CEP) de la Universidad de Ibagué”. Este trabajo presenta el desarrollo de un método para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones, y determina los criterios para identificar las prioridades que son necesarias para la edificación. El método incluye un proceso de evaluación que incluye una inspección estructural, que es el primer contacto con la edificación, y proporciona información cualitativa sobre el aspecto y estado del edificio. Toda la información recopilada se utilizó para desarrollar un modelo matemático, para ello se analizó el comportamiento de la estructura bajo aplicaciones de carga estática, dinámica, y también se realizaron pruebas de laboratorio destructivas y no destructivas para determinar las características de los materiales utilizados en la construcción.

Se realiza un proceso de evaluación para asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos por la Norma sismorresistente de Colombia. Como resultado del trabajo realizado se demostró que la edificación cumple con los requisitos especificados en la Norma sismorresistente de Colombia. En relación al aislamiento, los valores son inferiores a los valores máximos establecidos vigentes a su distribución. El número de elementos de acero en la viga que se muestra en el plano no corresponde con los resultados obtenidos del análisis del modelo matemático, pero tiene la capacidad de soportar movimientos telúricos.

En este contexto, se hace referencia a una investigación realizada por Carbonell y Centeno (2020), el objetivo de este estudio fue identificar las amenazas y vulnerabilidades de las instituciones educativas frente a desastres de origen técnico, humano y natural. Se planificó como un estudio de campo y adoptó un enfoque transversal. El diseño de investigación fue descriptivo, ya que se trató de un estudio académico que no incluyó una muestra poblacional. Se empleó la Guía Técnica para la Gestión de Riesgos, primera edición, elaborada por el ingeniero Jesús Consuegra Gutiérrez.

En las situaciones analizadas se encontraron niveles inaceptables de riesgo de deslizamientos, deslizamientos, tormentas e inundaciones en las aulas. Se ha descubierto que las zonas locales son más vulnerables a los fuertes vientos, ríos, inundaciones y tormentas eléctricas. Para la discusión de resultados se encontraron estudios con resultados similares, que reafirmaron la importancia de la gestión de riesgo de desastre para las instituciones educativas.

Asimismo, estudiantes de la Universidad Santo Tomas, realizan el estudio patológico de la infraestructura del bloque educativo de la Universidad de Cundinamarca sede Girardot, con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la especialización, desarrollando trabajos de diagnóstico, correctivos y/o de reparación para esta instalación y realizaron pruebas no destructivas adicionales de elementos estructurales y no estructurales. Utilizaron la metodología planteada por Chávez Juan y Álvarez Rodríguez Odalys "Metodología para el Diagnóstico y Restauración de Edificios", Proceso Patológico: Origen, Causas, Evolución, Síntomas y Estado Actual. Las lesiones encontradas fueron clasificadas de bajo a alto riesgo, y aunque no se encontraron lesiones graves que pudieran identificarse como peligro inminente para la reanimación, se determinó que era necesario un tratamiento oportuno para prevenir enfermedades. La definición de la estructura del edificio se construyó en 1978, cuando no existía un código de construcción (Troncoso et al., 2021).

Finalmente, se cita el artículo de Moreto et al (2021), el propósito de este estudio fue analizar la vulnerabilidad sísmica de varias universidades ubicadas en el centro histórico de la ciudad de

Chachapoyas, en la región amazónica peruana. Se realizaron evaluaciones en tres instituciones educativas: la Universidad Virgen Asunta, la Institución Educativa Isabel Lynch de Rubio y la Institución Educativa Seminario Jesús María, utilizando el método de Benedetti y Petrini. Se determinó que la vulnerabilidad sísmica de la Universidad Virgen Asunta es mayormente baja, con excepción de los tramos C y D, los cuales muestran una vulnerabilidad moderada-baja. La institución Isabel Lynch de Rubio es baja, sin embargo, las áreas D y E tienen una vulnerabilidad moderada. La Institución Educativa Seminario Jesús María presenta una vulnerabilidad sísmica baja. Al final se confirmó que el riesgo sísmico de las tres (3) Universidades es media.

### **Marco Teórico**

Para comenzar con la comprensión teórica, es necesario recopilar y categorizar aspectos teóricos como patología estructural, causas de la patología, métodos de inspección y diagnóstico, vulnerabilidad sísmica en edificaciones, análisis estructural y geotécnico. Para fundamentar los aportes que soportan el estudio.

#### ***Patología Estructural***

La Patología estructural comprende los defectos, deterioros o daños presentes en la estructura del edificio, tales como grietas, fisuras, desplomes, deformaciones, entre otros. Según Duque y Valencia (2019) afirma que “la patología estructural es el estudio sistemático y ordenado del comportamiento irregular de una estructura o sus elementos, cuando presenta algún tipo de falla o daño, causado por factores internos o externos que no garanticen su seguridad” (p. 7), estos problemas pueden ser causados por diversos factores.

Así como un médico diagnostica y trata enfermedades en el cuerpo humano, un experto en patología de edificaciones se encarga de identificar y remediar problemas estructurales, funcionales o

estéticos en los edificios. Esta persona analiza los síntomas, investiga las causas subyacentes y recomienda soluciones para restaurar la salud de la estructura (García y Rozo, 2020).

El experto en patología de edificaciones utiliza técnicas de inspección visual, pruebas no destructivas y análisis estructurales para evaluar el estado del edificio y determinar la mejor manera de abordar los problemas detectados y diseñar soluciones adecuadas, que pueden incluir reparaciones, refuerzos o incluso la demolición y reconstrucción de partes de la estructura afectada. La patología estructural es crucial para mantener la integridad y funcionalidad de las infraestructuras construidas.

### ***Causas de la Patología***

De acuerdo con Rodríguez citado por Agudelo y Gómez (2018) un fallo en un edificio debe entenderse como un fallo en el proceso constructivo porque el resultado es incorrecto, porque hay una diferencia entre lo que se pretendía o esperaba y lo que se consiguió. Las causas de la patología pueden ser diversas, incluyendo factores como la calidad de los materiales de construcción, diseño inadecuado, asentamientos diferenciales, cargas excesivas, entre otros. Troncoso et al., (2021) afirman que los problemas patológicos ocurren cuando hay respuestas estructurales o no estructurales al comportamiento. Las acciones que provocan estas lesiones se denominan causas y son de dos tipos:

**1. Causas Directas:** Estas son las acciones que actúan como el origen inmediato del proceso patológico. Implican la participación de agentes activos que directamente afectan a los elementos estructurales o no estructurales de la edificación. Estas causas directas se pueden clasificar según el tipo de lesiones que producen:

**Físicas:** Como vibraciones, impactos, cargas estáticas o dinámicas que pueden causar deformaciones, fracturas o desplazamientos en los materiales.

**Químicas:** Incluyen la corrosión causada por agentes químicos presentes en el entorno, como la exposición a la humedad, la presencia de agentes agresivos en el aire o el suelo, que pueden deteriorar los materiales de construcción.

Biológicas: Tales como la acción de microorganismos como hongos, bacterias o insectos que pueden provocar la descomposición de materiales orgánicos o la degradación de componentes estructurales.

Mecánicas: Como la sobrecarga, el impacto de objetos pesados, la erosión causada por el agua o el viento, que pueden ocasionar daños físicos a la estructura.

**2. Causas Indirectas:** Estas están relacionadas con errores o defectos de diseño, ejecución o mantenimiento que, si bien no son directamente responsables del proceso patológico, pueden contribuir a su desarrollo cuando se combinan con una causa directa. Estos errores pueden incluir deficiencias en el diseño estructural, mala calidad de los materiales, técnicas de construcción inadecuadas, falta de mantenimiento preventivo, entre otros.

La comprensión de estas causas directas e indirectas es crucial para identificar y abordar adecuadamente los problemas patológicos en las edificaciones, ya que permite tomar medidas correctivas específicas para prevenir su aparición o mitigar sus efectos.

### ***Métodos de Inspección y Diagnóstico***

Se pueden emplear técnicas visuales, análisis de muestras de materiales, ensayos no destructivos (END), entre otros, para identificar y evaluar la patología presente en la estructura.

#### **Inspección Visual**

La inspección visual es el método más básico pero fundamental para evaluar el estado de una estructura. Los inspectores examinan visualmente la estructura en busca de signos de deterioro, como fisuras, grietas, desplazamientos, corrosión, humedad, eflorescencia, manchas, deformaciones u otros indicadores de problemas (Ebensperger y Donoso, 2021). Esta es la mejor manera de monitorear e inspeccionar el interior y exterior de una edificación.

### **Análisis de muestras de materiales**

Se toman muestras de los materiales de construcción, como concreto, acero, madera, etc., para analizar su composición, resistencia, y evaluar su estado de deterioro mediante pruebas de laboratorio. El muestreo y análisis de materiales es un método crucial en la patología de la construcción para comprender la integridad de los materiales utilizados en una estructura y detectar posibles problemas.

### **Ensayos no Destructivos**

De acuerdo con García y Rozo (2020), los ensayos no destructivos, son técnicas utilizadas para evaluar las propiedades de un material, componente o estructura sin causar daños permanentes o alteraciones en el objeto bajo prueba. Estas técnicas se basan en fenómenos físicos como la absorción de energía, la dispersión de ondas, la conductividad eléctrica, entre otros, para obtener información sobre posibles defectos, discontinuidades o el estado general del material. Algunos ejemplos comunes de ensayos no destructivos incluyen:

**Ensayo de ultrasonido:** Se utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar discontinuidades internas, tales como grietas, inclusiones o porosidades, en materiales metálicos y compuestos.

**Ensayo de radiografía:** Se emplean radiaciones electromagnéticas (rayos X o gamma) para obtener imágenes internas de materiales y estructuras y detectar defectos como fisuras, vacíos o inclusiones.

**Ensayo de partículas magnéticas:** Se aplica polvo magnético o líquido penetrante a la superficie de un material ferromagnético para identificar discontinuidades superficiales o subsuperficiales que alteran el campo magnético.

**Ensayo de líquidos penetrantes:** Se utiliza un líquido penetrante que se aplica a la superficie de un material y penetra en discontinuidades superficiales, revelándolas cuando se aplica un revelador.

**Ensayo Esclerómetro:** Según Saavedra y Mahecha (2019), este método de ensayo se puede utilizar para evaluar la uniformidad del hormigón in situ, así como para marcar zonas de hormigón malo o malo en estructuras y evaluar la resistencia del hormigón in situ, en este caso con toda la información obtenida del ensayo. Se estima la cantidad total de hormigón, y así se puede estimar si está en muy buen estado o por el contrario mal hormigón.

El esclerómetro, también conocido como martillo de rebote, es un instrumento de ensayo no destructivo que se utiliza para evaluar la calidad del concreto in-situ y estimar su resistencia. Este dispositivo mide la dureza superficial del concreto golpeándolo con un martillo y midiendo la energía de rebote. La energía de rebote está relacionada con la resistencia del concreto, ya que un concreto más duro tendrá un rebote mayor y viceversa. El esclerómetro se puede emplear para varios propósitos:

1. Evaluar la uniformidad del concreto: Al realizar mediciones de rebote en diferentes áreas de una superficie de concreto, se puede evaluar la uniformidad del material. Variaciones significativas en los valores de rebote pueden indicar diferencias en la calidad del concreto o en las condiciones de la superficie.

2. Delimitar áreas de concreto pobre o deteriorado: Las áreas de concreto con baja resistencia o deterioradas suelen mostrar valores de rebote más bajos. Al identificar zonas con rebote reducido, se pueden delimitar áreas que requieren atención especial o reparación.

3. Estimar la resistencia del concreto: Aunque el esclerómetro no proporciona una medida directa de la resistencia del concreto, se pueden establecer correlaciones entre los valores de rebote y la resistencia a compresión del concreto. Con esta correlación establecida y datos sobre la energía de rebote obtenidos en el sitio, es posible estimar la resistencia del concreto in-situ.

**Ensayo Ferroskan:** El Ferroskan es un dispositivo de prueba no destructivo o de diagnóstico estructural que se puede utilizar para determinar la corrosión de las barras de acero o el deterioro de la cubierta de concreto, evaluar la resistencia al fuego de las barras de acero, verificar los diámetros de las

barras de acero para verificar la corrosión de las barras de acero o el deterioro de la cubierta de concreto, aprovechamiento de la estructura por cambios de carga y perforación rápida y segura de elementos de hormigón (Agudelo y Gómez, 2018).

López y García (2018) afirman, que, al detectar la corrosión en las barras de acero o el deterioro del recubrimiento de hormigón, ayuda a determinar el estado de salud de la estructura y a planificar acciones de mantenimiento o reparación. Además de la detección de corrosión y deterioro, el ferroskan puede utilizarse para evaluar la protección contra incendios de las barras de acero, verificar el diámetro de las barras para cálculos de carga y realizar perforaciones de manera rápida y segura para la instalación de anclajes u otros fines.

### ***Vulnerabilidad Sísmica en Edificaciones***

La vulnerabilidad sísmica se refiere al grado de susceptibilidad de una estructura a sufrir daños o colapsos durante un movimiento sísmico. Esta vulnerabilidad se evalúa considerando varios factores, como la calidad de la construcción, el diseño estructural, la resistencia del suelo y la intensidad del terremoto, que se expresa típicamente en términos de aceleración del terreno. La vulnerabilidad sísmica es una característica del comportamiento estructural de una edificación, y como mencionaste, implica una relación de causa y efecto entre el sismo y el daño. Es decir, la intensidad del movimiento sísmico actúa como la causa, mientras que el daño sufrido por la estructura es el efecto (Álvarez y Pulgar, 2019).

En conformidad con Saavedra y Mahecha (2019), la vulnerabilidad sísmica es el grado en que una estructura puede resultar dañada por un terremoto de cualquier tipo. De esta forma, las estructuras pueden clasificarse como más vulnerables o menos vulnerables a los terremotos. La vulnerabilidad sísmica de una estructura debe considerarse como una característica de la estructura y también independiente de los peligros del sitio, ya que los edificios del mismo tipo estructural han estado expuestos a terremotos anteriores. Suponiendo que estén en la misma zona sísmica, el riesgo es

diferente. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no peligrosa, si está ubicada en una zona con riesgo o amenaza sísmica específica.

La vulnerabilidad sísmica surge de muchos aspectos de la estructura, incluyendo elementos estructurales, elementos no estructurales y contenidos (maquinaria, materiales, equipos y otros elementos que conforman las propiedades de la estructura). Los estudios de vulnerabilidad a los terremotos se centran no sólo en la vulnerabilidad de los elementos estructurales, sino también en las actividades humanas y su relación con la infraestructura. Esta relación debe tener en cuenta diferentes aspectos de la estructura para diferentes condiciones de daño (Universidad Nacional de Colombia, 2011).

La función de vulnerabilidad es una relación matemática que describe el daño que puede sufrir una estructura cuando se somete a un cierto nivel de terremoto. Las vulnerabilidades se crean a partir de datos de vulnerabilidad expuestos o creados artificialmente. Una de las principales diferencias es la función de vulnerabilidad, que relaciona el índice de vulnerabilidad con el índice de daño según parámetros que describen el movimiento del suelo (Guzmán y Ángel, 2011).

### ***Factores que Inciden en la Vulnerabilidad Sísmica***

La vulnerabilidad sísmica, es decir, la susceptibilidad de una estructura o comunidad a sufrir daños durante un terremoto, está influenciada por una serie de factores. En el artículo de Marcillo et al (2023) incluyen la ubicación geográfica, características del suelo, calidad de la construcción, tipo de estructura, entre otros.

**Ubicación Geográfica:** Las áreas sísmicas tienen mayor riesgo de terremotos. Las zonas cercanas a fallas geológicas activas o en bordes de placas tectónicas son más propensas a experimentar movimientos sísmicos.

**Intensidad del Sismo:** La magnitud y la profundidad del terremoto son factores determinantes en su capacidad para causar daños. Cuanto mayor sea la magnitud y más superficial sea el epicentro, mayor será el potencial de destrucción.

**Tipo de Suelo:** La composición del suelo puede influir en la amplitud y la duración de las ondas sísmicas. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas, aumentando el riesgo de daños estructurales.

**Diseño y Construcción de las Estructuras:** Las edificaciones diseñadas y construidas siguiendo estándares sísmicos tienen una mayor resistencia a los terremotos. La calidad de los materiales, los métodos de construcción y la adecuada aplicación de códigos de construcción sísmica son cruciales.

**Edad y Estado de las Estructuras:** Las estructuras antiguas pueden no cumplir con los estándares sísmicos actuales y pueden ser más vulnerables a los terremotos. Además, el mantenimiento deficiente puede aumentar su riesgo de colapso.

**Densidad Poblacional y Uso del Suelo:** La cantidad de personas y la distribución de edificios en un área determinada afectan la vulnerabilidad sísmica. Las áreas urbanas densamente pobladas con edificios altos tienen un mayor riesgo de sufrir daños durante un terremoto.

**Medidas de Mitigación y Preparación:** La implementación de medidas de mitigación, como el refuerzo de estructuras existentes, la planificación urbana adecuada, la educación pública sobre seguridad sísmica y la preparación para emergencias, puede reducir la vulnerabilidad sísmica de una comunidad.

Estos son solo algunos de los factores que influyen en la vulnerabilidad sísmica, y la interacción entre ellos puede ser compleja. La comprensión y consideración de estos factores son fundamentales para reducir el riesgo de daños durante un terremoto y para la planificación de la resiliencia ante desastres.

### ***Efectos sísmicos en las edificaciones***

Los efectos sísmicos en los edificios son una consecuencia directa del movimiento del suelo en el que se apoyan las edificaciones. Durante un sismo, el suelo se mueve en varias direcciones y este movimiento se transfiere a las estructuras construidas sobre él. Este fenómeno se debe a la propagación de ondas sísmicas a través del terreno (Laurente y Ramos, 2020). En otras palabras, mientras el suelo se mueve, la estructura quiere permanecer en su posición original. Esta diferencia genera fuerzas internas en la edificación, según Guzmán y Ángel (2011), estos son efectos sísmicos en una edificación:

**Deformaciones en la Estructura:** Las fuerzas inerciales pueden causar deformaciones significativas en la estructura. Dependiendo de la magnitud del sismo y de las características de la edificación, estas deformaciones pueden ser temporales o permanentes.

**Esfuerzos Internos:** Las deformaciones inducen esfuerzos internos en los elementos estructurales como vigas, columnas y muros. Si estos esfuerzos superan la resistencia de los materiales, pueden provocar fallas estructurales.

**Resonancia:** Cada edificio tiene una frecuencia natural de vibración. Si la frecuencia de las ondas sísmicas coincide con la frecuencia natural de la edificación, puede ocurrir resonancia, amplificando los movimientos y los esfuerzos en la estructura, lo que aumenta el riesgo de colapso.

**Efecto de Masa y Rigidez:** Edificaciones más pesadas y rígidas reaccionan de manera diferente comparadas con estructuras más ligeras y flexibles. Las edificaciones pesadas tienden a tener mayores fuerzas inerciales, mientras que las estructuras flexibles pueden experimentar mayores deformaciones.

### ***Análisis Estructural y Geotécnico***

Los estudios geológicos y el análisis de la historia de la actividad sísmica son fundamentales para identificar las zonas sísmicas potenciales, donde la actividad tectónica es más activa y hay una mayor probabilidad de que ocurran terremotos. Estas zonas, conocidas como "zonas sísmicas" o "zonas

sísmicas genéticas", están asociadas con la presencia de fallas tectónicas activas, donde las placas tectónicas se desplazan unas contra otras, acumulando tensiones que eventualmente se liberan en forma de terremotos (Guzmán y Ángel, 2011). Implica evaluar la capacidad de resistencia de la estructura frente a las fuerzas generadas por un terremoto, así como analizar el comportamiento del suelo ante el mismo.

Un estudio geotécnico es un procedimiento fundamental realizado en el lugar donde se planea construir una estructura. Este estudio proporciona información crucial sobre las características del suelo y del subsuelo, lo que permite evaluar la idoneidad del terreno para soportar la carga y las presiones asociadas con la construcción propuesta (Chávez et al., 2019). Es una herramienta fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras construidas en cualquier tipo de terreno, ya que permite comprender las condiciones del suelo y tomar las medidas necesarias para evitar problemas durante y después de la construcción.

### **Marco Geográfico**

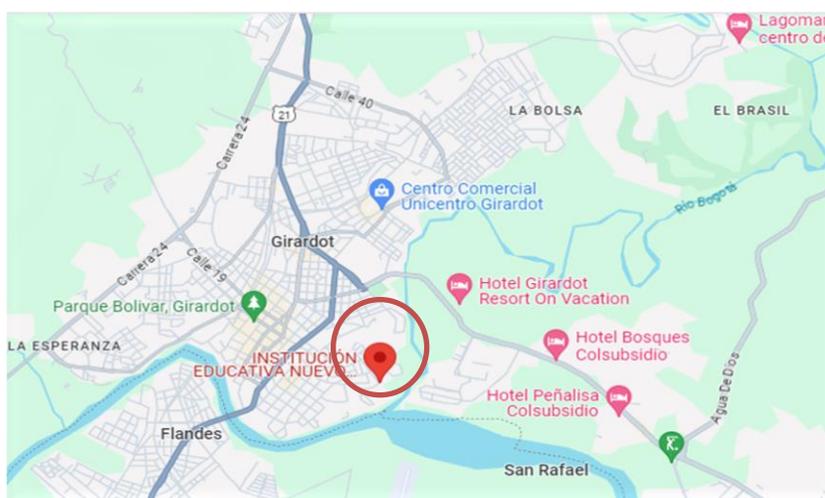
La investigación se desarrolla en el municipio de Girardot, este se ubica en la región tropical del centro del país, en el suroeste del estado de Cundinamarca y por las condiciones climáticas. Hay dos estaciones, una seca y otra húmeda. Se ubica en plena parte alta del Magdalena y limita al norte con las ciudades de Nariño y Tocaima, al sur con Magdalena y las ciudades de Flandes, en el departamento del Tolima. Al este limita con la ciudad de Ricaurte y el río Bogotá, y al oeste contiene la provincia del Tolima y parte de la ciudad de Nariño. Es muy importante recalcar que existe un límite entre los ríos Magdalena y Bogotá (Asociación Municipal de Juntas de Acción Comunal - ASOJUNTAS, 2012).

El municipio de Girardot cuenta con ocho (8) Instituciones Educativas Oficiales (Publicas) de ellas una está en la zona rural en la vereda Barzalosa, y para esta investigación se seleccionó un plantel educativo; la Institución Educativa Nuevo Horizonte que se encuentra ubicada en la ciudad de Girardot,

en la dirección Calle 21ª No 1D – 58, Barrio Alto de las Rosas, la edificación se encuentra sobre el cerro la parte más alta del denominado Cerro de las Rosas, a borde de ladera que bordea la trayectoria de la Calle 21 A por el costado posterior de la edificación.

**Figura 2**

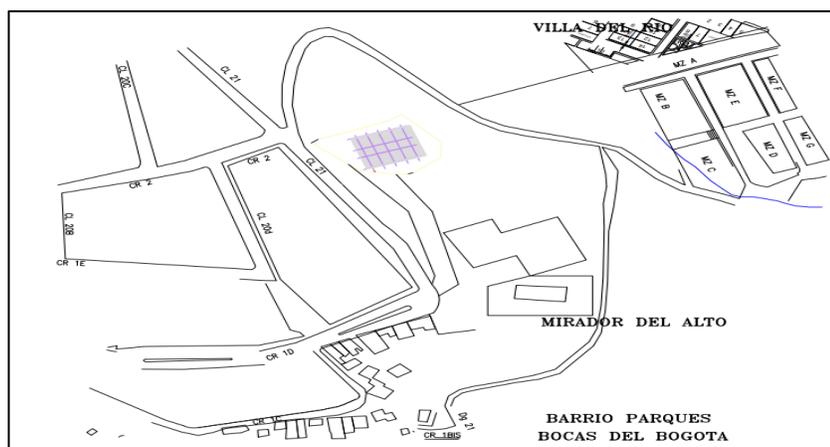
*Localización del Proyecto*



*Nota.* Tomado de Google Earth

**Figura 3**

*Localización Plano Urbanístico*



*Nota.* En la figura se muestra el plano urbanístico de la institución educativa Nuevo Horizonte en Girardot.

#### **Figura 4**

##### *Vista general de la Edificación*



*Nota.* En la figura se identifica la fachada principal del plantel educativo – Institución Educativa Nuevo Horizonte de Girardot – Cundinamarca.

#### **Marco Conceptual**

En apoyo de la investigación, se presentan varios conceptos que conducen al desarrollo de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca.

#### ***Fisuras***

Una fisura se refiere a una grieta o ruptura en la estructura de un edificio, puente, carretera u otra obra construida. Estas fisuras pueden ser pequeñas y superficiales o pueden indicar problemas más serios en la integridad estructural, es importante identificar y abordar las fisuras en la construcción de manera oportuna para prevenir problemas más graves en el futuro. Dependiendo del tamaño y la causa de la fisura, las soluciones pueden variar desde parches simples hasta reparaciones más extensas que

pueden requerir la intervención de especialistas. Además, es fundamental comprender la causa subyacente de las fisuras para prevenir su recurrencia en el futuro (Zornosa, 2017).

### ***Grietas***

Las grietas en los elementos constructivos son aberturas longitudinales que pueden atravesar el espesor completo del material afectado. Estas grietas pueden aparecer en diferentes tipos de elementos, ya sean estructurales como vigas y columnas o de cerramiento como muros y tabiques. La aparición de grietas puede ser un indicio de problemas serios en la estructura, y sus causas y efectos pueden variar ampliamente (Agudelo y Gómez, 2018).

### ***Lesiones***

se refiere a los daños, deterioros o defectos que pueden aparecer en los elementos constructivos de una edificación a lo largo del tiempo. Estas lesiones pueden ser consecuencia de diversos factores, como la calidad de los materiales, la técnica de construcción, el diseño estructural, el entorno y las condiciones de uso. Según la Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción (s.f.), se encuentran los siguientes tipos de Lesiones en Construcción:

**Fisuras y Grietas:** Aberturas lineales que pueden afectar la estética y la funcionalidad de los elementos constructivos. Dependiendo de su tamaño, dirección y profundidad, pueden ser superficiales o comprometer la estabilidad estructural.

**Desprendimientos:** Pérdida de material en la superficie de los elementos, como en revoques, revestimientos o acabados. Puede deberse a factores como la humedad, el impacto o la mala adherencia de los materiales.

**Deformaciones:** Alteraciones en la forma original de un elemento estructural o no estructural, provocadas por cargas excesivas, asentamientos desiguales, o problemas de diseño. Pueden incluir pandeo, abolladuras o desplazamientos.

**Corrosión:** Deterioro de los metales, como el acero de refuerzo en el concreto armado, causado por la exposición a agentes agresivos como la humedad y los contaminantes atmosféricos.

**Humedad:** Presencia de agua en lugares no deseados, que puede causar manchas, moho y debilitamiento de los materiales constructivos. Se originan por problemas en la impermeabilización, drenaje deficiente o daños en las tuberías.

**Eflorescencias:** Depósitos de sales en la superficie de materiales como el concreto o el ladrillo, que se manifiestan como manchas blancas. Son resultado de la migración de sales solubles a través de la humedad.

**Desgaste:** Desgaste gradual de los materiales debido al uso constante, abrasión, o exposición a condiciones climáticas adversas.

### ***Patología de la construcción***

Según la Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción (s.f.) afirma que “se podría definir como el estudio de las enfermedades, es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución” (p. 31).

### ***Pórticos***

Según Bozzo y Barbat citados por Herrera et al., (2019) Los pórticos son estructuras comunes en la ingeniería civil y la arquitectura, especialmente en la construcción de edificios y otras estructuras. Están compuestos por vigas y columnas conectadas entre sí mediante nodos rígidos. Esta disposición permite la transferencia eficiente de cargas, tanto verticales como horizontales, hacia las columnas.

La resistencia a las cargas laterales, como el viento o las fuerzas sísmicas, es crucial para la estabilidad estructural de un edificio. En los pórticos, esta resistencia se logra principalmente a través de la acción de flexión de sus elementos, es decir, las vigas y las columnas.

Cuando una carga lateral actúa sobre un edificio, las vigas y columnas del pórtico flexionan para absorber parte de esa carga y redistribuirla hacia las columnas, que a su vez transmiten la carga al suelo. Este proceso ayuda a contrarrestar las fuerzas laterales y mantener la estabilidad del edificio.

Además de la acción de flexión, otros elementos como los diafragmas horizontales y los sistemas de arriostramiento también contribuyen a la resistencia ante cargas laterales en los pórticos, trabajando en conjunto para mantener la integridad estructural del edificio.

### ***Riesgo***

Según la Corporación Autónoma Regional de Risaralda, citado por Herrera et al. (2019) aduce que “el riesgo es la probabilidad de que ocurra un desastre. Se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos” (p. 28).

### ***Riesgo sísmico***

De acuerdo con las Naciones Unidas para casos de Desastres, el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Sísmica - EERI, y al Servicio Geológico de los E.U (USGS), citados por Álvarez y Pulgar (2019). “El riesgo sísmico es la consecuencia social y económica provocada por un movimiento telúrico; resultado del grado de pérdida, destrucción o daño de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue superada”. Según Ramos, citado por la Universidad Nacional de Colombia (2011), El riesgo sísmico se refiere al potencial de pérdida estructural a lo largo del tiempo como resultado de la actividad

sísmica. El riesgo sísmico está relacionado con la ocurrencia de daño sísmico asociado con una estructura (peligro sísmico) y su respuesta a los movimientos del suelo.

### ***Sismo***

Los sismos son movimientos precipitados dentro de la tierra que hacen que la tierra vibre o se mueva; La causa principal de la mayoría de los terremotos (grandes y pequeños) es la rotura de rocas en las capas superficiales exteriores de la corteza terrestre. Como resultado de lo anterior, se pueden presentar patologías describiendo las lesiones y analizando las causas de las mismas, las cuales se verifican mediante una inspección visual superficial del edificio y sus partes, para luego recibir recomendaciones para mejorar los elementos (García y Rozo, 2020).

Así es, un sismo es un fenómeno natural que resulta de la liberación repentina de energía acumulada en la corteza terrestre y en la parte superior del manto. Esta liberación de energía se produce debido a la ruptura de las rocas a lo largo de una falla geológica. Las ondas sísmicas se propagan desde el foco del terremoto en todas direcciones a través de la Tierra, causando vibraciones en la corteza terrestre (Álvarez y Pulgar, 2019).

### ***Vulnerabilidad sísmica***

Según Abanto y Cárdenas, citados por Laurente y Ramos (2020), “la vulnerabilidad sísmica es definida por el grado de daño causado a una estructura por un evento telúrico del terreno a una intensidad determinada” (p. 36). Se pueden identificar tres clases de vulnerabilidad sísmica:

Vulnerabilidad Estructural: Se refiere a la capacidad de la estructura para resistir las fuerzas sísmicas sin sufrir daños significativos. Incluye aspectos como la calidad de los materiales de construcción, el diseño estructural, la resistencia a la flexión, compresión y torsión, entre otros.

Vulnerabilidad No Estructural: Se relaciona con los componentes no estructurales de un edificio, como los revestimientos, acabados, instalaciones eléctricas y sanitarias, muebles y equipos. Una alta vulnerabilidad no estructural puede aumentar el riesgo de lesiones a las personas y pérdidas materiales durante un terremoto.

Vulnerabilidad Funcional: Se refiere a la capacidad de la estructura para mantener su funcionalidad después de un terremoto. Incluye aspectos como la accesibilidad, la capacidad para evacuar de manera segura, la disponibilidad de servicios básicos como agua y electricidad, y la capacidad para continuar operando después del evento (Vargas, citado por Laurente y Ramos, 2020).

### **Marco Legal**

En Colombia, las edificaciones destinadas a la educación están sujetas a una serie de leyes y normas que garantizan la seguridad, la calidad y la adecuación de estos espacios para el desarrollo educativo. Para el respaldo del trabajo de investigación es fundamental tener en cuenta algunas de las leyes y normativas más relevantes que rigen el estudio, diseño y construcción de edificaciones educativas en el país.

Ley 115 de 1994 – Ley General de Educación: Establece los principios y disposiciones generales para la organización del sistema educativo en Colombia, incluyendo la infraestructura escolar y las condiciones para el funcionamiento de las instituciones educativas.

Decreto 1075 de 2015 – Reglamentación Técnica del Sector de Educación: Define los requisitos técnicos y las normas de calidad para la infraestructura educativa en Colombia, incluyendo aspectos como la accesibilidad, seguridad estructural, condiciones ambientales y servicios básicos.

Ley 400 de 1997 – Código de Construcción Sismo Resistente: Esta ley establece las disposiciones para la construcción de edificaciones resistentes a sismos en Colombia. Si bien se enfoca principalmente

en la construcción de nuevas edificaciones, también contiene disposiciones relacionadas con la evaluación y reforzamiento de edificaciones existentes en caso de patologías estructurales.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10: Si bien es una normativa general, se aplica a todas las edificaciones en Colombia, incluyendo las educativas. Especifica los requisitos para el diseño y la construcción de edificaciones resistentes a sismos, asegurando la seguridad estructural de las instalaciones educativas. Incluye disposiciones para el diagnóstico de patologías estructurales y el diseño de medidas de refuerzo y rehabilitación.

Resolución 1665 de 2017 – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público para el Sector de Educación: Establece los requisitos técnicos y de eficiencia energética para el diseño e instalación de sistemas de iluminación en edificaciones educativas, garantizando condiciones adecuadas para el aprendizaje y el bienestar de los estudiantes y docentes.

Normas Técnicas Colombianas – NTC: Son normas voluntarias que establecen especificaciones técnicas para materiales, equipos y procesos utilizados en la construcción, como el concreto, acero, instalaciones eléctricas, entre otros.

NTC 4595 - Diseño y construcción de establecimientos educativos: Establece los criterios y especificaciones técnicas para el diseño, construcción, adecuación y mantenimiento de edificaciones destinadas a la educación, incluyendo aspectos como la distribución de espacios, la iluminación, ventilación, acústica y seguridad.

NTC 2280 - Diseño y construcción de espacios para la educación inicial, preescolar, básica y media en el ámbito rural: Define los requisitos específicos para el diseño y construcción de edificaciones educativas en zonas rurales, considerando las condiciones geográficas, climáticas y socioeconómicas particulares de estas regiones.

NTC 4830: Condiciones técnicas para la construcción de unidades sanitarias en instituciones educativas: Establece los requisitos técnicos para el diseño y construcción de unidades sanitarias (baños) en instituciones educativas, garantizando condiciones adecuadas de higiene y salubridad.

NTC 5923: Accesibilidad de personas discapacitadas en edificaciones. Edificaciones escolares: Esta norma establece los requisitos para la accesibilidad de personas con discapacidad en las edificaciones escolares, incluyendo rampas, pasillos, puertas, baños, entre otros, para garantizar su inclusión y movilidad dentro de la institución educativa.

Estas son algunas de las leyes y normativas específicas que rigen el estudio, diseño y construcción de edificaciones educativas en Colombia. Es importante que los proyectos educativos se desarrollen cumpliendo con estas normas para garantizar espacios seguros, adecuados y funcionales para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

## **Metodología de la Investigación**

### **Proceso metodológico**

El estudio denominado “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca”, está planteado bajo un método mixto con enfoque cualitativo y cuantitativo de tipo descriptivo, porque a través de la investigación se incluirá la identificación y descripción de la patología existente, un análisis de la vulnerabilidad sísmica considerando aspectos estructurales y caracterización del suelo, y la determinación del potencial impacto de estos factores en la seguridad y estabilidad del bloque de secundaria. Se formularán recomendaciones para fortalecer la estructura y mitigar los riesgos identificados.

### ***Alcance de la Investigación***

El trabajo aborda una investigación de tipo descriptiva, según Bernal (2010) “las investigaciones de tipo descriptivo no requieren formular hipótesis; es suficiente plantear algunas preguntas de investigación que surgen del planteamiento del problema, de los objetivos y, por supuesto, del marco teórico que soporta el estudio” (p.136). Este tipo de investigación se basa principalmente en técnicas como la encuesta, la entrevista, la observación y la revisión documental para recopilar datos (p. 113)

Este alcance ocurre para esta investigación porque la información de las teorías se interrelaciona con la vulnerabilidad sísmica y patología, para someterlas a un análisis, permitiendo identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, un análisis de la vulnerabilidad sísmica considerando aspectos estructurales y caracterización del suelo, y la determinación del potencial impacto de estos factores en la seguridad y estabilidad del bloque de secundaria. Se formularán recomendaciones para fortalecer la estructura y mitigar los riesgos identificados, con el fin de obtener resultados que fortalezcan la investigación.

### ***Enfoque Metodológico***

En primer lugar, la investigación emplea un método mixto desde el enfoque cualitativo y cuantitativo “los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de la información recabada” (Hernández y Mendoza, citados por Hernández et al., 2014, p.534). Esto permite una comprensión más completa y profunda del fenómeno estudiado al aprovechar las fortalezas de ambos enfoques.

Según Hernández et al. (2014) el enfoque cualitativo emplea la “recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevos interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7). El enfoque cuantitativo emplea la “recolección de datos para probar hipótesis con

base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al., 2014, p. 4). Por consiguiente, con la recolección de información se realizó la identificación y descripción de la patología existente, un análisis de la vulnerabilidad sísmica considerando aspectos estructurales y caracterización del suelo, y la determinación del potencial impacto de estos factores en la seguridad y estabilidad del bloque de secundaria, con el propósito de formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos.

### ***Población y Muestra***

La población universo objeto de estudio es la Institución Educativa Nuevo Horizonte en el municipio de Girardot - Cundinamarca, y para esta investigación se seleccionó como muestra el bloque de secundaria la Institución Educativa como objeto de estudio el cual se compone de 2 plantas y fue construido hace 13 años aproximadamente, y se encuentra ubicada en la ciudad de Girardot, en la dirección Calle 21ª No 1D – 58, Barrio Alto de las Rosas, la edificación se encuentra sobre el cerro la parte más alta del denominado Cerro de las Rosas, a borde de ladera que bordea la trayectoria de la Calle 21 A por el costado posterior de la edificación.

### ***Técnicas de Investigación e Instrumentos de Recolección de Datos***

El plan de recopilación de información en el estudio está planteado por actividades, para el logro de los objetivos planteados.

#### **Solicitud de Permisos y Autorizaciones.**

La Secretaria de Educación de la Administración Municipal de Girardot, solicita a la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO sede Girardot, apoyo a través del programa de Postgrado en Patología e Intervención de las Construcciones, adelantar un estudio de vulnerabilidad sísmica correspondientes a la Institución Educativa Nuevo Horizonte la cual se encuentra ubicada en el municipio de Girardot, en el cual el Municipio se cataloga en zona de sismicidad intermedia del país, la institución tiene alrededor de 60 años de construida, sin embargo, para el presente estudio se escogió

específicamente el bloque de secundaria como objeto de estudio el cual se compone de 2 plantas y fue construido hace 13 años aproximadamente.

#### **Recopilación de información Básica.**

Se realizó acercamiento a la alcaldía municipal de Girardot a través de la Secretaria de Educación mediante el oficio radicado vía correo electrónico el día 10 de octubre de 2023, sin embargo, no se logró obtener información relevante y/o significativa de la institución educativa objeto de estudio, ni tampoco planos de la edificación. El ingeniero Orlando Cortes Ordoñez en calidad de secretario de educación del municipio, suministro dos informes realizados a la Institución Educativa Nuevo Horizonte (Bloque de secundaria), única información existente del proyecto objeto, información que se relaciona a continuación:

1. Informe técnico de inspección ocular por parte de la Corporación ProDesarrollo fechado el día 20 de febrero de 2023 (ANEXO A).

2. Informe de Diagnostico estructural por parte de profesional externo (mayo/2023). (ANEXO B).

Por parte del personal administrativo de la institución educativa, manifestaron no tener información técnica del proyecto (planos, memorias de cálculo, Registro fotográfico del proceso constructivo etc.) ni tampoco historial de las lesiones, ni su evolución. Por consiguiente, no se obtuvo información concisa por parte de los entes competentes.

#### **Recolección de Datos – Documental.**

A través de recopilación de información digital y/o electrónica de los documentos y resultados de investigaciones de antecedentes, libros, tesis y artículos científicos, se recopiló datos con el fin de ampliar los conocimientos de los autores sobre vulnerabilidad sísmica y patología estructural.

#### **Inspección Visual.**

Se realizarán inspecciones visuales para identificar y describir cualquier patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, como grietas, fisuras o

desplazamientos. Donde se hace un conteo e identificación de las distintas lesiones registrándolas en unas fichas patológicas para su fácil identificación y se hizo un registro fotográfico donde se muestran los diferentes elementos con las características de las lesiones.

#### **Exploración o visita a campo.**

Para el reconocimiento del paciente se realizó una exploración o visita a campo para así identificar las características que presenta, esta actividad permitió determinar las medidas adecuadas para la elaboración del levantamiento arquitectónico (Dibujo de plantas, cortes y fachada principal), y topográfico, para el llenado de las fichas de evaluación patológica previamente elaboradas.

#### **Fichas de Recolección de Datos.**

Para recolectar la información necesaria, a partir de la inspección visual y visita a campo, se diseñaron un formato de historia clínica del paciente (edificación) donde se registró localización, área, edad, antecedentes y consignación de daños, unas fichas patológicas con las características generales de los elementos estudiados de la edificación, adicionalmente, se realizó una ficha registro de testigos y una ficha patológica ambiental para realizar una descripción del entorno donde se encuentra la edificación objeto de estudio.

#### **Figura 5**

*Formato - Historia Clínica del Paciente*

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte	<b>FORMATO No. 1 HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE</b>	Fecha: Formato: 1 Pagina:
<b>INFORMACIÓN DEL PACIENTE</b>		
Nombre del paciente		
Localización		
Importancia (Edificio histórico, edif. Público, teatro, etc.)		
Uso previsto		
Normativa (Técnica, Urbana, etc.)		
Descripción general		

Año de construcción	
Fecha de entrada de servicio	
Propietario	
Constructor	
Norma de diseño	
Fechas de posible detención de síntomas	
Informe preliminar de lesiones	
Elementos con síntomas y/o lesiones	
Estado operativo de la edificación	

*Nota.* En el formato, se registran las características generales del paciente, incluyendo datos relevantes en su historia clínica considerando las lesiones observadas.

**Figura 6**

*Formato Ficha Patológica*

 <b>UNIMINUTO</b> Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>				VERSION No 1			
<b>FICHA PATOLOGICA</b>									
<b>NOMBRE DEL PROYECTO :</b>		INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA							
<b>ELABORACIÓN:</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	<b>CIUDAD</b>	GIRARDOT CUNDINAMARCA	<b>FICHA No</b>	1			
<b>TIPIFICACIÓN DE LA LESIÓN</b>									
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>				<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b>					
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>					
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD		<b>LESIONES FISICAS</b>					
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD		<b>SUCIEDAD</b>					
ALTO		ASPECTO O CONFORT		<b>HUMEDAD</b>		<b>EROSIÓN</b>			
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		1	DE OBRA	ENSUCIAMIENTO	1		
SI		DIRECTA		2	CAPILAR	1	POR DEPÓSITO		
NO		INDIRECTA		3	DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL		
				4	DE CONDENSACIÓN				
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>					
				<b>DEFORMACIÓN</b>		<b>GRIETA</b>		<b>FISURA</b>	
				1	FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1	REFLEJO DEL SOPORTE
				2	PANDEO	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2	ACABADO
				3	DESPLOMES	<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>	
				4	ALABEO	1	EROSIONES MECANICAS	1	DESPRENDIMIENTO
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>					
				<b>EFLORESCENCIAS</b>		<b>OXIDACIONES Y CORROSIONES</b>		<b>ORGANISMOS</b>	
				1	NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1	ANIMALES
		2	BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN	2	PLANTAS		

Figura 7

## Formato Ficha Patológica Ambiental

UNIMINUTO Universidad Nacional del Trópic de Colombia Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				VERSION No 1	
FICHA PATOLOGICA AMBIENTAL							
NOMBRE DEL PROYECTO:		INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA					
FECHA:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 BI ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	1	
LOCALIZACIÓN EN PLANO TOPOGRAFICO		ELEMENTO ESTUDIADO:			ENTORNO DEL PACIENTE		
<b>PENDIENTE % DEL ENTORNO</b>		<b>VEGETAL</b>	<b>TIPOLOGIA MICROFAUNA</b>	<b>GENERALIDADES DEL ENTORNO</b>			
A	0-3%	BOSQUE	INSECTOS	<b>CLIMA</b>		<b>CERCANIA DE VIAS Y ACCESOS</b>	
B	3-7%	PASTO	AVES	1	CÁLIDO - SECO	1	SERVICIO URBANO
C	7-12%	ARBUSTOS	ANFIBIOS	2	SUBTROPICAL	2	VIAS PRINCIPALES
D	12-25%	MATORRALES	MAMIFEROS	3	CÁLIDO - HUMEDO	3	CAMINOS VECINALES
E	25-50%	SIN VEGETACION		4	TEMPLADO	4	VIAS URBANAS EN MATERIAL
F	50-75%			5	FRIO	5	VIAS URBANAS SUELO NATURAL
G	>75%			<b>CLIMA</b>			
<b>POSIBLES DETERIOROS DEL ENTORNO</b>				<b>TEMPERATURA</b>		<b>AIRE</b>	
				1	CÁLIDO - SECO	1	PURO
				2	SUBTROPICAL	2	SUENO
				3	CÁLIDO - HUMEDO	3	MALO
				4	TEMPLADO		
				5	FRIO		
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MORFOLOGIA DEL TERRENO</b>				<b>POSIBLES AFECTACIONES</b>			
				<b>PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS</b>		<b>PELIGROS DE INUNDACIONES</b>	
				1	NULO	1	NULO
				2	LATENTE	2	LATENTE
				3	INMINENTE	3	INMINENTE
				<b>URGENCIA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO</b>			
				1 LEVE			
				2 MODERADO			
				3 SEVERO			
<b>OBSERVACIONES</b>							
<b>Simbología para pendientes %:</b>		A). Plano B). Ligeramente inclinado. C). Moderadamente inclinado. D). Fuertemente inclinado E). Ligeramente escarpado. F). Moderadamente escarpado. G). Fuertemente escarpado					

**Pruebas de Laboratorio.**

Se realizaron pruebas de laboratorio no invasivas, se considerarán aspectos estructurales y caracterización del suelo de la edificación, se generan como resultado de una inspección ocular y visita a campo, para lo cual fue necesario realizar ensayos no destructivos, como el Martillo de rebote ensayo de la Norma Técnica Colombiana NTC 3692 y la internacional ASTM C805, el cual se realiza a partir del uso de un esclerómetro, y el ensayo a través de un sistema de detección (Ferroskan). El ensayo de granulometría para la caracterización del suelo Norma INV E-123 y INV E-122-13, el ensayo del penetrometro de Bolsillo, y de carbonatación.

Toda vez que no se contaba con información detallada como planos, memorias de cálculo o especificaciones técnicas del proceso constructivo de la estructura. Para la presentación del estudio y las respectivas recomendaciones.

### **Modelado Estructural en ETABS.**

El modelo estructural se desarrolló utilizando el Software de Análisis Estructural ETABS, incorporando los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y el levantamiento estructural. Esto asegura que el modelo refleje el estado actual de los elementos estructurales, permitiendo una representación precisa del comportamiento de la estructura frente a eventos sísmicos. Como resultado, se llevó a cabo un análisis exhaustivo que abarca la verificación de derivas, el índice de sobreesfuerzo, el análisis estructural dinámico, entre otros aspectos.

### **Etiología y Evaluación.**

Se identifica las fallas o lesiones que presenta la edificación y que lo está causando, es decir, el origen del problema. En el desarrollo del proyecto se describe lo anterior. Una vez que se han identificado las lesiones y se ha determinado su origen, se procede a evaluar el estado de los diferentes elementos estructurales y determinar su confiabilidad para la seguridad.

Estas dos fases son fundamentales para comprender el estado de la estructura, identificar los problemas existentes y determinar las medidas necesarias para mejorar su seguridad y mitigar los riesgos asociados con la vulnerabilidad sísmica y patológica. La información recopilada durante la etapa de etiología proporciona la base para la evaluación y la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto.

### ***Análisis de información***

Una vez realizada la recolección de información y datos, de las pruebas de laboratorio de los ensayos no destructivos, del levantamiento arquitectónico y topográfico, y conforme con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, estos se procesaron con la ayuda de los programas MS Excel, AutoCAD y ETABS. De esta manera, se evaluó la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca que, finalmente, determinó la seguridad sísmica de la institución educativa, con el propósito de formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos.

### **Consideraciones Éticas**

Por razones éticas en la investigación, se procura evitar cualquier perjuicio tanto a los elementos bajo estudio como al resto de la población. En cuanto a la privacidad y protección de datos, se llevó a cabo una evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca. La información recopilada será utilizada exclusivamente para cumplir con los objetivos establecidos en la investigación, y se garantiza el respeto a los datos proporcionados.

### **Diseño Metodológico**

Para el cumplimiento de la metodología se plantearon unas fases, en las cuales se detalla el paso a paso para el cumplimiento de los objetivos establecidos.

**Tabla 1**

#### *Operacionalización de variables*

<b>Objetivo General: Evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca</b>			
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Metodología</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Variables</b>
Identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca.	Cualitativa	Inspección visual Visita a campo	
Realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte.	Cuantitativa	Caracterización del suelo Ensayos no destructivos Modelación en ETABS	Vulnerabilidad sísmica y Patologías estructurales

Determinar el potencial impacto de la patología y la vulnerabilidad sísmica en el bloque de secundaria de la Institución Educativa y con base en los resultados obtenidos, formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos.	Cualitativa	Resultados Aplicación de conocimientos adquiridos
--	-------------	--

### Fases de la investigación

Para el logro de los objetivos de la investigación se plantearon las siguientes fases.

**Tabla 2**

*Fase 1. Identificación y descripción de patología*

Objetivo	Actividades
Identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca.	Visita de inspección a la Institución Educativa. Registro fotográfico Informe de inspección visual Análisis de información: Levantamiento arquitectónico y topográfico

**Tabla 3**

*Fase 2. Análisis de la vulnerabilidad sísmica*

Objetivo	Actividades
Realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, mediante el uso del software de análisis estructural ETABS y ensayos no destructivos.	Apiques, caracterización del suelo Ensayos no destructivos Modelado estructural ETABS Recolección de información Procesamiento de información Resultados



## **Resultados**

### **Identificación y Descripción de las Patologías Existente en el Bloque de Secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte**

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, es necesario identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte.

Se realizó acercamiento a la alcaldía municipal de Girardot a través de la Secretaria de Educación, suministraron dos informes de inspección visual realizados a la Institución Educativa Nuevo Horizonte (Bloque de secundaria), de los cuales se logró establecer que la edificación ha presentado una serie de lesiones en diferentes zonas y elementos de la infraestructura educativa durante los últimos años, situación que género que los directivos de la institución suspendieran indefinidamente el uso de dicha infraestructura, ya que no se ha determinado si dichas afectaciones pueden estar comprometiendo el estado de la edificación y su funcionalidad.

Por parte del personal administrativo de la Institución Educativa, manifestaron no tener información técnica del proyecto (planos, memorias de cálculo, Registro fotográfico del proceso constructivo, etc.) ni tampoco historial de las lesiones, ni su evolución. Por consiguiente, no se obtuvo información concisa por parte de los entes competentes.

A partir de la inspección visual y visita a campo, se diseñó un formato de historia clínica del paciente (edificación), para identificar las características que presenta la edificación, donde se registró la localización, importancia, uso previsto, descripción general, año de construcción, fecha de entrada de servicio, propietario, constructor, Norma de diseño, fechas de posible detención de síntomas, informe preliminar de lesiones, elementos con síntomas y/o lesiones edad, antecedentes y consignación de daños.

**Historia Clínica de Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte**

**Tabla 6**

Historia Clínica Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte	<b>FORMATO No. 1 HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE</b>	Fecha: Formato: 1 Pagina:
<b>INFORMACIÓN DEL PACIENTE</b>		
Nombre del paciente	Institución Educativa Nuevo Horizonte	
Localización	<p>La Institución educativa se encuentra ubicada en el casco urbano de la ciudad de Girardot en el municipio de Cundinamarca, localizada en la Calle 21ª No 1D – 58, Barrio Alto de las Rosas. La edificación se encuentra sobre la parte más alta del denominado Cerro de las Rosas, a borde de ladera que bordea la trayectoria de la Calle 21 A por el costado posterior de la edificación.</p> <p><b>Localización del Proyecto</b></p>  <p><i>Nota.</i> Tomada de Google Earth</p>	
Importancia (Edificio histórico, edif. Publico, teatro, etc.)	Edificio Público de uso Institucional.	
Uso previsto	Edificio educativo	
Normativa (Técnica, Urbana, etc.)	Según el año de construcción, posiblemente su diseño y construcción se efectuaron acorde con la Norma Sismo Resistente NSR-10.	
Descripción general	La edificación corresponde a una Institución Educativa, compuesto por dos bloques independientes denominados: BLOQUE A conformado por 8 aulas de clase y BLOQUE B conformado por 8 aulas de clase, 1 batería de baños, 1 baño para discapacitados y un cuarto de servicio, cada bloque de dos (2) pisos cada uno, adicionalmente, posee una zona central de circulación donde se localiza una rampa y una escalera en concreto.	

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte	<b>FORMATO No. 1</b> <b>HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE</b>	Fecha: Formato: 1 Pagina:
	<p data-bbox="558 411 889 441">AULAS DE CLASE BLOQUE A</p>  <p data-bbox="558 972 889 1001">AULAS DE CLASE BLOQUE B</p>  <p data-bbox="558 1530 1406 1703">Desde el punto de vista estructural, presenta un sistema de pórticos de concreto reforzado resistente a momentos (DMO), compuestos por vigas y columnas, con luces máximas 8.50m, la estructura tiene 18 columnas de 0.40m x 0.60m y vigas que tienen un peralte 0.50m y un ancho 0.40m.</p> <p data-bbox="558 1709 1406 1879">A nivel de entrepiso al parecer cuenta con una losa aligerada con una altura de 0.50 metros con loseta inferior, la cual se pudo determinar en campo, así mismo no existen planos o memorias de cálculo, por parte de la institución educativa o de la alcaldía de municipal, que permitan determinar las separaciones entre viguetas o nervios.</p>	

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte	<b>FORMATO No. 1 HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE</b>	Fecha: Formato: 1 Pagina:
	<p>Dado que no se encontró información documental del proyecto la cimentación de la edificación no se pudo determinar durante la visita. La cubierta es de tipo liviana se compone de elementos en acero estructural soportados directamente sobre la estructura de concreto, dicha estructura presenta dos caídas inclinadas, una hacia cada lado con una viga canal en lámina de acero.</p> <p>En la fachada lateral derecha a nivel N+6.57 se localiza una placa maciza de espesor de 0.15m, sin embargo, no existen planos ni memorias de calculo que permita comprobar la carga de diseño para dicho elemento, dato de gran relevancia para el presente trabajo.</p>	
Año de construcción	Aproximadamente la construcción inicia en el Año 2010 y culmina para finales del año 2011. (13 años)	
Fecha de entrada de servicio	Año 2012	
Propietario	Municipio de Girardot	
Constructor	Se desconoce.	
Norma de diseño	De acuerdo con el año de construcción de la Institución educativa se presume que fue diseñadas bajo el código colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.	
Fechas de posible detención de síntomas	Se desconoce el inicio de las lesiones.	
Informe preliminar de lesiones	<p>De acuerdo con la información obtenida, a la institución educativa se han realizado dos informes de vista mediante inspección visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La primera el 20 de febrero de 2023, por parte de Gestión del Riesgo de Desastre de la Corporación Prodesarrollo y Seguridad del Municipio de Girardot</li> <li>- La Segunda visita realizada por un profesional externo contratado por la Alcaldía de Girardot el 4 de mayo de 2023.</li> </ul>	
Elementos con síntomas y/o lesiones	<p>En la visita técnica de inspección ocular en términos generales se encontró:</p> <p>La edificación presenta posible falla del suelo portante, lo que ha generado asentamientos diferenciales y por consiguiente falla en elementos No estructurales de mampostería, los cuales se pueden apreciar en el costado Oriental de la edificación.</p> <p>También se evidencia una losa, construida posteriormente, la cual de acuerdo a lo narrado por el rector de la institución albergaban 3 tanques de almacenamiento de agua potable de 5000 lt, lo cual posiblemente está generando deflexiones perceptibles a dicho elemento ocasionando las lesiones percibidas.</p>	

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte	<b>FORMATO No. 1 HISTORIA CLÍNICA DEL PACIENTE</b>	Fecha: Formato: 1 Pagina:
	Se evidencia fisuras en muro en diferentes zonas de la estructura leves o moderadas posiblemente por malos procesos constructivos, flora invasiva debido a la falta de mantenimiento, es evidente en el sitio húmedas y desechos de especies mayores como palomas y roedores.	
Estado operativo de la edificación	En la actualidad la estructura no se encuentra en funcionamiento.	

### ***Levantamiento Arquitectónico de la Edificación***

Al no tener información física de la edificación del Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte, que permitiera tener claridad de la edificación actual, fue necesario llevar a cabo el levantamiento arquitectónico mediante la visita a campo, para establecer las dimensiones de la edificación, es importante resaltar que los datos que no se lograron obtener durante la fase de investigación se estimaron con base a la normatividad vigente, lo anterior con el objetivo de desarrollar el estudio para los fines educativos.

La edificación está conformada por dos estructuras en pórtico en concreto de dos niveles con muros internos y externos en mampostería, placa de contrapiso aligerada con loseta inferior, cuenta con escaleras de acceso, rampa en concreto, cubierta liviana a dos aguas, en la parte posterior del edificio a nivel N+6.57 se encuentra construida una placa aligerada donde se almacenan tanques elevados para suministro de agua. A continuación, se relaciona las especificaciones de los materiales que componen los elementos estructurales de la edificación:

**Tabla 7***Especificaciones de Materiales de la Edificación*

<b>ESPECIFICACIONES DE MATERIALES</b>		
<b>CONCRETO</b>		
DETALLE	f'c / fy (Mpa)	Ec/Es (Mpa)
VIGAS	21	17872
COLUMNAS	21	17872
<b>ACERO DE REFUERZO</b>		
DETALLE	f'c / fy (Mpa)	Ec/Es (Mpa)
ACERO DE REFUERZO	420	0

Para lo cual se realizó inspección visual a la edificación objeto de estudio, donde se realizo toma de medidas los cuales se digitalizaron mediante el software de AUTOCAD, con los cuales se puede observar los ejes, dimensiones de columnas y vigas, alturas de entrepiso, cortes y secciones transversales de los elementos. A continuación, se relaciona los planos elaborados:

- Plano 1 – Esquema de localización del proyecto.
- Plano 2 – Esquema planta piso 1 y piso 2.
- Plano 3 – Fachada, corte transversal y longitudinal.

***Levantamiento Topográfico de la Edificación***

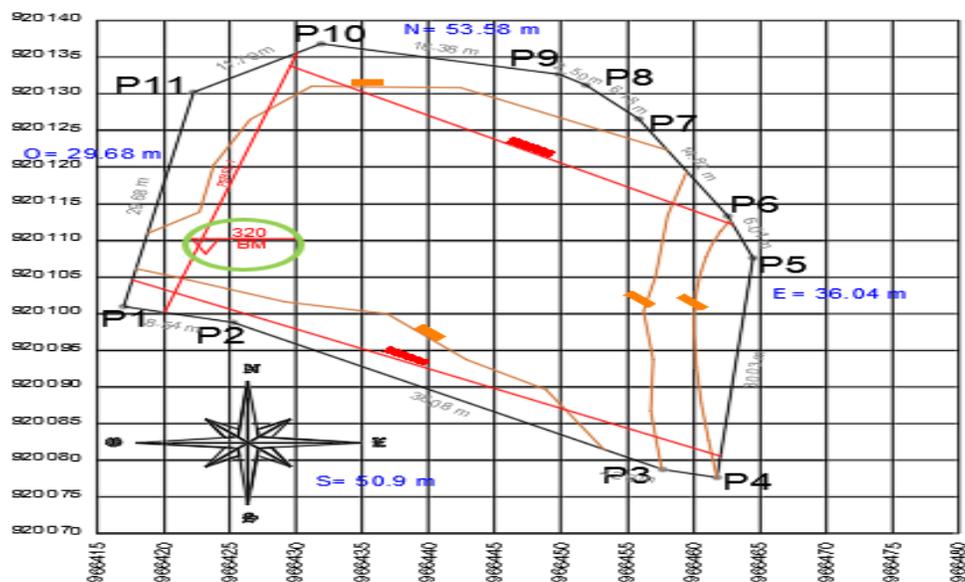
Para el reconocimiento de la edificación se realizó una exploración o visita a campo para realizar un levantamiento topográfico, donde se realiza toma y seguimiento de niveles, para determinar si la edificación presenta asentamientos debido a la geomorfología del terreno y a la composición del suelo.

Se realiza una toma y seguimiento de niveles establecidos en las siguientes fechas 21/10/2023, 17/03/2024, 12/05/2024 teniendo un control durante 6.5 meses conforme al siguiente procedimiento.

Se identifica y establece el punto de referencia como un Benchmark (BM) en el poste de energía eléctrica ubicado al costado de la edificación, con una cota de nivel de 320 metros.

Figura 8

## Plano puntos de Referencia



El equipo para el levantamiento que se utilizó fue el nivel topográfico y demás herramientas colocando puntos de referencias niveletas. Entre la toma 1 y toma 2 se estableció una diferencia de cinco meses y para la toma 3 fue de dos meses. En cada toma de niveles se tiene intervalos de tiempo definidos, utilizando el mismo equipo para realizar las medidas de las elevaciones de los puntos de referencia y método que se utilizó inicialmente, registrándose cuidadosamente todas las mediciones.

En cada tomo se realiza una comparación de datos a fin de determinar cualquier cambio en las elevaciones y posterior a esto, se calculó la diferencia entre las elevaciones actuales y las elevaciones de línea base para cada punto de referencia. Finalmente, al evaluar los resultados y levantamientos durante los 6.5 meses de seguimientos se puede establecer que la edificación no presento asentamientos por lo que es un resultado que ayuda a determinar el diagnóstico de la patología.

## Patologías Registradas en la Edificación

Se realiza la visita a campo para inspeccionar el estado de las instalaciones de la Institución Educativa, en el cual se efectúa una revisión general de toda la edificación del bloque de secundaria y se evidencia con registro fotográfico cada una de las lesiones identificadas y están se describen en las fichas patológicas con las características generales de los elementos estudiados de la edificación.

A continuación, se presentan los resultados que arroja la inspección visual del estado de las instalaciones del Bloque de Secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte.

Figura 9

Ficha Patológica No. 1 – Lesión E1

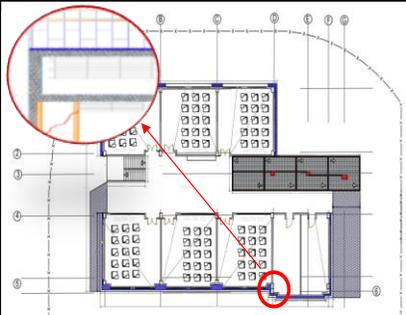
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E1</b>			
FICHA PATOLOGICA									
NOMBRE DEL PROYECTO:			INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA						
ELABORACIÓN:	20/04/2024	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	1		
TIPIFICACIÓN DE LA LESIÓN									
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES			ELEMENTO ESTUDIADO:		MURO NO ESTRUCTURAL EN MAMPOSTERÍA UBICADO EN EL BLOQUE A, ENTRE EJE D - F COSTADO IZQUIERDO ( NIVEL N+3.00 )				
									
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES					
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	LESIONES FISICAS					
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD	X	HUMEDAD		SUCIEDAD		EROSION	
ALTO	X	ASPECTO O CONFORT	X	1 DE OBRA	ENSUCIAMIENTO		1 ATMOSFERICA		
ELEMENTO ESTRUCTURAL		CAUSAS		2 CAPILAR	1	POR DEPÓSITO			
SI		DIRECTA	X	3 DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL			
NO	X	INDIRECTA		4 DE CONDENSACIÓN					
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS					
Se evidencia grieta en la fachada principal en el costado oriental de la estructura, se observa que el elemento no estructural presenta deformaciones y falla a corte del elemento en mampostería, se evidencia discontinuidad en el eje Y con abertura de 6 mm.				DEFORMACIÓN		GRIETA		FISURA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA	X	1 REFLEJO DEL SOPORTE	
				2 PANDEO		2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		2 ACABADO	
				3 DESPLOMES		EROSIONES		DESPRENDIMIENTO	
POSIBLES CAUSAS				LESIONES QUÍMICAS					
La carencia de elementos estructurales que refuerzen los muros. - Posible asentamiento.				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES		ORGANISMOS	
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL		1 OXIDACION		1 ANIMALES	
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2 CORROSIÓN		2 PLANTAS	

Figura 10

Ficha Patológica No. 2 – Lesión E1-E8

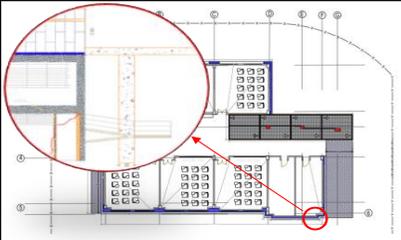
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E1-E8</b>			
NOMBRE DEL PROYECTO :		FICHA PATOLOGICA							
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
ELABORACIÓN:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	2			
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES		ELEMENTO ESTUDIADO:		MURO NO ESTRUCTURAL EN MAMPOSTERIA UBICADO EN EL BLOQUE A, ENTRE EJE D - F COSTADO IZQUIERDO ( NIVEL N+3.00 )					
									
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES					
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	LESIONES FISICAS					
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD	X	SUCIEDAD		EROSION			
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X			1 ATMOSFERICA			
ELEMENTO ESTRUCTURAL		CAUSAS		HUMEDAD					
SI		DIRECTA	X	1 DE OBRA	ENSUCIAMIENTO				
NO	X	INDIRECTA		2 CAPILAR	X	1 POR DEPÓSITO			
				3 DE FILTRACIÓN		2 POR LAVADO DIFERENCIAL			
				4 DE CONDENSACIÓN					
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS					
Se evidencia grieta en la fachada principal en el costado oriental de la estructura, se observa falla a corte del elemento en mampostería, así mismo en la parte inferior se evidencia manchas y desprendimiento de pintura.				DEFORMACIÓN		GRIETA		FISURA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA	X	1 REFLEJO DEL SOPORTE	
				2 PANDEO		2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		2 ACABADO	
				3 DESPLOMES		EROSIONES		DESPRENDIMIENTO	
				4 ALABEO		1 EROSIONES MECÁNICAS		1 DESPRENDIMIENTO	
POSIBLES CAUSAS				LESIONES QUÍMICAS					
La carencia de elementos estructurales que refuercen los muros. - Posible asentamiento.				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES		ORGANISMOS	
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL		1 OXIDACION		1 ANIMALES	
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2 CORROSIÓN		2 PLANTAS	

Figura 11

Ficha Patológica No. 3 – Lesión E1

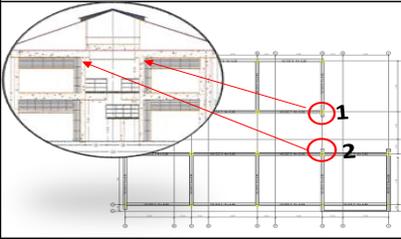
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E1</b>			
NOMBRE DEL PROYECTO :		FICHA PATOLOGICA							
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
ELABORACIÓN:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	3			
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES		ELEMENTO ESTUDIADO:		VOLADIZO UBICADO EN EL BLOQUE B EJE G ENTRE 1-2 (N+6.07) VOLADIZO UBICADO EN EL BLOQUE A EJE G ENTRE 4-5 (N+6.07)					
									
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES					
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	LESIONES FISICAS					
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD	X	SUCIEDAD		EROSION			
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X			1 ATMOSFERICA			
ELEMENTO ESTRUCTURAL		CAUSAS		HUMEDAD					
SI	X	DIRECTA		1 DE OBRA	ENSUCIAMIENTO				
NO		INDIRECTA	X	2 CAPILAR		1 POR DEPÓSITO			
				3 DE FILTRACIÓN		2 POR LAVADO DIFERENCIAL			
				4 DE CONDENSACIÓN					
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS					
Se observa lesiones en los elementos de voladizo donde la placa de cubierta de concreto se apoya únicamente, evidenciando fisuras y grietas en las tres caras del elemento				DEFORMACIÓN		GRIETA		FISURA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA	X	1 REFLEJO DEL SOPORTE	X
				2 PANDEO		2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		2 ACABADO	
				3 DESPLOMES		EROSIONES		DESPRENDIMIENTO	
				4 ALABEO		1 EROSIONES MECÁNICAS		1 DESPRENDIMIENTO	
POSIBLES CAUSAS				LESIONES QUÍMICAS					
Cambios de uso que implican sobrecargas.				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES		ORGANISMOS	
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL		1 OXIDACION		1 ANIMALES	
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2 CORROSIÓN		2 PLANTAS	

Figura 12

Ficha Patológica No. 4 – Lesión E-4-9-10

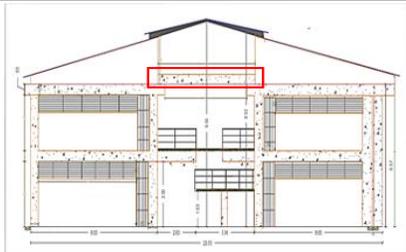
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>			<b>LESION</b> <b>E-4-9-10</b>					
<b>FICHA PATOLOGICA</b>				<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA</b>						
<b>NOMBRE DEL PROYECTO :</b>		<b>CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS   CIUDAD   GIRARDOT CUNDINAMARCA</b>								
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024		<b>DIRECCIÓN</b>		<b>FICHA No</b> 4						
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>			<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b>		PLACA EN CONCRETO UBICADA ENTRE EL EJE 2-4 (N+6.57)					
										
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>						
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	<b>LESIONES FISICAS</b>						
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD	X	<b>SUCIEDAD</b>						
ALTO	X	ASPECTO O CONFORT	X	<b>EROSION</b>						
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		<b>HUMEDAD</b>						
SI		DIRECTA		1	DE OBRA	ENSUCIAMIENTO				
NO	X	INDIRECTA	X	2	CAPILAR	1	POR DEPÓSITO			
				3	DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL			
				4	DE CONDENSACIÓN					
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>						
Se evidencia placa en concreto aligerada la cual presenta deflexiones perceptibles a la vista por procesos constructivos, adicionalmente se observan oquedades y eflorescencias.				<b>DEFORMACIÓN</b>						
				1	FLECHA	1	EXCESO DE CARGA			
				2	PANDEO	X	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		
				3	DESPLOMES		<b>EROSIONES</b>			
				4	ALABEO	1	EROSIONES MECÁNICAS	1	DESPRENDIMIENTO	
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>						
- Inadecuado proceso constructivo - Falta de mantenimiento - Posibles sobre esfuerzos				<b>EFLORESCENCIAS</b>						
				1	NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1	ANIMALES	
				2	BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	X	2	CORROSIÓN	2	PLANTAS

Figura 13

Ficha Patológica No. 5 – Lesión E5

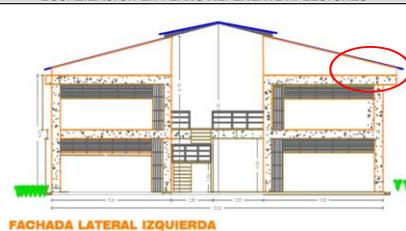
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>			<b>LESION</b> <b>E5</b>					
<b>FICHA PATOLOGICA</b>				<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA</b>						
<b>NOMBRE DEL PROYECTO :</b>		<b>CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS   CIUDAD   GIRARDOT CUNDINAMARCA</b>								
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024		<b>DIRECCIÓN</b>		<b>FICHA No</b> 5						
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>			<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b>		VIGA BLOQUE A (N+6.57)					
										
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>						
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	<b>LESIONES FISICAS</b>						
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD	X	<b>SUCIEDAD</b>						
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	<b>EROSION</b>						
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		<b>HUMEDAD</b>						
SI	X	DIRECTA		1	DE OBRA	ENSUCIAMIENTO				
NO		INDIRECTA	X	2	CAPILAR	1	POR DEPÓSITO			
				3	DE FILTRACIÓN	X	2	POR LAVADO DIFERENCIAL		
				4	DE CONDENSACIÓN					
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>						
Se observa una fisura horizontal predominante y grietas en forma de mapa en la parte superior de la fachada lateral izquierda, sobre la viga. Se desconoce si el muro de cullata cuenta con elementos de confinamiento, como columnetas y viguetas. Además, se aprecia desprendimiento de mortero, mampostería expuesta sin recubrimiento y manchas de humedad.				<b>DEFORMACIÓN</b>						
				1	FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1	REFLEJO DEL SOPORTE	X
				2	PANDEO		2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2	ACABADO
				3	DESPLOMES		<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>	
				4	ALABEO	1	EROSIONES MECÁNICAS	1	DESPRENDIMIENTO	X
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>						
- Errores de ejecución (Proceso Constructivo) - Carencia de un diseño de junta (Dilatación del elemento horizontal) - Humedad en los elementos porosos que componen el elemento. - Falta de elementos estructurales.				<b>EFLORESCENCIAS</b>						
				1	NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1	ANIMALES	
				2	BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2	CORROSIÓN	2	PLANTAS

Figura 14

Ficha Patológica No. 6 – Lesión E8

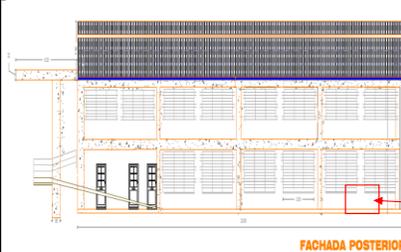
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E8</b>	
NOMBRE DEL PROYECTO:		FICHA PATOLOGICA					
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA							
ELABORACIÓN:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	6	
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES		ELEMENTO ESTUDIADO:		FACHADA POSTERIOR BLOQUE B			
							
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES			
BAJO	X	RESISTENCIA O CAPACIDAD		HUMEDAD		LESIONES FÍSICAS	
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD		ENSUCIAMIENTO		SUCIEDAD	
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	1 DE OBRA		1	EROSION
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CAUSAS			2 CAPILAR	X	1	ATMOSFERICA
SI		DIRECTA	X	3 DE FILTRACIÓN		2	
NO	X	INDIRECTA		4 DE CONDENSACIÓN			
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS			
Se observa humedad en el muro posterior del bloque B, y presencia de material vegetal en la cañuelas que obstruyen el paso del agua.				DEFORMACIÓN		GRIETA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA	1 REFLEJO DEL SOPORTE
				2 PANDEO		2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2 ACABADO
				3 DESPLOMES		EROSIONES	
				4 ALABEO		1	DESPRENDIMIENTO
POSIBLES CAUSAS				LESIONES QUÍMICAS			
- Falta de mantenimiento. -Inadecuado manejo de aguas lluvias				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES	
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL		1	ORGANISMOS
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2	ANIMALES
							2
							PLANTAS

Figura 15

Ficha Patológica No. 7 – Lesión E1

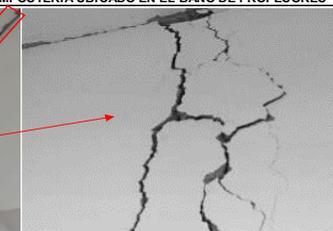
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E1</b>	
NOMBRE DEL PROYECTO:		FICHA PATOLOGICA					
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA							
ELABORACIÓN:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	7	
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES		ELEMENTO ESTUDIADO:		MUROS INTERNO EN MAMPOSTERIA UBICADO EN EL BAÑO DE PROFESORES			
							
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES			
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD	X	HUMEDAD		LESIONES FÍSICAS	
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD	X	ENSUCIAMIENTO		SUCIEDAD	
ALTO	X	ASPECTO O CONFORT	X	1 DE OBRA		1	EROSION
ELEMENTO ESTRUCTURAL	CAUSAS			2 CAPILAR		1	ATMOSFERICA
SI		DIRECTA		3 DE FILTRACIÓN		2	
NO	X	INDIRECTA	X	4 DE CONDENSACIÓN			
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS			
Se evidencia agrietamiento vertical en el muro interno del baño de profesores y fisuras horizontales en la parte superior del mismo.				DEFORMACIÓN		GRIETA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA	X
				2 PANDEO		2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	1 REFLEJO DEL SOPORTE
				3 DESPLOMES		EROSIONES	
				4 ALABEO		1	DESPRENDIMIENTO
POSIBLES CAUSAS				LESIONES QUÍMICAS			
- Pérdida de la capacidad portante del muro - Proceso constructivo Inadecuado. -Falta de elementos que adosen los muros realizando un confinamiento				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES	
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL		1	ORGANISMOS
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL		2	ANIMALES
							2
							PLANTAS

Figura 16

Ficha Patológica No. 8 – Lesión E8

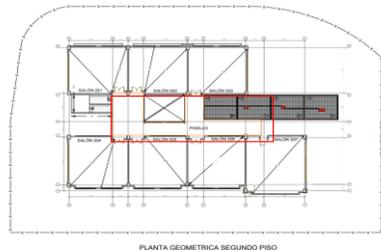
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>				<b>LESION E8</b>					
<b>FICHA PATOLOGICA</b>											
<b>NOMBRE DEL PROYECTO :</b>		INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024	<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	<b>FICHA No</b>	8					
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>		<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b>		AREA DE PASILLO N+3.50							
 <p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA GEOMETRICA SEGUNDO PISO</p>											
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>							
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD		<b>LESIONES FISICAS</b>							
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD		<b>HUMEDAD</b>		<b>SUCIEDAD</b>		<b>EROSION</b>			
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	1	DE OBRA	ENSUCIAMIENTO		1 ATMOSFERICA			
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		2	CAPILAR	1	POR DEPÓSITO				
SI		DIRECTA		3	DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL				
NO	X	INDIRECTA	X	4	DE CONDENSACIÓN						
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>							
Suciedad producida por los excrementos de las palomas, afecta a más del 30% de la edificación de la institución educativa. Se observa un alto porcentaje de heces en los pasillos y barandas del segundo nivel.				<b>DEFORMACIÓN</b>		<b>GRIETA</b>		<b>FISURA</b>			
				1	FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1	REFLEJO DEL SOPORTE		
				2	PANDEO	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2	ACABADO		
				3	DESPLOMES	<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>			
				4	ALABEO	1	EROSIONES MECANICAS	1	DESPRENDIMIENTO		
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>							
Habilitad de palomas en la institución - Falta de mantenimientos.				<b>EFLORESCENCIAS</b>		<b>OXIDACIONES Y CORROSIONES</b>		<b>ORGANISMOS</b>			
				1	NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1	ANIMALES	X	
				2	BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN	2	PLANTAS		

Figura 17

Ficha Patológica No. 9 – Lesión E3

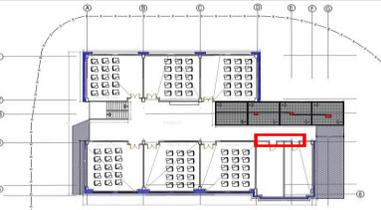
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>				<b>LESION E3</b>					
<b>FICHA PATOLOGICA</b>											
<b>NOMBRE DEL PROYECTO :</b>		INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024	<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS	CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	<b>FICHA No</b>	9					
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>		<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b>		AREA DE PASILLO N+0.00							
											
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>							
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD		<b>LESIONES FISICAS</b>							
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD		<b>HUMEDAD</b>		<b>SUCIEDAD</b>		<b>EROSION</b>			
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	1	DE OBRA	ENSUCIAMIENTO		1 ATMOSFERICA			
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		2	CAPILAR	X	POR DEPÓSITO				
SI		DIRECTA		3	DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL				
NO	X	INDIRECTA	X	4	DE CONDENSACIÓN						
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>							
La lesión presentada en el revestimiento de mortero presenta humedad y cambios de color zona del baño				<b>DEFORMACIÓN</b>		<b>GRIETA</b>		<b>FISURA</b>			
				1	FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1	REFLEJO DEL SOPORTE		
				2	PANDEO	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2	ACABADO		
				3	DESPLOMES	<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>			
				4	ALABEO	1	EROSIONES MECANICAS	1	DESPRENDIMIENTO		
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>							
- Humedad Accidenta. - Falta de mantenimientos.				<b>EFLORESCENCIAS</b>		<b>OXIDACIONES Y CORROSIONES</b>		<b>ORGANISMOS</b>			
				1	NO PROCEDEN DEL MATERIAL	X	1	OXIDACION	1	ANIMALES	
				2	BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN	2	PLANTAS		

Figura 18

Ficha Patológica No. 10 – Lesión E3

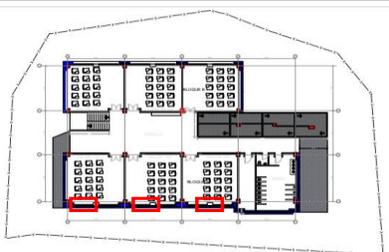
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>				<b>LESION E3</b>		
<b>FICHA PATOLOGICA</b>								
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA				<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA</b>				
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024		<b>DIRECCIÓN:</b> CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS		<b>CIUDAD:</b> GIRARDOT CUNDINAMARCA		<b>FICHA No:</b> 10		
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>				<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b> MURO EN MAMPOSTERIA FACHADA PRINCIPAL EJE 1				
								
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>				
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD		<b>LESIONES FISICAS</b>				
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD		<b>HUMEDAD</b>		<b>SUCIEDAD</b>		<b>EROSION</b>
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	1 DE OBRA	ENSUCIAMIENTO	1	ATMOSFERICA	
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		2 CAPILAR	1	POR DEPOSITO		
SI		DIRECTA		3 DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL		
NO	X	INDIRECTA	X	4 DE CONDENSACIÓN				
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>				
Se observan fisuras en la zona de los vanos entre ventanas, con un diámetro que varía entre 0,1 mm y 2 mm. Se verifica que el mortero de pega tiene un promedio de 6 cm de espesor y que el mortero carece de adherencia al mampuesto.				<b>DEFORMACIÓN</b>		<b>GRIETA</b>		<b>FISURA</b>
				1 FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1 REFLEJO DEL SOPORTE	
				2 PANDEO	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2 ACABADO	
				3 DESPLOMES	<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>	
				4 ALABEO	1	EROSIONES MECANICAS	1 DESPRENDIMIENTO	
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>				
- Inadecuados procesos constructivos. - Posibles humedades en el elemento				<b>EFLORESCENCIAS</b>		<b>OXIDACIONES Y CORROSIONES</b>		<b>ORGANISMOS</b>
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1 ANIMALES	
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN	2 PLANTAS	

Figura 19

Ficha Patológica No. 11 – Lesión E6

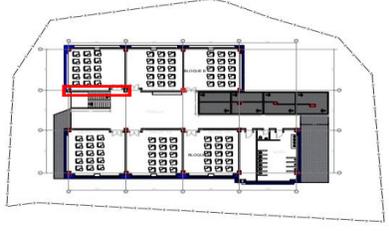
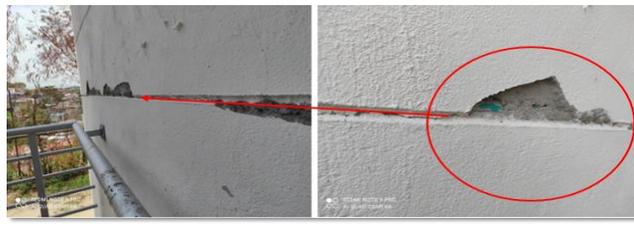
		<b>POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES</b>				<b>LESION E6</b>		
<b>FICHA PATOLOGICA</b>								
<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA				<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA</b>				
<b>ELABORACIÓN:</b> 20/04/2024		<b>DIRECCIÓN:</b> CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS		<b>CIUDAD:</b> GIRARDOT CUNDINAMARCA		<b>FICHA No:</b> 11		
<b>LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES</b>				<b>ELEMENTO ESTUDIADO:</b> VIGA DE BLOQUE B A NIVEL N+3.50				
								
<b>GRADO DE LESIÓN</b>		<b>AFECTACIÓN</b>		<b>LESIONES</b>				
BAJO	X	RESISTENCIA O CAPACIDAD		<b>LESIONES FISICAS</b>				
MEDIO		SERVICIO O DURABILIDAD		<b>HUMEDAD</b>		<b>SUCIEDAD</b>		<b>EROSION</b>
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X	1 DE OBRA	ENSUCIAMIENTO	1	ATMOSFERICA	
<b>ELEMENTO ESTRUCTURAL</b>		<b>CAUSAS</b>		2 CAPILAR	1	POR DEPOSITO		
SI		DIRECTA	X	3 DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL		
NO	X	INDIRECTA		4 DE CONDENSACIÓN				
<b>DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN</b>				<b>LESIONES MECÁNICAS</b>				
Se presenta una lesión horizontal en la parte inferior de la viga aérea del nivel dos (2), ubicada al lado de la escalera de ascenso. Se observa una tubería eléctrica de 1/2" de diámetro, revestida con 1 cm de mortero, lo que ocasiona dilatación y desprendimiento del material.				<b>DEFORMACIÓN</b>		<b>GRIETA</b>		<b>FISURA</b>
				1 FLECHA	1	EXCESO DE CARGA	1 REFLEJO DEL SOPORTE	
				2 PANDEO	2	DILATACIÓN O CONTRACCIÓN	2 ACABADO	
				3 DESPLOMES	<b>EROSIONES</b>		<b>DESPRENDIMIENTO</b>	
				4 ALABEO	1	EROSIONES MECANICAS	1 DESPRENDIMIENTO	
<b>POSIBLES CAUSAS</b>				<b>LESIONES QUÍMICAS</b>				
- Inadecuados procesos constructivos				<b>EFLORESCENCIAS</b>		<b>OXIDACIONES Y CORROSIONES</b>		<b>ORGANISMOS</b>
				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION	1 ANIMALES	
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN	2 PLANTAS	

Figura 20

Ficha Patológica No. 12 – Lesión E7

UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				LESION <b>E7</b>			
FICHA PATOLOGICA									
NOMBRE DEL PROYECTO : INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
ELABORACIÓN:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS   CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	12				
LOCALIZACIÓN EN PLANO REFERENTE A: LESIONES				ELEMENTO ESTUDIADO: PLACA DE CUBIERTA EN CONCRETO N-6.57					
									
GRADO DE LESIÓN		AFECTACIÓN		LESIONES					
BAJO		RESISTENCIA O CAPACIDAD		HUMEDAD		LESIONES FISICAS			
MEDIO	X	SERVICIO O DURABILIDAD				SUCIEDAD			
ALTO		ASPECTO O CONFORT	X			EROSION			
ELEMENTO ESTRUCTURAL		CAUSAS		1 DE OBRA		ENSUCIAMIENTO			
SI		DIRECTA		2 CAPILAR	1	POR DEPÓSITO			
NO	X	INDIRECTA	X	3 DE FILTRACIÓN	2	POR LAVADO DIFERENCIAL			
				4 DE CONDENSACIÓN					
DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN				LESIONES MECÁNICAS					
Se observan alteraciones en la forma y/o dimensiones de elementos de la placa de cubierta en concreto, como las vigas con pandeos de 4 cm y en los extremos reducción de 3 cm por material de formaleta.				DEFORMACIÓN		GRIETA		FISURA	
				1 FLECHA		1 EXCESO DE CARGA		1 REFLEJO DEL SOPORTE	
				2 PANDEO	X	2 DILATACIÓN O CONTRACCIÓN		2 ACABADO	
				3 DESPLOMES		EROSIONES		DESPRENDIMIENTO	
				4 ALABEO	1	EROSIONES MECÁNICAS			
						LESIONES QUÍMICAS			
POSIBLES CAUSAS				EFLORESCENCIAS		OXIDACIONES Y CORROSIONES		ORGANISMOS	
- Inadecuados procesos constructivos. - Encofrados de baja calidad				1 NO PROCEDEN DEL MATERIAL	1	OXIDACION		1	ANIMALES
				2 BAJO LA SUPERFICIE DEL MATERIAL	2	CORROSIÓN		2	PLANTAS

Adicionalmente, se realizó una ficha patológica ambiental para realizar una descripción del entorno donde se encuentra la edificación objeto de estudio, y una ficha de registro de testigos.

Figura 21

Ficha Patológica Ambiental

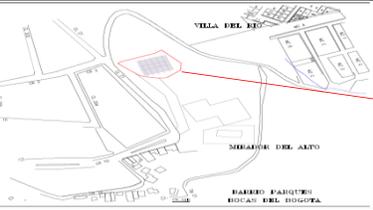
UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		POSGRADO EN PATOLOGIA E INTERVENCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES				VERSION No 1			
FICHA PATOLOGICA AMBIENTAL									
NOMBRE DEL PROYECTO : INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUEVO HORIZONTE - BLOQUE DE SECUNDARIA									
FECHA:	DIRECCIÓN	CALLE 21A No 1D - 58 B/ ALTO DE LAS ROSAS   CIUDAD	GIRARDOT CUNDINAMARCA	FICHA No	1				
LOCALIZACIÓN EN PLANO TOPOGRAFICO			ELEMENTO ESTUDIADO:		ENTORNO DEL PACIENTE				
									
PENDIENTE % DEL ENTORNO		VEGETAL		TIPOLOGIA MICROFAUNA		GENERALIDADES DEL ENTORNO			
A 0-3%	BOSQUE		INSECTOS			CLIMA			
B 3-7%	PASTO		AVES	X	1 CALIDO - SECO	CERCANIA DE VIAS Y ACCESOS			
C 7-12%	ARBUSTOS		ANFIBIOS		2 SUBTROPICAL	1	SERVICIO URBANO		
D 12-25%	MATORRALES	X	MAMIFEROS		3 CALIDO - HUMEDO	2	VIAS PRINCIPALES		
E 25-50%	SIN VEGETACION				4 TEMPLADO	3	CAMINOS VECINALES		
F 50-75%					5 FRIO	4	VIAS URBANAS EN MATERIAL		
G >75%						5	VIAS URBANAS SUELO NATURAL		
POSIBLES DETERIORES DEL ENTORNO				TEMPERATURA		CLIMA			
Se evidencia zona en erosión del terreno del talud a la cual le están realizando contención con muro en lantias a cuenta de habitantes del sector.				1 CALIDO - SECO	X	AIRE		VIENTO PREDOMINANTE	
				2 SUBTROPICAL		1 PURO		1 LEVE	
				3 CALIDO - HUMEDO		2 BUENO	X	2 MODERADO	X
				4 TEMPLADO		3 MALO		3 FUERTE	
				5 FRIO					
DESCRIPCIÓN DE LA MORFOLOGIA DEL TERRENO				PELIGROS DE DESLIZAMIENTOS		POSIBLES AFECTACIONES			
El terreno donde se encuentra implantada la institución educativa del bloque de secundaria es plano, teniendo como base las curvas de nivel la N+319.90 a N+320 que arroja el levantamiento topografico (ver plano anexo)				1 NULO	X	PELIGROS DE INUNDACIONES		URGENCIA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO	
				2 LATENTE		1 NULO	X	1 LEVE	
				3 INMINENTE		2 LATENTE		2 MODERADO	X
						3 INMINENTE		3 SEVERO	
OBSERVACIONES									
De acuerdo a las fotografías de google earth se evidencia la perdida de vegetación alrededor de la zona de estudio.									
Simbología para pendientes %:		A). Plano B). Ligeramente inclinado. C). Moderadamente inclinada. D). Fuertemente inclinado E). Ligeramente escarpado. F). Moderadamente escarpado. G). Fuertemente escarpado							

Figura 22

## Ficha Registro de Testigos

FICHA REGISTRO DE TESTIGOS				FICHA	1	
EDIFICACIÓN	BLOQUE SECUNDARIA INST. EDUC. NUEVO HORIZONTE	DIRECCIÓN	CALLE 21A No. 1D – 58 B/ALTO DE LAS ROSAS	Versión	1	
ELEMENTO AFECTADO	MUROS	TIPO PROCESO PATOLOGICO	NO ESTRUCTURAL	Página	1 de 1	
TIPO DE LESION	MECANICA	LESION	GRIETA VERTICAL, FISURA HORIZONTAL			
<b>PLANO UBICACIÓN TESTIGOS</b>						
# DE TESTIGO	REGISTRO CON SEGUIMIENTO FOTOGRAFICO		DESCRIPCIÓN	MM DE LA LESION	FECHAS DE SEGUIMIENTOS	ESTADO DE LESION
1			En el área con presencia patológica se evidencia una fisura horizontal, se encuentra entre dos vanos de ventanas sobre bloque	0,75 mm	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2024	PASIVA
2			En el área con presencia patológica se evidencia una fisura horizontal, se encuentra entre dos vanos de ventanas sobre bloque	1,20 mm	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2024	PASIVA
3			En el área con presencia patológica se evidencia una fisura horizontal, se encuentra entre dos vanos de ventanas sobre bloque	2 mm	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2025	PASIVA
4			En el área con presencia patológica se evidencia una Grieta vertical que inicia en la parte superior del muro y continua con los muros laterales.	6 MM	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2026	PASIVA
5			En el área con presencia patológica se evidencia una Grieta vertical que inicia en la parte superior del muro y continua con los muros laterales.	1,30 MM	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2027	PASIVA
6			En el área con presencia patológica se evidencia una fisura horizontal, ubicada en la parte inferior de la viga de amarre	0,1 MM	21/10/2023 17/03/2024 12/05/2028	PASIVA
<b>OBSERVACIONES:</b> Se realizo oscultamiento en las lesiones presentadas verificando que se tienen morteros de 6,5 cm						

## **Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Bloque de Secundaria Institución Educativa Nuevo Horizonte**

Para efectos de la investigación después de Identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa, se continua con el análisis de la vulnerabilidad sísmica de la edificación, considerando aspectos estructurales y caracterización del suelo.

Inicialmente, se desarrolla la caracterización del suelo realizando apiques para la toma de muestras, y posteriormente, realizar pruebas de laboratorio no invasivas como ensayos no destructivos; el ensayo de granulometría para la caracterización del suelo Norma INV E-123 y INV E-122-13, el ensayo del penetrometro de Bolsillo, y de carbonatación. Posteriormente, se lleva a cabo el Martillo de rebote ensayo de la Norma Técnica Colombiana NTC 3692 y la internacional ASTM C805, el cual se realiza a partir del uso de un esclerómetro, y el ensayo a través de un sistema de detección (Ferroskan).

### ***Caracterización del Suelo***

#### **Apique 1. Inspección en Cimentación.**

La toma de muestras para realizar la caracterización del suelo se llevó a cabo el 17 de marzo de 2024 en la Institución Educativa, ubicada en Cra 1D No. 10-58, Barrio Alto de las Rosas, Girardot – Cundinamarca. La muestra se extrajo a una profundidad de -1.30 m en el Eje A-8, según la nomenclatura del plano de levantamiento arquitectónico. Se procedió con la caracterización del suelo, comenzando con el ensayo de granulometría.

#### **Ensayo de Granulometría.**

Este ensayo permite comprender la distribución de tamaños de partículas en una muestra de 400 gramos, donde se observó una pérdida del 40.82% después del lavado. Es fundamental para la clasificación del suelo identificar propiedades como plasticidad y límites como se detalla en las tablas de referencia. El método utilizado corresponde al tamizado y a pesar del alto porcentaje en finos no se realizó por Hidrómetro por carencia de los equipos en la región.

Figura 23

Granulometría Norma I.N.V. E-123

GRANULOMETRIA NORMA I.N.V. E-123					
PESO INICIAL			400,0		
PESO FINAL			163,3		
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA
pulg	mm				
3"	76,10	0,0	0,0	0,0	100,0
2 ½"	64,00	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	0,0	100,0
1 ½"	38,10	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	0,0	100,0
¾"	19,00	0,0	0,0	0,0	100,0
½"	12,70	3,2	2,0	2,0	98,0
3/8"	9,51	12,2	7,5	9,4	90,6
Nº 4	6,30	24,6	15,1	24,5	75,5
Nº 8	4,76	17,3	10,6	35,1	64,9
Nº 10	2,38	5,7	3,5	38,6	61,4
Nº16	2,00	10,1	6,2	44,8	55,2
Nº20	1,68	5,1	3,1	47,9	52,1
Nº30	1,19	12,5	7,7	55,5	44,5
Nº40	0,59	8,1	5,0	60,5	39,5
Nº50	0,42	46,1	28,2	88,7	11,3
Nº60	0,30	3,7	2,3	91,0	9,0
Nº80	0,18	7,8	4,8	95,8	4,2
Nº100	0,15	1,0	0,6	96,4	3,6
Nº200	0,074	5,7	3,5	99,9	0,1
PASA No.200		0,2			

Figura 24

Grafica de la Gradación Exploración 1



Figura 25

Determinación Contenido de Agua (Humedad) Muestras INV E-122-13

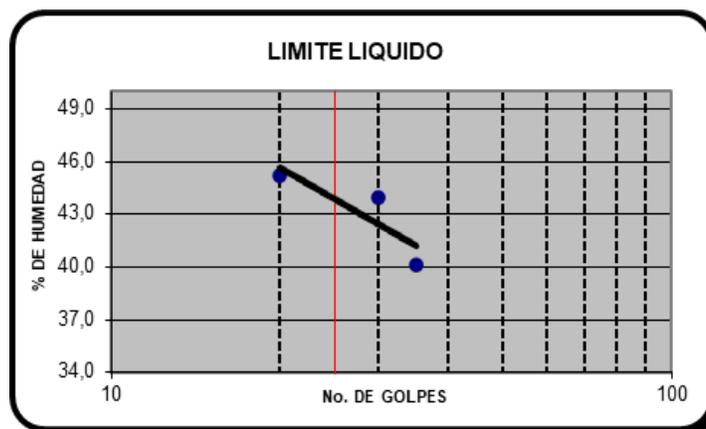
DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS INV E-122-13	
ENSAYO N°	1
TARA N°	1
PESO TARA+SUELO HUMEDO	164,4
PESO TARA+SUELO SECO	145,6
PESO TARA	42,1
% DE HUMEDAD	18,16

Figura 26

Límites de Consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
LÍMITE LIQUIDO NORMA I.N.V. E-125			
RECIPIENTE No.	1	2	3
No. DE GOLPES	35	30	20
PESO SUELO HUMEDO +RECIP.	27,00	27,30	29,60
PESO SUELO SECO +RECIP	21,10	20,80	22,00
PESO RECIPIENTE	6,40	6,00	5,20
%DE HUMEDAD	40,1	43,9	45,2

LÍMITE PLASTICO NORMA I.N.V. E-126			% W <sub>n</sub>
RECIPIENTE No.	4	5	6
PESO SUELO HUMEDO +RECIP.	11,50	12,10	12,6
PESO SUELO SECO +RECIP	10,30	10,80	11,4
PESO RECIPIENTE	5,50	6,30	6,30
%DE HUMEDAD	25,0	28,9	23,5



**Figura 27**

*Consolidado de Resultados del Suelo para Clasificación*

%LIMITE LIQUIDO	<b>43,9</b>	COEF. UNIFORMIDAD	<b>6,4</b>
%LIMITE PLASTICO	<b>26,9</b>	COEF. CURVATURA	<b>0,4</b>
%INDICE PLASTICO	<b>16,9</b>	MODULO DE FINURA	<b>6,9</b>
%DE GRAVAS	<b>35,1</b>	CLASIFICACION USC	<b>SP</b>
%DE ARENAS	<b>64,8</b>	CLASIFICACION AASHTO	<b>A-2-7</b>
%DE FINOS	<b>0,1</b>	INDICE DE GRUPO	<b>0</b>

### **Ensayo Penetrómetro de Bolsillo.**

Durante el apique realizado en la cimentación del bloque B, Eje A-6, se llevaron a cabo 5 penetraciones al suelo para calcular un promedio de la resistencia, utilizando un penetrómetro de bolsillo. Este dispositivo portátil es comúnmente empleado en la evaluación de suelos y cimentaciones, ofreciendo una manera rápida y sencilla de medir la resistencia del suelo a diferentes profundidades. Esta evaluación ayuda a identificar áreas problemáticas o debilidades en la cimentación. En este caso, se obtuvo un resultado de 3 kgf/cm<sup>2</sup>. Posteriormente, se aplicó un factor de seguridad de 3.0, lo que resultó en una carga de referencia de 10 ton/m<sup>2</sup>.

**Figura 28**

*Toma de Muestra Ensayo penetrómetro de Bolsilla*



### Exploración a la Cimentación

Esta exploración es esencial para obtener datos precisos sobre las características y dimensiones mediante un apique ubicado en el bloque B eje A-6. Durante la excavación, se descubre una cimentación superficial con zapatas, que tiene dimensiones de 1.40 metros de lado por lado. La profundidad del apique revela una placa de contrapiso de 15 cm, una viga de cimentación con altura de 60 cm y un espesor de dado de 50 cm como se evidencia en registro fotográfico y detalle plano.

#### Figura 29

##### *Exploración a la Cimentación*

La placa del bloque A tiene un espesor de 15 cm.

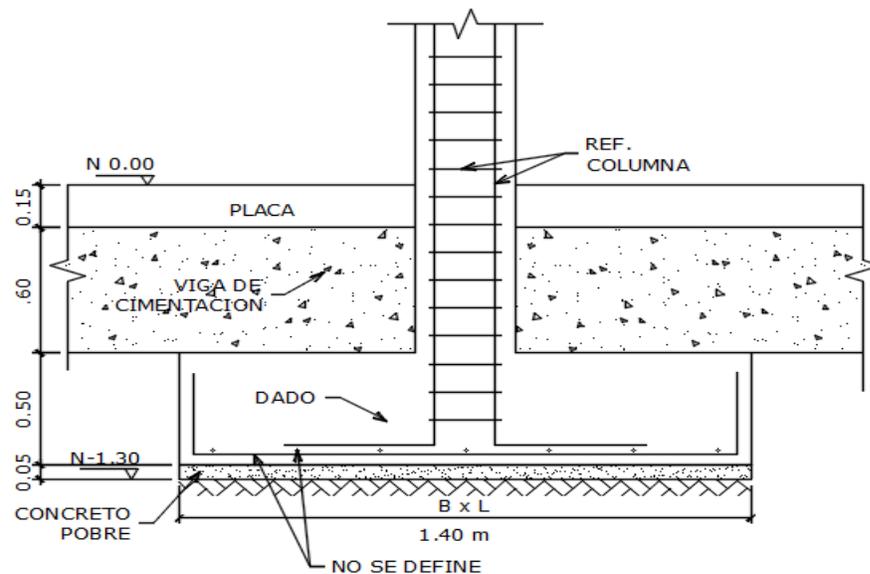


Viga de cimentación 60 cm

El espesor del dado 50 cm

Lado de 1.4 m



**Figura 30***Detalle de Zapata en corte***Ensayo de Carbonatación**

La institución educativa se encuentra en un estado restringido para el uso institucional, lo que ha llevado a la estructura a un estado de deterioro debido a la falta de mantenimiento. Se observan problemas relacionados con el manejo de aguas y humedad. Se llevaron a cabo dos tomas con el indicador de fenolftaleína en la zona del dado de la zapata, donde se realizó el apique a la cimentación, con el fin de obtener el perfil de carbonatación actual de la estructura. Posteriormente, se proyectará la vida útil de la misma y se aplicará un mantenimiento para reducir el avance del deterioro.

Este avance ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ) reacciona con la humedad dentro de los poros de concreto, convirtiendo el hidróxido de calcio, sodio y potasio (con alto pH) en carbonatos, que tienen un pH más neutral, ocasionando que el pH general disminuya hasta valores cercanos a neutros (7-8) (Osorio, 2022). En términos generales, al determinar el estado de carbonatación mediante este ensayo, se procederá a verificar los materiales que contribuyan a desactivar el óxido generado sobre el acero, lo que permita detener la corrosión activa.

$$V = \frac{X}{\sqrt{t}}$$

*Ecuación – Velocidad del frente de carbonatación*

*Donde:*

- *V: Velocidad de carbonatación en mm/año<sup>0.5</sup>.*
- *X. Profundidad del frente de carbonatación medida en mm.*
- *t: Edad de estructura en años (2011 a 2024).*

Para el caso de la edad de construcción de la edificación se tiene que se construyó en 2011 información obtenida por informe recibido por la secretaria de educación y entrevistas por personal administrativo de la institución, para el tema del apique de la cimentación en el dado se obtiene una velocidad de carbonatación de 0.55 mm/año<sup>0.5</sup> (leve) y para la columna se tiene 1.38 mm/año<sup>0.5</sup> para lo que es posible estimar una edad de 87 años en la columna para llegar al frente de carbonatación y para la cimentación se calcula más de 100 años lo que corresponde en una calificación satisfactoria considerando que supera la probabilidad de vida útil.

**Figura 31**

Ensayo Carbonatación Dado de la Zapata



### Exploración a placa de contrapiso.

Se realiza una perforación de 30 cm x 30 cm (LxL), verificando un espesor de 17 cm, en concreto simple. Como soporte de la placa, se observa un material de mejoramiento afirmado. La exploración alcanza una profundidad de 80 cm, demostrando la ausencia de vigas de cimentación entre bloques. Esta exploración se lleva a cabo con el propósito de determinar la existencia de elementos de cimentación que conecten el bloque A con el bloque B, con el fin de recopilar toda la información disponible a través de la auscultación. Posteriormente, se recolecta más información para realizar la modelación en software y evaluar la vulnerabilidad de la edificación, obteniendo resultados consistentes.

### Figura 32

*Exploración a la placa de contrapiso*



### Figura 33

*Muestra en horno para granulometría*



**Figura 34**

*Muestra para humedad*

**Figura 35**

*Tamizaje para Granulometría*



### ***Ensayo sistema de detección (Ferroskan).***

Es una inspección no destructiva, los principales usos son: Revisión del diámetro de barras de acero, separación de refuerzos y espesores de recubrimientos para una verificación de carga por cambio de uso de la estructura perforación de elementos de hormigón.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos en terreno, se da respuesta a los interrogantes que puedan presentarte, teniendo en cuenta que para la estructura en estudio no se cuenta con ninguna información preliminar de tipo estructural que nos ayude a identificar los materiales implementados. (Ver Anexo E).

### ***Ensayo de Esclerometría***

Para definir la resistencia del material con el que fue construido la Infraestructura educativa del Colegio Nuevo Horizonte, fue necesario realizar un ensayo no destructivo denominado Martillo de rebote ensayo de la Norma Técnica Colombiana NTC 3692 y la internacional ASTM C805, el cual se realiza a partir del uso de un esclerómetro. Se utilizó el equipo de prueba esclerómetro marca Modelo HT 225 – Serie 15134 Tipo Análogo.

El ensayo consiste primordialmente en apoyar ligeramente la cabeza de la barra de percusión sobre la superficie a ensayar, se libera de su fijación y la barra se desliza, por si misma, fuera del armazón. Este percutor se presiona contra un punto de la superficie bajo prueba, aumentando lentamente la presión hasta que se retira por completo del cuerpo, después de lo cual se suelta el golpe del martillo. Tras este impacto, el martillo rebota una determinada distancia, que está marcada en la escala. Esta lectura de posición en la escala indica la cantidad de retroceso como porcentaje del recorrido del martillo. Este valor leído en la tabla se puede utilizar para determinar la resistencia del concreto en función del ángulo de impacto. Mediante este procedimiento se examinan un total de cinco (05) elementos (Matajudíos, 2023).

Las mediciones realizadas y los resultados del mismo se relacionan en el informe de Vulnerabilidad sísmica, este método utilizado se utiliza para apreciar comparativamente la resistencia del concreto, sin embargo, se aclara que no se puede tomar como una única opción de ensayo para determinar la resistencia a compresión del concreto endurecido.

### **Análisis Estructural: NSR-10 y Modelación ETABS**

El presente apartado desarrolla el estudio de vulnerabilidad sísmica estructural conforme al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10 con fines de reconocimiento estructural del proyecto. El modelo estructural, se basó utilizando el Software de Análisis Estructural ETABS, contemplando los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y el levantamiento estructural.

Con lo anterior, se aclara que el modelo se ejecuta teniendo en cuenta el estado actual de sus elementos estructurales. Así, éste represente el comportamiento real de la estructura frente a un evento sísmico, dando como resultado un análisis completo respecto al chequeo de derivas, índice de sobreesfuerzo, análisis estructural dinámico, entre otros.

**Tabla 8**

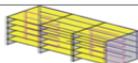
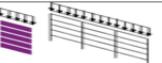
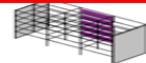
*Avalúo de solicitaciones Equivalentes (Muerta, Viva, Viva Cubierta)*

<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b>LUGAR DE PROYECTO</b>	GIRARDOT - CUNDINAMARCA
<b>ZONA SÍSMICA</b>	INTERMEDIA
<b>TIPO DE SUELO</b>	D
<b>NUMERO DE PISOS</b>	2
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	PÓRTICOS
<b>ALTURA TOTAL DE LA ESTRUCTURA</b>	6.86
<b>GRUPO DE USO</b>	3
<b>COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA - DIRECCIÓN X</b>	5
<b>COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA - DIRECCIÓN Y</b>	5

El sistema estructural de la Institución Educativa corresponde a un pórtico en concreto resistente a momentos (DMO), Los elementos estructurales que trabajan en cargas gravitacionales son las placas y vigas entrepiso y columnas, y las cargas que trabajan ante las fuerzas horizontales serían los muros divisorios de la edificación.

Figura 36

Sistema estructural de resistencia sísmica

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA			
SISTEMA		CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA			
COMBINADO			
			
PORTICO			
DUAL			

### Avaluó de Solicitaciones Equivales (Muerta – Viva)

Conforme a lo evidenciado en la inspección ocular realizada a la institución educativa Nuevo Horizonte, se pudo establecer la siguiente carga muerta adicional a la correspondiente al peso propio de la estructura.

Tabla 9

Análisis Cargas Muertas en la Estructura Placa Entre Piso

ANÁLISIS CARGAS MUERTAS EN LA ESTRUCTURA PLACA ENTRE PISO			
DESCRIPCIÓN		TIPO	kN/m <sup>2</sup>
MUROS		Mampostería de Bloque de arcilla (Ambas caras e=15 cm)	3
ACABADO PISO		Baldosa cerámica (20mm) sobre 25 mm de mortero	1.1
CIELO RASOS		Láminas de yeso, 12 mm Drywall – Superboard	0.1
VENTANERÍA (Incluye dinteles)		(45% Carga del Muro)	1.35
CIELO RASOS		Ductos Mecánicos	0.2
<b>VALOR TOTAL CARGAS MUERTAS</b>			<b>5.75</b>

Nota. Se toma como referencia NSR - Título B - Capítulo B.3 Cargas Muertas, Tabla B.3.4.1-3 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – pisos. Tabla B.3.4.2-4 Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales verticales – Muros. Tabla B.3.4.2-5 Cargas muertas mínimas de

elementos no estructurales verticales – Ventanas. No se tomó en cuenta el peso de la placa de concreto, ya que esta será incluida en el modelo matemático.

Teniendo en cuenta el uso que tiene la infraestructura que es de tipo educativo es de:

**Tabla 10**

*Análisis Cargas Vivas en la Estructura Placa Entre Piso*

<b>ANÁLISIS CARGAS VIVAS EN LA ESTRUCTURA PLACA ENTRE PISO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>SALONES DE CLASE</b>	Cargas distribuidas uniformes - EDUCATIVOS	2

*Nota.* Se toma como referencia NSR - Titulo B - Capitulo B.4 Cargas Vivas, Tabla B.4.2.1-1 Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

**Tabla 11**

*Análisis Cargas Vivas en la Estructura Cubierta*

<b>ANÁLISIS CARGAS VIVAS EN LA ESTRUCTURA CUBIERTA</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>CUBIERTAS CON PENDIENTE 15% O MENOS</b>	Estructura metálica o de madera	0.5

*Nota.* Se toma como referencia NSR - Titulo B - Capitulo B.4 Cargas Vivas, Tabla B.4.2.1-2 Cargas vivas mínimas en cubiertas.

**Tabla 12**

*Análisis Cargas Muertas en la Estructura Cubierta*

<b>ANÁLISIS CARGAS MUERTAS EN LA ESTRUCTURA CUBIERTA</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>CUBIERTAS CON PENDIENTE 15% O MENOS</b>	Estructura metálica o de madera	0.5

Tabla 13

## Análisis Cargas de Viento

ANÁLISIS CARGAS DE VIENTO	
DESCRIPCIÓN	kN/m <sup>2</sup>
No se tuvieron en cuenta para el presente análisis.	0

## Análisis Peso Estructura

Dado que no se cuenta con información relacionada con los diseños de la estructura, para el presente análisis y con el fin de evaluar el peso de la estructura, conforme a lo evidenciado en campo se estimó los siguientes datos:

- Placa aligerada en 1 dirección en sentido Y, para soportar las cargas del pasillo y voladizo.
- La distribución y dimensiones de las viguetas se realizó de acuerdo a la NSR – Capítulo E5

Literal – 5 1.5.14 – Las Viguetas – son elementos que contiene el refuerzo principal de la losa. El ancho de las viguetas debe ser mínimo de 80 mm y su espaciamiento máximo entre ejes será de 600 mm.

Figura 37

## Plano Viguetas – Análisis Peso Estructura

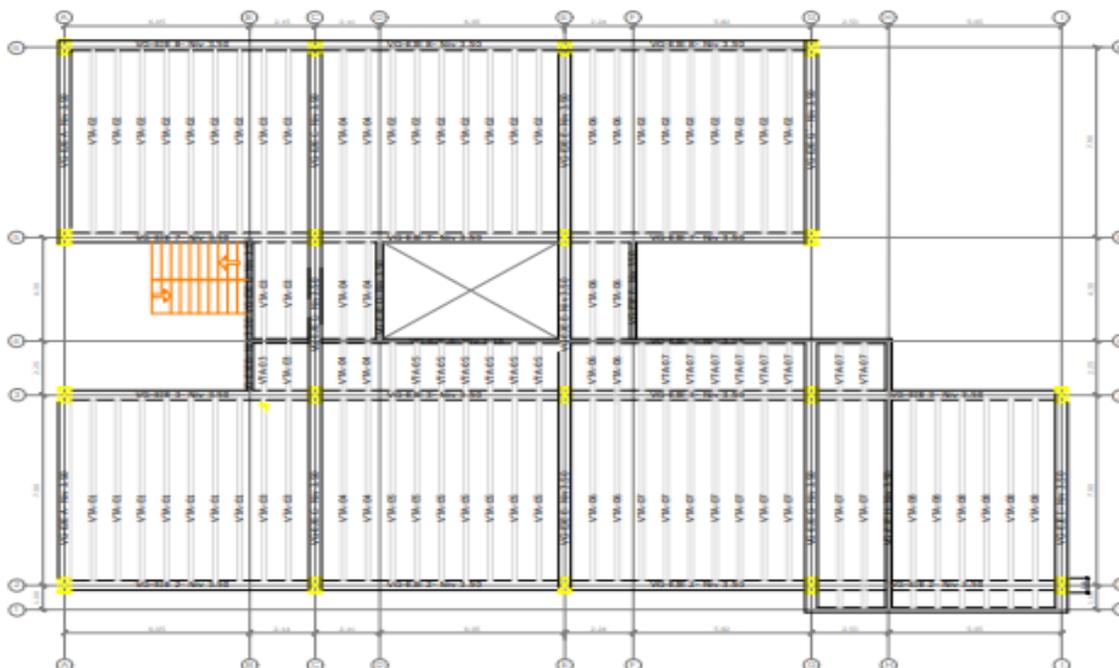


Tabla 14

Análisis Peso Estructura – Viguetas

ANÁLISIS PESO ESTRUCTURAL		
DESCRIPCIÓN	LARGO (m)	PESO (kN)
VG - EJE A - NIV 3.50	8.23	39.50
VG - EJE A' - NIV 3.50	7.85	37.68
VG - EJE B - NIV 3.50	7.13	17.11
VG - EJE C - NIV 3.50	22.66	108.77
VG - EJE D - NIV 3.50	4.67	11.21
VG - EJE E - NIV 3.50	22.66	108.77
VG - EJE F - NIV 3.50	4.3	10.32
VG - EJE G - NIV 3.50	11.73	56.30
VG - EJE - G' - NIV 3.50	7.85	37.68
VG - EJE H - NIV 3.50	11.73	28.15
VG - EJE I - NIV 3.50	9.08	43.58
VG - EJE 1 - NIV 3.50	8.58	20.59
VG - EJE 2 - NIV 3.50	32.99	158.35
VG - EJE 3 - NIV 3.50	32.99	158.35
VG - EJE 4 - NIV 3.50	8.16	19.58
VG - EJE 5 - NIV 3.50	24.81	119.09
VG - EJE 6 - NIV 3.51	24.81	119.09
VTA - 01 - NIV 3.50 SON 7	7.68	96.77
VTA - 02 - NIV 3.50 SON 21	7.3	275.94
VTA - 03 - NIV 3.50 SON 2	22.11	79.60
VTA - 04 - NIV 3.50 SON 2	22.11	79.60
VTA - 05 - NIV 3.50 SON 7	10.15	127.89
VTA - 06 - NIV 3.50 SON 2	22.11	79.60
VTA - 07 - NIV 3.50 SON 7	10.51	170.26
VTA - 08 - NIV 3.50 SON 2	11.53	20.75
VTA - 09 - NIV 3.50 SON 6	8.7	15.66
VG - EJE A - NIV 6.86	8.23	39.50
VG - EJE A' - 6.86	7.85	37.68
VG - EJE C - NIV 6.86	8.23	39.50
VG - EJE C' - NIV 6.86	7.85	37.68
VG - EJE E - NIV 6.86	8.23	39.50
VG - EJE E' - NIV 6.86	7.85	37.68
VG - EJE G - NIV 6.86	9.08	43.58
VG - EJE G' - NIV 6.86	7.85	37.68
VG - EJE I - NIV 6.86	9.08	43.58
VG - EJE 2 - NIV 6.86	32.99	158.35

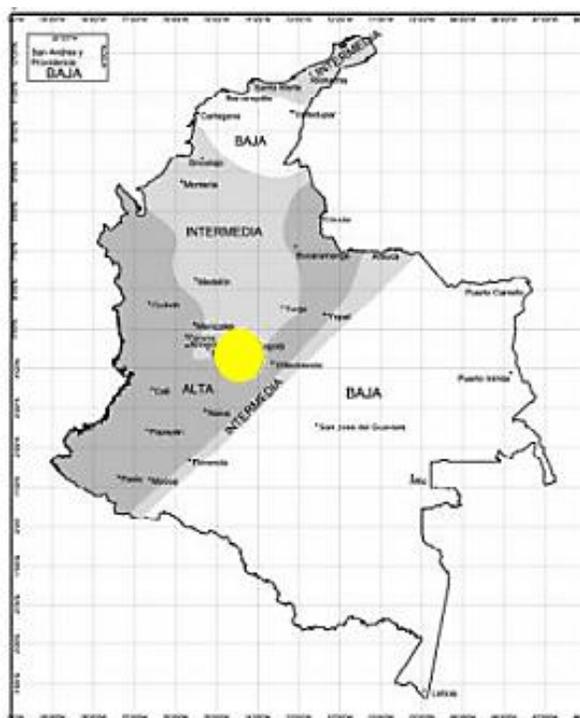
VG - EJE 3 - NIV 6.86	32.99	158.35
VG - EJE 5 - NIV 6.86	24.81	119.09
VG - EJE 6 - NIV 6.86	24.81	119.09
COLUMNAS - SON 18	6.86	711.24
	<b>ÁREA TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ÁREA VACÍOS (m<sup>2</sup>)</b>
<b>LOSA DE ENTRE PISO</b>	575.89	25.75
<b>PESO LOSA DE ENTRE PISO</b>	1056.3	kN
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA PESO PROPIA ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>		5346.24 kN
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA CARGAS MUERTAS</b>		3321.47 kN
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA PESO PROPIO ELEMENTOS ESTRUCTURALES – ETABS</b>		5373.91 kN
<b>PESO ESTRUCTURA CARGAS MUERTAS – ETABS</b>		3.291.31kN

### Avaluó de Solicitaciones Equivalentes: Sismo

Espectro de Diseño. Zona de amenaza sísmica: El municipio de Girardot - Cundinamarca, de acuerdo a la figura A.2.3-1 del Título A de la NSR-10, se encuentra ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia.

### Figura 38

Zona de amenaza sísmica NSR-10



A continuación, se describe los datos para el cálculo del espectro de la estructura.

**Tabla 15**

*Datos cálculo espectro de la estructura*

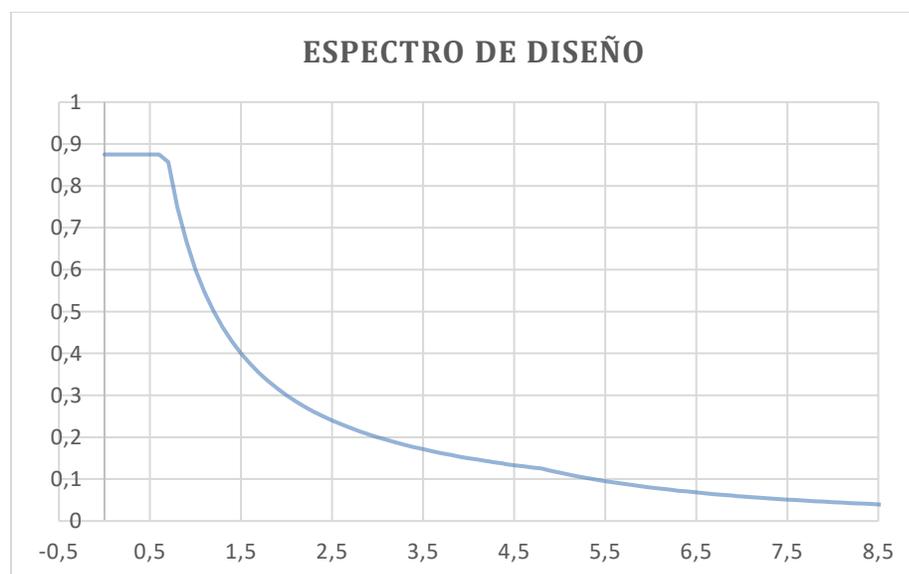
Aa	<b>0.2</b>
Av	0.2
Fa	1.4
Fv	2
Ad	0.06
COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1.25
Ta	0.27
T0	0.143
TC	0.69
TL	4.80
$C_u = 1.75 - 1.2A_vF_v$	1.27
$T = C_u T_a$	0.34
K	1

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	Aa <= 0.1	<b>Aa = 0.2</b>	Aa = 0.3	Aa = 0.4	Aa >= 0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1	1	1	1	1
C	1.2	1.2	1.1	1	1
D	1.6	<b>1.4</b>	1.2	1.1	1
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	Av <= 0.1	<b>Av = 0.2</b>	Av = 0.3	Av = 0.4	Av >= 0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1	1	1	1	1
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	<b>2</b>	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

**Figura 39**

*Espectro de diseño*



$$S_a = 2.5 A_a F_a I$$

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v I}{T}$$

$$S_a = \frac{1.2 A_v F_v T_L I}{T^2}$$

$$T_0 = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

$$T_C = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_v$$

Tabla 16

Tabulación del Diseño del Espetro

TABULACIÓN DEL DISEÑO DEL ESPETRO							
<b>T</b>	<b>SA</b>		<b>2.2</b>	<b>0.27272727</b>		<b>4.39</b>	<b>0.13667426</b>
0	0.875		2.3	0.26086957		4.4	0.13636364
0.1	0.875		2.4	0.25		4.5	0.13333333
0.2	0.875		2.5	0.24		4.6	0.13043478
0.3	0.875		2.6	0.23076923		4.7	0.12765957
0.4	0.875		2.7	0.22222222		4.8	0.125
0.5	0.875		2.8	0.21428571		4.9	0.11995002
0.55	0.875		2.9	0.20689655		5	0.1152
0.6	0.875		3	0.2		5.1	0.11072664
0.7	0.85714286		3.1	0.19354839		5.2	0.10650888
0.8	0.75		3.2	0.1875		5.3	0.10252759
0.9	0.66666667		3.3	0.18181818		5.4	0.09876543
1	0.6		3.4	0.17647059		5.5	0.09520661
1.1	0.54545455		3.5	0.17142857		5.6	0.09183673
1.2	0.5		3.6	0.16666667		5.7	0.08864266
1.3	0.46153846		3.7	0.16216216		5.8	0.08561237
1.4	0.42857143		3.8	0.15789474		5.9	0.08273485
1.5	0.4		3.9	0.15384615		6	0.08
1.6	0.375		4	0.15		6.1	0.07739855
1.7	0.35294118		4.1	0.14634146		6.2	0.07492196
1.8	0.33333333		4.2	0.14285714		6.3	0.07256236
1.9	0.31578947		4.21	0.14251781		6.4	0.0703125
2	0.3		4.25	0.14117647		6.5	0.06816568
2.1	0.28571429		4.29	0.13986014			
			4.3	0.13953488			
			4.31	0.13921114			
			4.35	0.13793103			

**TABULACIÓN DEL DISEÑO DEL ESPETRO**

<b>6.6</b>	<b>0.0661157</b>	<b>9.85</b>	<b>0.02968384</b>	<b>13.3</b>	<b>0.0162813</b>
6.7	0.06415683	9.86	0.02962366	13.5	0.01580247
6.8	0.06228374	9.88	0.02950384	13.6	0.01557093
6.85	0.0613778	9.9	0.02938476	13.7	0.01534445
6.9	0.06049149	10	0.0288	13.8	0.01512287
6.95	0.05962424	10.1	0.02823253	14.1	0.01448619
7	0.05877551	10.2	0.02768166	14.3	0.01408382
7	0.05877551	12.25	0.019192	14.5	0.01369798
7.01	0.05860794	12.35	0.01888246	14.6	0.01351098
7.05	0.05794477	10.4	0.02662722	14.7	0.01332778
7.1	0.05713152	10.5	0.02612245	14.8	0.01314828
7.15	0.05633527	10.6	0.0256319	14.9	0.01297239
7.2	0.05555556	10.7	0.02515504	15	0.0128
7.3	0.05404391	10.8	0.02469136	15.1	0.01263102
7.4	0.05259313	10.9	0.02424038	15.2	0.01246537
7.5	0.0512	11	0.02380165	15.3	0.01230296
7.6	0.0498615	11.1	0.02337473	15.4	0.0121437
7.7	0.0485748	11.2	0.02295918	15.5	0.01198751
7.8	0.04733728	11.3	0.02255462	15.61	0.01181916
7.9	0.04614645	11.4	0.02216066	15.65	0.01175882
8	0.045	11.5	0.02177694	15.653	0.01175431
8.1	0.04389575	11.6	0.02140309	15.654	0.01175281
8.2	0.04283165	11.7	0.02103879	15.655	0.01175131
8.3	0.04180578	11.8	0.02068371	15.656	0.01174981
8.4	0.04081633	11.9	0.02033755	15.657	0.01174831
8.5	0.03986159	12	0.02	15.658	0.01174681
8.6	0.03893997	12.1	0.01967079	15.659	0.01174531
8.7	0.03804994	12.2	0.01934964	15.68	0.01171387
8.8	0.03719008	12.3	0.01903629	15.685	0.0117064
8.9	0.03635905	12.4	0.01873049	15.69	0.01169894
9	0.03555556	12.5	0.018432	15.7	0.01168404
9.1	0.03477841	12.6	0.01814059	15.8	0.01153661
9.15	0.03439936	12.7	0.01785604	15.9	0.01139195
9.3	0.03329865	12.8	0.01757813	16	0.01125
9.4	0.03259393			16.1	0.01111068
9.5	0.03191136	12.9	0.01730665	16.2	0.01097394
9.7	0.03060899	13	0.01704142		
9.8	0.02998751	13.1	0.01678224		
9.82	0.02986548	13.15	0.01665486		
9.84	0.0297442	13.2	0.01652893		

## Periodo Fundamental de la Estructura.

El sistema estructural es pórticos resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía moderada DMO; de acuerdo a lo estipulado en valores estipulados en la NSR- 10 el numeral A-4.2 se adoptan los siguientes valores.

### Figura 40

#### Periodo Fundamental de la Edificación

#### A.4.2 — PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACIÓN

A.4.2.1 — El valor del periodo fundamental de la edificación,  $T$ , debe obtenerse a partir de las propiedades de su sistema de resistencia sísmica, en la dirección bajo consideración, de acuerdo con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico de la estructura. Este requisito puede suplirse por medio del uso de la siguiente ecuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i \delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (f_i \delta_i)}} \quad (\text{A.4.2-1})$$

Los valores de  $f_i$  representan unas fuerzas horizontales distribuidas aproximadamente de acuerdo con las ecuaciones A.4.3-2 y A.4.3-3, o utilizando cualquier otra distribución racional que se aproxime a la del modo fundamental de la estructura en la dirección en estudio. Las deflexiones horizontales,  $\delta_i$ , deben calcularse utilizando las fuerzas horizontales  $f_i$ .

El valor de  $T$  no puede exceder  $C_u T_a$ , donde  $C_u$  se calcula por medio de la ecuación A.4.2-2 y  $T_a$  se calcula de acuerdo con A.4.2-3.

$$C_u = 1.75 - 1.2A_s F_v \quad (\text{A.4.2-2})$$

pero  $C_u$  no debe ser menor de 1.2.

A.4.2.2 — Alternativamente el valor de  $T$  puede ser igual al periodo fundamental aproximado,  $T_a$ , que se obtenga por medio de la ecuación A.4.2-3.

$$T_a = C_t h^\alpha \quad (\text{A.4.2-3})$$

donde  $C_t$  y  $\alpha$  tienen los valores dados en la tabla A.4.2-1.

Tabla A.4.2-1  
Valor de los parámetros  $C_t$  y  $\alpha$  para el cálculo del periodo aproximado  $T_a$

Sistema estructural de resistencia sísmica	$C_t$	$\alpha$
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos amostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros $C_t$ y $\alpha$ , donde $C_w$ se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Nota. Tomado de la NSR-10 el numeral A-4.2.

Tabla 17

Calculo del Cortante Estático

CALCULO DEL CORTANTE ESTÁTICO (Método de la Fuerza Horizontal Equivalente)			
	DIR. X-X	DIR. Y-Y	
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	PÓRTI COS	PÓRTI COS	
<b>Ct</b>	0.047	0.047	NSR-10 título A4 - Tabla A.4.2-1
<b>A</b>	0.9	0.9	NSR-10 título A4 - Tabla A.4.2-1
<b>Ta</b>	0.270	0.270	NSR-10 título A4 - Ecuación A.4.2-3
<b>h = Altura de la Estructura</b>	6.86		
<b>Cu = 1.75 - 1.2AvFv</b>	1.27	1.27	NSR-10 título A4 - Ecuación A.4.2-2
<b>T= Cu Ta</b>	0.343	0.343	
<b>T ETABS</b>	0.189	0.189	
<b>T definitivo</b>	0.269	0.269	Siendo que T no puede ser mayor a T=CuTa <b>CUMPLE</b>
<b>Sa</b>	0.875	0.875	
<b>K</b>	1	1	
<b>CORTANTE ESTÁTICO (kN)</b>	7582.07	7582.07	

Tabla 18

Análisis Fuerza Sísmica Horizontal por Piso

Análisis Fuerza Sísmica Horizontal por Piso						
NIVEL	PESO (kN)	h(m)	$\Sigma h(m)$	$Wh^k$	Cv	Fx
<b>NIVEL 3.50</b>	7251.99	3.51	3.51	25454.49	0.843	6393.022
<b>NIVEL 6.86</b>	1413.23	3.35	6.86	4734.33	0.157	1189.051
		6.86		30188.83		7582.07

### Porcentaje de Participación de las Masas

Se analiza el modo de vibración principal, es decir que presenta mayor porcentaje de participación de la masa de la estructura en la dirección horizontal.

**Tabla 19**

*Porcentaje de participación de las Masas*

<b>(Participación mínima = 90%)</b>				
SISMO X				
	Mode	Period	SumUX	SumUY
	3	0.27	0.975	0.959
SISMO Y				
	Mode	Period	SumUX	SumUY
	3	0.27	0.9755	0.9594

### Modelado Estructural en ETABS.

El modelo estructural, se basó utilizando el Software de Análisis Estructural ETABS, contemplando los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y el levantamiento estructural. Con lo anterior se aclara que el modelo se ejecuta teniendo en cuenta el estado actual de sus elementos estructurales.

Así, éste represente el comportamiento real de la estructura frente a un evento sísmico, dando como resultado un análisis completo respecto al chequeo de derivas, índice de sobreesfuerzo, análisis estructural dinámico, entre otros.

Tabla 20

Datos exportados del Software de Análisis Estructural ETABS - SISMO X

TABLE: Modal Participating Mass Ratios SISMO X											
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ
sec											
Modal	1	0.9648	0.001	0.0000	0.96	0.00	0.0000	2.449E	0.0003	0.0093	0.964
					3247	48	1	3247	-06		8
Modal	2	0.0089	0.3367	0.0000	0.97	0.33	0.0001	0.0007	4.347E	0.6177	0.008
					2221	37	77		-06		9
Modal	3	0.0009	0.6217	0.0000	0.97	0.95	0.0001	0.0013	0	0.3263	0.000
					0331	45	94				9
Modal	4	0.0000	0	0.0003	0.97	0.95	0.0003	0.0017	0.0211	0.0001	0.000
		4228			46	94					0422
											8
Modal	5	0.0000	0	0.0239	0.97	0.95	0.0242	0.0072	0.0015	5.707E-	0.000
		2502			46	94				07	0250
											2
Modal	6	9.799E	5.951E-	0.0043	0.97	0.95	0.0285	0.0211	0.0013	0.0000	9.799
		-06	06		46	94				4211	E-06
Modal	7	0.0002	0.0004	0	0.97	0.95	0.0285	0.0000	0.0013	0.0071	0.000
					48	98		1383			2
Modal	8	0.0012	0.0001	0	0.97	0.95	0.0285	4.442E	0.0339	0.0007	0.001
					6	99		-06			2
Modal	9	0.0001	0.00003	0.0002	0.97	0.95	0.0286	0.0000	0.2563	0.0008	0.000
			226		61	99		3715			1
Modal	10	0.0007	8.915E-	0.0003	0.97	0.95	0.0289	0.0008	0.038	0.0001	0.000
			06		68	99					7
Modal	11	0.0003	0.0001	5.138E	0.97	0.96	0.0289	0.0000	0.0013	0.001	0.000
				-06	72			3409			3
Modal	12	0.0077	7.268E-	0.1499	0.98	0.96	0.1788	0.0885	0.0031	0.0002	0.007
			06		48	01					7

Tabla 21

Datos exportados del Software de Análisis Estructural ETABS - SISMO Y

TABLE: Modal Participating Mass Ratios SISMO Y											
Case	Mo de	Perio d	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	SumU Z	RX	RY	RZ
sec											
Modal	1	0.402	0.9648	0.001	0.00003	0.96	0.00	0.0000	0.00000	0.0003	0.009
					247	48	1	3247	2449		3
Modal	2	0.319	0.0089	0.3367	0.00002	0.97	0.33	0.0001	0.0007	0.00000	0.617
					221	37	77			4347	7
Modal	3	0.269	0.0009	0.6217	0.00000	0.97	0.95	0.0001	0.0013	0	0.326
					331	45	94				3
Modal	4	0.172	0.00004	0	0.0003	0.97	0.95	0.0003	0.0017	0.0211	0.000
			228			46	94				1
Modal	5	0.159	0.00002	0	0.0239	0.97	0.95	0.0242	0.0072	0.0015	5.707
			502			46	94				E-07

<b>Modal</b>	6	0.157	0.00000 9799	0.00000 5951	0.0043	0.97 46	0.95 94	0.0285	0.0211	0.0013	0.000 04211
<b>Modal</b>	7	0.152	0.0002	0.0004	0	0.97 48	0.95 98	0.0285	0.00001 383	0.0013	0.007 1
<b>Modal</b>	8	0.145	0.0012	0.0001	0	0.97 6	0.95 99	0.0285	0.00000 4442	0.0339	0.000 7
<b>Modal</b>	9	0.144	0.0001	0.00003 226	0.0002	0.97 61	0.95 99	0.0286	0.00003 715	0.2563	0.000 8
<b>Modal</b>	10	0.143	0.0007	0.00000 8915	0.0003	0.97 68	0.95 99	0.0289	0.0008	0.038	0.000 1
<b>Modal</b>	11	0.138	0.0003	0.0001	0.00000 5138	0.97 72	0.96	0.0289	0.00003 409	0.0013	0.001
<b>Modal</b>	12	0.135	0.0077	0.00000 7268	0.1499	0.98 48	0.96 01	0.1788	0.0885	0.0031	0.000 2

### Verificación de Grados de Irregularidad

Tabla 22

Irregularidad en Planta

Irregularidad en Planta	
1aP-1bP Irregularidad Torsional	<p><b>Tipo 1aP — Irregularidad torsional</b></p> <p><math>\phi_p = 0.9</math></p> $1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right) \geq \Delta_1 > 1.2 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$ <p><math>\phi_p</math> 0.9</p>
	<p><b>Tipo 1bP — Irregularidad torsional extrema</b></p> <p><math>\phi_p = 0.8</math></p> $\Delta_1 > 1.4 \left( \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} \right)$

ESPECTRO SISMO X		ESPECTRO SISMO Y	
Nudo 1 - Piso 2 (A-2)	Nudo 5 - Piso 2 (I-2)	Nudo 1 - Piso (A-2)	Nudo 5 - Piso 2 (I-2)
$\Delta 1$ X-X (mm)	$\Delta 2$ X-X (mm)	$\Delta 1$ Y-Y (mm)	$\Delta 2$ Y-Y (mm)
33.946	33.946	16.203	20.423
Nudo 11 - Piso 2 (A-8)	Nudo 24 - Piso 2(G-8)	Nudo 11 - Piso 2 (A- 8)	Nudo 24 - Piso 2 (G-8)
$\Delta 1$ X-X (mm)	$\Delta 2$ X-X (mm)	$\Delta 1$ Y-Y (mm)	$\Delta 2$ Y-Y (mm)
28.59	41.641	16.203	15.597
CONDICIONAL 1 - 1.4( $\Delta 1 + \Delta 2 / 2$ )	47.524 4	CONDICIONAL 1 - 1.4( $\Delta 1 + \Delta 2 / 2$ )	25.6382
CONDICIONAL 1 - 1.2( $\Delta 1 + \Delta 2 / 2$ )	40.735 2	CONDICIONAL 1 - 1.2( $\Delta 1 + \Delta 2 / 2$ )	21.9756

EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.9	EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.9
EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.8	EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.8
CONDICIONAL 2 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	47.524 4	CONDICIONAL 2 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	25.6382
EVALUACIÓN CONDICIONAL 2	0.9	EVALUACIÓN CONDICIONAL 2	0.9
	0.9		0.9

ESPECTRO SISMO X		ESPECTRO SISMO Y	
<b>Nudo 1 - Piso Cubierta (A-2)</b>	<b>Nudo 5 - Piso Cubierta (I-2)</b>	<b>Nudo 1 - Piso (A-2)</b>	<b>Nudo 5 - Piso 2 (I-2)</b>
<b><math>\Delta 1</math> X-X (mm)</b>	<b><math>\Delta 2</math> X-X (mm)</b>	<b><math>\Delta 1</math> Y-Y (mm)</b>	<b><math>\Delta 2</math> Y-Y (mm)</b>
48.274	48.136	26.238	29.078
<b>Nudo 11 - Piso Cubierta (A-8)</b>	<b>Nudo 24 Piso Cubierta (G-8)</b>	<b>Nudo 11 - Piso 2 (A-8)</b>	<b>Nudo 24 - Piso 2 (G-8)</b>
<b><math>\Delta 1</math> X-X (mm)</b>	<b><math>\Delta 2</math> X-X (mm)</b>	<b><math>\Delta 1</math> Y-Y (mm)</b>	<b><math>\Delta 2</math> Y-Y (mm)</b>
41.627	41.641	25.874	24.195
CONDICIONAL 1 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	67.487	CONDICIONAL 1 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	38.7212
CONDICIONAL 1 - $1.2(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	57.846	CONDICIONAL 1 - $1.2(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	33.1896
EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.9	EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.9
EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.8	EVALUACIÓN CONDICIONAL 1	0.8
CONDICIONAL 2 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	67.487	CONDICIONAL 2 - $1.4(\Delta 1 + \Delta 2 / 2)$	38.7212
EVALUACIÓN CONDICIONAL 2	0.9	EVALUACIÓN CONDICIONAL 2	0.9
	0.9		0.9

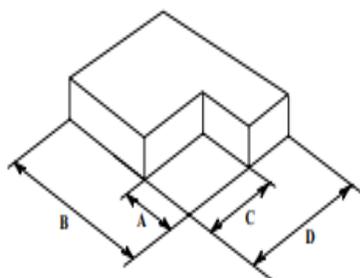
Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas —  $\phi_p = 0.9$

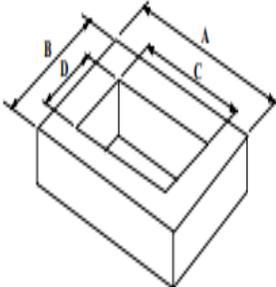
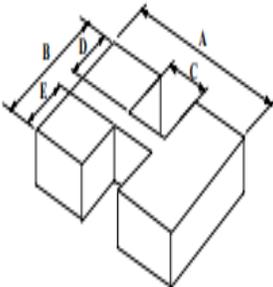
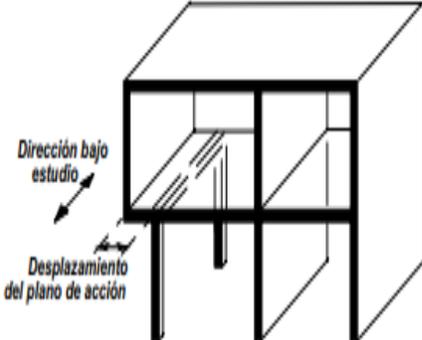
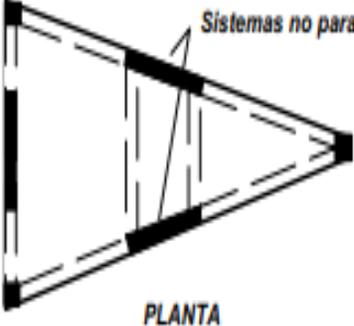
$\phi_p$  0.9

2P Retrocesos en las esquinas

$A > 0.15B$  y  $C > 0.15D$

No Aplica

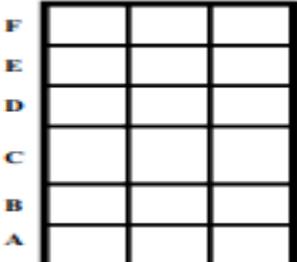
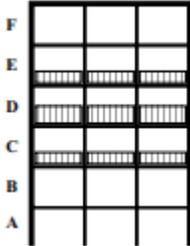
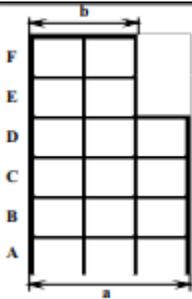
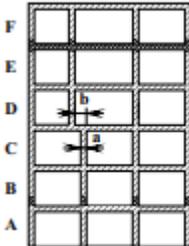


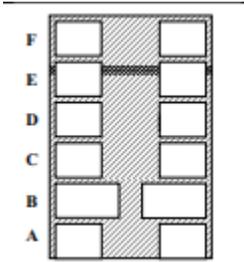
<p><b>3P Irregularidades diafragma</b></p>	<p>1) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math></p>  <p>2) <math>(C \times D + C \times E) &gt; 0.5A \times B</math></p> 	<p><math>\Phi_p</math> 0.9</p> <p><b>No Aplica</b></p> <p>No se presentan vacíos con áreas mayores al 50% del área del diafragma</p>
<p><b>4P Desp. Plano de acción</b></p>	<p>Tipo 4P — Desplazamiento de los planos de Acción — <math>\phi_p = 0.8</math></p> 	<p><math>\Phi_p</math> 1</p> <p><b>No Aplica</b></p>
<p><b>5P Sistemas No paralelos</b></p>	<p>Tipo 5P — Sistemas no paralelos — <math>\phi_p = 0.9</math></p> 	<p><math>\Phi_p</math> 1</p> <p><b>No Aplica</b></p>

Se concluye, que No presenta irregularidades en planta, de las presentadas en la tabla.

Tabla 23

## Irregularidad en Altura

Irregularidad en Altura		
<p>1aP-1bP Piso flexible</p>		<p><math>\phi_p = 1</math></p> <p>No Aplica</p>
<p>2P Distribución de la Masa</p>		<p><math>\phi_p = 1</math></p> <p>No Aplica</p> <p>No presenta irregularidad en la distribución de las masas, dado que los dos pisos se plantean como aulas de clase, por consiguiente, se considera que la distribución de la masa será igual para ambos pisos.</p>
<p>3P Geométrica</p> <p><math>a &gt; 1.30 b</math></p>		<p><math>\phi_p = 1</math></p> <p>No Aplica</p> <p>No presenta irregularidades geométricas.</p>
<p>4P Desp. Plano de acción</p> <p><math>b &gt; a</math></p>		<p><math>\phi_p = 1</math></p> <p>No Aplica</p> <p>No presenta irregularidad por desplazamiento en el plano, puesto que los elementos de sistema estructural son continuos desde la base hasta la cubierta.</p>

<p style="text-align: center;"><b>5aA Piso débil</b></p> <p style="text-align: center;"><math>0.65 \text{ Resist. Piso C} \leq \text{Resist. Piso B} &lt; 0.80 \text{ Resist. Piso C}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>5bA Piso débil extremo</b></p> <p style="text-align: center;"><math>\text{Resistencia Piso B} &lt; 0.65 \text{ Resistencia Piso C}</math></p>		<p style="text-align: center;"><math>\phi_p = 1</math></p> <p style="text-align: center;"><b>No Aplica</b></p> <p>No presenta irregularidades del piso débil, puesto que los elementos de sistema estructural son continuos desde la base hasta la cubierta.</p>
--	--	--

Se concluye, que No presenta irregularidades en altura, de las presentadas en la tabla.

#### Verificación de Ausencia de Redundancia

Dado que la estructura en uno de sus pisos presenta una resistencia mayor del 35% del cortante base basal, como a su vez que la estructura en sus pórticos con la eliminación de uno de sus elementos no supera 33% de la resistencia total el factor de redundancia es 1.

**Tabla 24**

*Verificación de Ausencia de Redundancia*

		<b>DIR. X - X</b>	<b>DIR. Y - Y</b>
	$\phi_r$	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

Piso	Fx	Vs * 0.35	Comprobación	$\phi_r$
<b>1</b>	6393.022	2653.73	<b>REDUNDANTE</b>	<b>1</b>
<b>Cubierta</b>	1189.051	2653.73	<b>NO REDUNDANTE</b>	<b>0.75</b>
				<b>1</b>

Piso	Fy	Vs * 0.35	Comprobación	$\phi_r$
<b>1</b>	6393.022	2653.73	<b>REDUNDANTE</b>	<b>1</b>
<b>Cubierta</b>	1189.051	2653.73	<b>NO REDUNDANTE</b>	<b>0.75</b>
				<b>1</b>

### Cortante Basal Dinámico y Ajuste de Resultado

Se realizó la revisión del cortante dinámico basal comparándolo con el cortante estático basal, calculado por el método de la fuerza horizontal.

**Tabla 25**

#### *Cortante Basal Dinámico*

SISMO	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	V <sub>MDE</sub>	V <sub>s</sub>	V <sub>RJ</sub> / V <sub>s</sub>	ESTRUCTURA
SISMO X	7175.9734	434.12	7189.09	7582.07	0.95	REGULAR
SISMO Y	780.0117	6118.0374	6167.56	7582.07	0.81	IRREGULAR

Después de realizar el análisis evidenciamos que en el sentido X de la estructura el cortante dinámico basal en comparación con el cortante estático basal presenta mayor al 90% es una estructura regular por ende no aplica corrección. Mientras en el sentido Y se aplica corrección como se muestra a continuación en la tabla.

**Tabla 26**

#### *Comparación cortante dinámico basal y cortante estático basal*

	DIR. X – X	DIR. Y -Y	
<b>CORTANTES DINÁMICOS (kN)</b>	7175.97	6118.04	
<b>CORTANTES ESTÁTICOS (kN)</b>	7582.07	7582.07	
<b>CLASIFICACIÓN POR IRRE.</b>	1	2	(1= Regular, 2 = Irregular)
<b>80%-90% CORTE DINÁMICO</b>	6065.658	6823.866	
<b>AJUSTE DEL CORTANTE</b>	1.00	1.12	
<b>VALOR GRAVEDAD MODIFIC.</b>	10.00	11.15	

## Coeficiente de Capacidad de Disipación de Energía $R'$

Se tomó como referencia lo establecido en la NSR- 10 - Capítulo A-3.3-1.

Figura 41

Sistema estructural de pórtico resistente a momentos

Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)

C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
<b>1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES)</b>									
a. De concreto (DES)	el mismo	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DES)	el mismo	7.0 (Nota-3)	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	7.0	3.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
d. De acero con cerchas dúctiles (DES)	Pórticos de acero resistentes o no a momentos	6.0	3.0	si	30 m	si	45 m	si	sin límite
<b>2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)</b>									
a. De concreto (DMO)	el mismo	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
b. De acero (DMO)	el mismo	5.0 (Nota-3)	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	5.0	3.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite
<b>3. Pórticos resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMF)</b>									
a. De concreto (DMF)	el mismo	2.5	3.0	no se permite		no se permite		si	sin límite
b. De acero (DMF)	el mismo	3.0	2.5	no se permite		no se permite		si	sin límite
c. Mixtos con conexiones totalmente restringidas a momento (DMF)	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	3.0	3.0	no se permite		no se permite		si	sin límite
d. Mixtos con conexiones parcialmente restringidas a momento	Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos	6.0	3.0	no se permite		si	30 m	si	50 m
e. De acero con cerchas no dúctiles	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	12 m
f. De acero con perfiles de lámina doblada en frío y perfiles tubulares estructurales PTE que no cumplen los requisitos de F.2.2.4 para perfiles no esbeltos (nota 6)	el mismo	1.5	1.5	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	sin límite
g. Otras estructuras de celosía tales como vigas y cerchas		No se pueden usar como parte del sistema de resistencia sísmica, a no ser que tengan conexiones rígidas a columnas, en cuyo caso serán tratadas como pórticos de celosía							
<b>4. Pórticos losa-columna (incluye reticular celulado)</b>									
a. De concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	2.5	3.0	no se permite		si	15 m	si	21 m
b. De concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMF)	el mismo	1.5	3.0	no se permite		no se permite		si	15 m
<b>5. Estructuras de péndulo invertido</b>									
a. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5 (Nota-3)	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
b. Pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	el mismo	2.5	2.0	si	sin límite	si	sin límite	si	sin límite
c. Pórticos de acero resistentes a momento con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	el mismo	1.5 (Nota-3)	2.0	no se permite		si	sin límite	si	sin límite

Tabla 27

*Coefficiente de Capacidad de Disipación de Energía R'*

SISTEMA ESTRUCTURAL	DIR. X - X PÓRTICOS	DIR. Y -Y PÓRTICOS	
CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA	DMO	DMO	
COEFICIENTE DE DISIPACIÓN $R_0$	5	5	
COEFICIENTE DE SOBRE RESISTENCIA	3	3	(SOLAMENTE PARA DISEÑO DE NUDOS)
COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN PLANTA	0.9	0.9	$(R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0)$
COEFICIENTE DE IRREGULARIDAD EN ALTURA	1	1	NSR-10 CAPITULO
REDUCCIÓN POR REDUNDANCIA	0.1	0.1	
R empleado en el diseño	4.5	4.5	
Rc definitivo	4.5	4.5	

#### Acotaciones Sobre el Modelo

Teniendo en cuenta la información en campo recolectada para el presente estudio se procedió realizar un modelo matemático, con el fin de poder identificar el comportamiento dinámico de la edificación.

#### Figura 42

*Modelo en vista 3D*

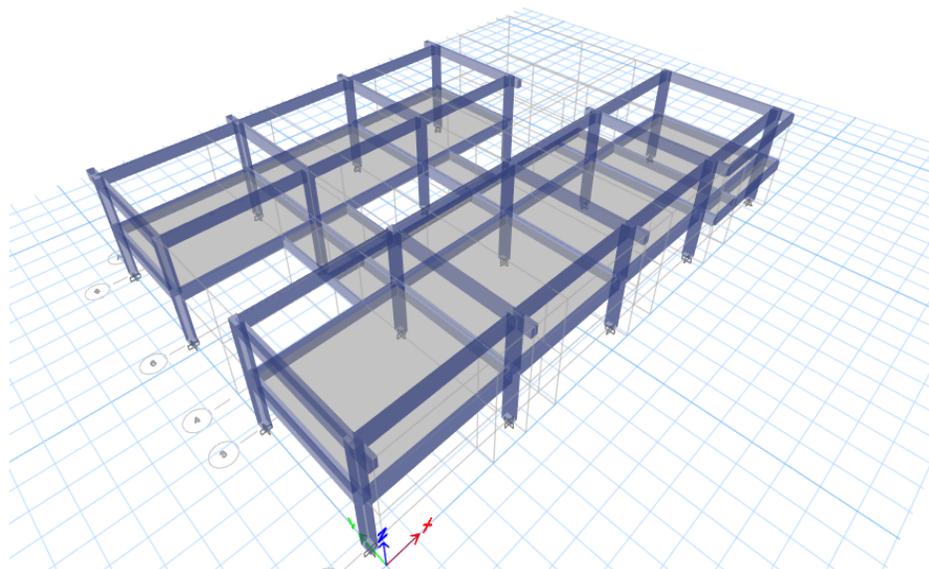


Figura 43

## Sección de la Estructura Vigas

**General Data**

Property Name: VG-40x50

Material: 3000Psi

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

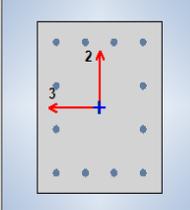
Depth: 500 mm

Width: 400 mm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Reinforcement Diagram**



**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Figura 44

## Sección de la Estructura Columnas

**General Data**

Property Name: COLUMNA - 40x60

Material: 3000Psi

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

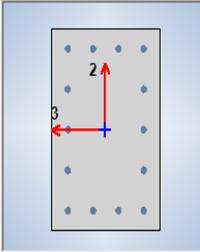
**Section Dimensions**

Depth: 600 mm

Width: 400 mm

Show Section Properties...

**Reinforcement Diagram**



**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

Figura 45

Material del Concreto

General Data	
Material Name	3000Psi
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> <input type="button" value="Change..."/>
Material Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	23.5631 kN/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	2402.77 kg/m <sup>3</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	21525.56 MPa
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	8968.98 MPa

### Cuantificación de la Vulnerabilidad Sísmica

La deriva es un desplazamiento lateral que existe entre dos niveles o pisos consecutivos al aplicar fuerzas sísmicas, de acuerdo a la NSR-10 se requiere que, la deriva máxima sea menor a 1% de la altura de piso; donde se evalúan los desplazamientos producidos para los niveles con respecto al centro de masas.

Figura 46

Límites de la deriva – NSR-10

#### A.6.4 — LÍMITES DE LA DERIVA

**A.6.4.1** — La deriva máxima para cualquier piso determinada de acuerdo con el procedimiento de A.6.3.1, no puede exceder los límites establecidos en la tabla A.6.4-1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso  $h_{pi}$ :

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ )

Tabla 28

Límites de la deriva

PISO	DERIVA X	DERIVA Y	DERIVA TOTAL	COMPROBACIÓN
1	0.0100	0.006463	0.010	CUMPLE
2	0.004892	0.003518	0.006	CUMPLE

A continuación, se relaciona el informe detallado de la deriva para cada una de las combinaciones de servicio.

Tabla 29

Informe 1 detallado de la deriva

TABLE: Story Drifts										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Z
							m	m	m	m
Story2	XDER	Combination	Max	X	0.004846	21	32.59	0	6.86	6.86
Story2	XDER	Combination	Max	Y	0.001546	22	24.41	1.02	6.86	6.86
Story2	XDER	Combination	Min	X	0.004892	21	32.59	0	6.86	6.86
Story2	XDER	Combination	Min	Y	0.001545	10	32.59	8.7	6.86	3.51
Story1	XDER	Combination	Max	X	0.010444	5	32.59	1.02	3.51	3.51
Story1	XDER	Combination	Max	Y	0.003749	10	32.59	8.7	3.51	3.51
Story1	XDER	Combination	Min	X	0.010287	5	32.59	1.02	3.51	
Story1	XDER	Combination	Min	Y	0.003623	10	32.59	8.7	3.51	

Tabla 30

Informe 2 detallado de la deriva

TABLE: Story Drifts										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Z
							m	m	m	m
Story2	YDER	Combination	Max	X	0.003518	11	0	23.13	6.86	6.86
Story2	YDER	Combination	Max	Y	0.003146	1	0	1.02	6.86	6.86
Story2	YDER	Combination	Min	X	0.003501	24	24.41	23.13	6.86	6.86
Story2	YDER	Combination	Min	Y	0.003138	6	0	8.7	6.86	3.51
Story1	YDER	Combination	Max	X	0.005872	24	24.41	23.13	3.51	3.51
Story1	YDER	Combination	Max	Y	0.006463	10	32.59	8.7	3.51	3.51
Story1	YDER	Combination	Min	X	0.005816	24	24.41	23.13	3.51	
Story1	YDER	Combination	Min	Y	0.006338	10	32.59	8.7	3.51	

### Índice de Flexibilidad

El índice de flexibilidad de acuerdo a lo establecido en la NSR-10 10.4.3.5, se determina para que se pueda identificar la susceptibilidad de la estructura al momento de presentar deflexiones o derivas excesivas la cual no debe superar el 1.00%, en la tabla a continuación se detalla el cálculo realizado:

**Tabla 31**

*Detalle cálculo del índice de flexibilidad*

<b>SISMO X</b>							
Altura Piso 2	3.50						
Altura Piso Cubierta	3.35						
$\Delta$ Piso 2 (m)	0.04						
$\Delta$ Piso Cubierta (m)	0.03						
<b>NUDO 1 - (A-2)</b>							
PISO	UX (m)	UY (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta$ (m)	EVALUACIÓN	
CUBIERTA	0.048	0.004	0.014	0.00	0.020	OK	
2	0.034	0.003	0.034	0.002987	0.034	OK	
<b>NUDO 11 - (A-8)</b>							
PISO	UX (m)	UY (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta$ (m)	EVALUACIÓN	
CUBIERTA	0.042	0.004	0.013	0.00	0.016	OK	
2	0.029	0.003	0.029	0.002987	0.029	OK	
<b>NUDO 5 - (I-2)</b>							
PISO	UX (m)	UY (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta$ (m)	EVALUACIÓN	
CUBIERTA	0.048	0.008	0.014	0.00	0.020	OK	
2	0.034	0.006	0.034	0.0061	0.030	OK	
<b>NUDO 24 - (G-8)</b>							
PISO	UX (m)	UY (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta$ (m)	EVALUACIÓN	
CUBIERTA	0.042	0.006	0.013	0.00	0.016	OK	
2	0.029	0.004	0.029	0.0039	0.029	OK	
<b>SISMO Y</b>							
Altura Piso 2	3.50						
Altura Piso Cubierta	3.35						
$\Delta$ Piso 2 (m)	0.04						
$\Delta$ Piso Cubierta (m)	0.03						
<b>NUDO 1 - (A-2)</b>							
PISO	UX (m)	UY (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta$ (m)	EVALUACIÓN	

CUBIERTA	0.012	0.026	0.005	0.01	0.007	OK
2	0.007	0.016	0.007	0.016203	0.018	OK
<b>NUDO 11 - (A-8)</b>						
<b>PISO</b>	<b>UX (m)</b>	<b>UY (m)</b>	<b><math>\Delta X</math> (m)</b>	<b><math>\Delta Y</math> (m)</b>	<b><math>\Delta</math> (m)</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
CUBIERTA	0.018	0.026	0.007	0.01	0.008	OK
2	0.011	0.016	0.011	0.016203	0.020	OK
<b>NUDO 5 - (I-2)</b>						
<b>PISO</b>	<b>UX (m)</b>	<b>UY (m)</b>	<b><math>\Delta X</math> (m)</b>	<b><math>\Delta Y</math> (m)</b>	<b><math>\Delta</math> (m)</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
CUBIERTA	0.032	0.005	0.025	0.02	0.018	OK
2	0.007	0.020	0.007	0.0204	0.022	OK
<b>NUDO 24 - (G-8)</b>						
<b>PISO</b>	<b>UX (m)</b>	<b>UY (m)</b>	<b><math>\Delta X</math> (m)</b>	<b><math>\Delta Y</math> (m)</b>	<b><math>\Delta</math> (m)</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
CUBIERTA	0.018	0.024	0.007	0.01	0.008	OK
2	0.011	0.016	0.011	0.0156	0.019	OK

### Índice de Sobreesfuerzo

El índice de sobre esfuerzo se determina según la NSR-10 como el cociente entre las solicitaciones mayoradas y la resistencia efectiva del elemento, con el fin de evaluar la resistencia de los elementos para soportar cargas sin colapsar.

Para calcular este parámetro o índice primero se evalúa la estructura con respecto a calidad de diseño y estado de la edificación, para extraer los coeficientes  $\phi_c$  y  $\phi_e$ , para el caso del proyecto se califica como BUENA de acuerdo a la tabla de valores de coeficientes de la NSR-10.

### Figura 47

Valores coeficientes Tabla A.10.4-1 – NSR-10

#### Valores de $\phi_c$ y $\phi_e$

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
$\phi_c$ o $\phi_e$	1.0	0.8	0.6

El resultado obtenido del índice de sobreesfuerzo se puede identificar que las vigas horizontales (sentido Y) se encuentra en el estado límite de solicitaciones permitido.

**Tabla 32**

*Análisis Adicional Carga Muerta Tanques de Almacenamiento de Agua*

	ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	ÁREA VACÍOS (m <sup>2</sup> )	ÁREA NETA (m <sup>2</sup> )			
PLACA TANQUES e=0.15m	96.5	0	96.5			
PESO PLACA TANQUES e=0.15m	347.4	KN				
<b>ANÁLISIS CARGA MUERTA TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA</b>						
Cantidad	Capacidad (Lts)	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	W Tanque s (kg)	W Tanques (kN)	W Tan que s (T)
3	5000.0	5	1000	5000.0 0	5.00	0.50
<b>CARGA DISTRIBUIDA</b>						
<b>PESO TANQUES</b>	<b>0.1</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>				
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA PESO PROPIA ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>			5919.35	<b>kN</b>		
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA CARGAS MUERTAS</b>			3326.72	<b>kN</b>		
<b>PESO TOTAL ESTRUCTURA PESO PROPIA - CARGAS MUERTAS</b>			9246.07	<b>kN</b>		
ALTURA PISO 2	3.50	<b>M</b>				
ALTURA PISO CUBIERTA	3.36	<b>M</b>				
PESO SEGUNDO PISO - NIV 3.50	6444.20	<b>KN</b>				
PESO CUBIERTA PISO - NIV 6.86	2801.87	<b>KN</b>				
<b>CALCULO DEL CORTANTE ESTÁTICO (Método de la Fuerza Horizontal Equivalente) - TANQUES DE AGUA</b>						
	DIR. X-X	DIR. Y-Y				
SISTEMA ESTRUCTURAL	PÓRTICOS	PÓRTICOS				
Ct	0.047	0.047				

$\alpha$	0.9	0.9		
Ta	0.270	0.270		
Cu = 1.75 - 1.2AvFv	1.75	1.75		
T= Cu Ta	0.473	0.473		
T ETABS	0.40	0.40		
T definitivo	0.398	0.398	Siendo que T no puede ser mayor a T=CuTa	<b>CUMPLE</b>
Sa	0.875	0.875		
K	1	1		
CORTANTE ESTÁTICO (kN)	8090.31	8090.31		
<b>DIFERENCIA CORTANTE ESTÁTICO PARTICIPACIÓN MASA SÍSMICA TANQUES Y PLACA</b>				
			<b>508.23</b>	<b>KN</b>

### Potencial de Impacto de la Patología y la Vulnerabilidad Sísmica en la Seguridad y Estabilidad del

#### Bloque de Secundaria

En este apartado se determina el potencial impacto de la patología y la vulnerabilidad sísmica en el bloque de secundaria de la Institución Educativa y con base en los resultados obtenidos, formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos. De acuerdo a los resultados de las lesiones representativas presentes en la infraestructura educativa, obtenidas a través de un levantamiento de información. A partir de esta información recopilada, se elaboró el correspondiente plano de calificación, el cual se adjunta al presente documento.

Después de realizar un análisis exhaustivo de los datos recopilados, se puede determinar que el estado general del Módulo se encuentra en un rango que oscila entre Bueno y Regular. Se evidencia que la calidad de la mano de obra empleada no alcanzó los estándares óptimos, ya que se encontraron alteraciones en la forma y dimensiones de algunos elementos, así como defectos en el acabado.

Respecto a la inspección de los materiales, se detectaron pañetes con un espesor excesivo de hasta 6 cm, además de la presencia de materiales sobrantes de formaletas (madera) y una deficiencia en el control de calidad durante el proceso constructivo.

Las lesiones identificadas durante la inspección visual, que suscitan mayor preocupación, se centran en las Grietas y Fisuras presentes en dos voladizos que sustentan la placa de cubierta de concreto. Estos voladizos están ubicados en la parte superior de la rampa de acceso al segundo nivel.

Además, se han detectado grietas en la mampostería que sirve como elementos divisorios entre los baños destinados para hombres y mujeres, así como en el área designada para el uso de los profesores. Es imperativo abordar estas lesiones de manera prioritaria para garantizar la seguridad de los ocupantes. Respecto a las demás lesiones, calificadas como leves, serán atendidas durante la intervención correspondiente mediante un mantenimiento correctivo adecuado.

Todas las lesiones clasificadas como moderadas, que inciden en las condiciones de resistencia y durabilidad de la estructura, requieren atención inmediata a partir de la presente propuesta. Es crucial reconocer que, si no se interviene estas lesiones en un futuro cercano, es probable que aumenten y afecten aún más los elementos adyacentes. Por lo tanto, se recomienda abordar estas lesiones de manera prioritaria para evitar una mayor degradación y preservar la integridad estructural a largo plazo.

Las lesiones correspondientes a las humedades, identificadas en el plano de lesiones, pueden atribuirse al deterioro de la infraestructura. Se observa que las canalizaciones metálicas ubicadas alrededor de la cubierta presentan microorganismos, vegetación y corrosión, lo que ha ocasionado pérdida de material en las secciones. Asimismo, se evidencian deficiencias en las canales de concreto para desagües ubicadas en la zona perimetral de la estructura. Estas deficiencias se manifiestan con acumulaciones de material orgánico y sedimentos, lo que obstruye el flujo del agua de esorrentía y bloquea los ductos de disposición final al alcantarillado.

La falta de mantenimiento se intensifica por las restricciones de uso de la edificación impuestas por las autoridades administrativas, esto ha sido una de las causas de estas lesiones, desencadenado humedades por capilaridad y accidentales, con el riesgo de que surjan nuevas lesiones. Es esencial

abordar estas condiciones de manera oportuna para prevenir un deterioro generalizado y evitar la propagación de nuevas lesiones en la estructura.

Las fisuras presentes en la estructura tienen diversas causas, que incluyen tanto esfuerzos mecánicos excesivos en relación con la resistencia del material, como la falta de elementos estructurales adecuados para proporcionar refuerzo. Se observaron fisuras originadas por el espesor excesivo del mortero utilizado para el revoque, superando los límites establecidos por la normativa NSR-10, lo que ha provocado desprendimientos y afectado la calidad de la adherencia del material.

Además, se identificaron fisuras causadas por defectos de construcción iniciales, como la falta de juntas adecuadas con los elementos estructurales y la falta de atención a los esfuerzos térmicos. Es importante abordar estas causas de manera integral para prevenir la propagación de las fisuras y garantizar la estabilidad estructural a largo plazo.

La causa de algunas lesiones se atribuye a un deficiente control de calidad durante el proceso constructivo. Por ejemplo, las oquedades encontradas en la placa de cubierta de concreto son principalmente resultado de la falta de vibración durante el vaciado del material. Además, para evaluar la durabilidad de los refuerzos de acero en el concreto reforzado, se llevaron a cabo ensayos de carbonatación. Los resultados de estos ensayos fueron Satisfactorios, lo que sugiere una vida útil de los elementos de concreto reforzado de al menos 87 años, superando significativamente la vida útil inicialmente prevista de 50 años. Este hallazgo garantiza, en primera instancia, una durabilidad extendida de los elementos estructurales, proporcionando una mayor seguridad y longevidad a la infraestructura.

Con base en los resultados de los ensayos no destructivos, se concluye que los materiales presentan una calidad Aceptable. Sin embargo, es esencial recalcar la necesidad de realizar ensayos destructivos adicionales para respaldar de manera técnica y legal esta afirmación. No obstante, para los

propósitos de la propuesta en cuestión, es crucial destacar que los materiales cumplen con las características y dimensiones requeridas.

Además, los resultados obtenidos de la modelación en software indican que la edificación presenta un comportamiento Aceptable ante un evento sísmico, lo que añade confianza a la evaluación de la vulnerabilidad estructural.

Se ha identificado que aproximadamente el 80% de las lesiones presentadas no están relacionadas con elementos estructurales, lo que garantiza la seguridad y la utilidad continua de la edificación. Estas lesiones pueden ser abordadas eficazmente mediante intervenciones orientadas a mantenimientos correctivos.

En cuanto al restante 20% de las lesiones encontradas, es pertinente proporcionar una atención inmediata y eficiente, similar a los primeros auxilios, con el fin de agilizar su tratamiento y recuperación. Esta estrategia permitirá asegurar la integridad estructural y funcional de la edificación en su totalidad.

Para dar una idea más clara se describen las patologías de manera general pero explicativa, que afectan tanto a los elementos estructurales como no estructurales, según su causa principal. Se obtiene sus características físicas y otros detalles específicamente en los planos de levantamiento y calificación de lesiones.

### ***Descripción de Patologías Generales Según su Causa Principal***

#### **- Grietas (E1)**

Se presenta grieta en el muro no estructural de la fachada del bloque A. La causa de esta lesión se atribuye a una falla por corte del elemento, que es consecuencia de la ausencia de elementos estructurales que proporcionen refuerzo al muro y aumenten su rigidez.

**Figura 48***Figura de Grieta elemento No estructural*

**Grado de severidad:** El espesor de la grieta es de 6 mm aproximadamente, por lo cual se cataloga como severa, debido a que la afectación de la sección transversal del elemento es mayor a un 50%.

**Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Compromete significativamente la rigidez del elemento y su aporte a la estructura en general afectando la resistencia y posterior a esto la durabilidad.

**Servicio o funcionalidad:** La afectación de la rigidez del elemento, en cualquier grado, puede causar deformaciones o deflexiones a nivel local o global en la estructura, impactando también en la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación. Esta situación incide notablemente en la sensación de seguridad que deben experimentar los ocupantes del espacio.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento y/o el confort para el uso de la edificación.

**Figura 49***Figura de Grieta elemento No estructural*

**Grado de severidad:** El espesor de la grieta traspasa el elemento (fractura), por lo cual se cataloga como severa, debido a que la afectación de la sección transversal del elemento mayor a un 80%.

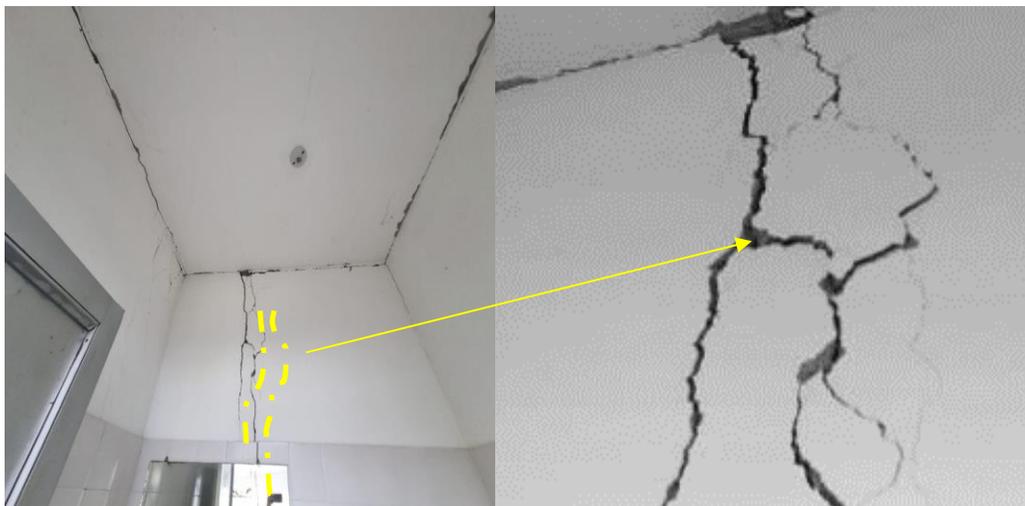
**Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Compromete significativamente la rigidez del elemento y su aporte a la estructura en general.

**Servicio o funcionalidad:** La afectación de la rigidez del elemento, en cualquier grado, puede causar deformaciones o deflexiones a nivel local o global en la estructura, impactando también en la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación. Esta situación incide notablemente en la sensación de seguridad que deben experimentar los ocupantes del espacio.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento y/o el confort para el uso de la edificación.

La lesión descrita afecta el muro interno de mampostería ubicado en el baño de docentes. Se manifiesta a través de una grieta de tipo vertical. La causa de esta lesión radica en que el esfuerzo vertical aplicado sobre el muro excede su capacidad de diseño.

**Figura 50***Figura de Grieta Muro de mampostería Bloque A Baños*

**Grado de severidad:** El espesor de la grieta es de 1.2 mm aproximadamente, por lo cual se cataloga como severa, debido a que la afectación de la sección transversal del elemento es mayor a un 50%.

**Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Compromete significativamente la rigidez del elemento y su aporte a la estructura en general afectando la resistencia y posterior a esto la durabilidad.

**Servicio o funcionalidad:** La afectación de la rigidez del elemento, en cualquier grado, puede causar deformaciones o deflexiones a nivel local o global en la estructura, impactando también en la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación. Esta situación incide notablemente en la sensación de seguridad que deben experimentar los ocupantes del espacio.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento y/o el confort para el uso de la edificación.

## Fisuras (E2)

La lesión descrita afecta las vigas en voladizo situadas en el segundo piso a una altura de N+6.57, específicamente localizadas en el Bloque B entre los Ejes 5-6 y en el Bloque A entre los Ejes 2-3. También se presenta en el Eje I entre los Ejes 2-3. Estas lesiones se caracterizan por una tendencia diagonal en la intersección entre la viga y la placa, siendo catalogadas como severas.

La causa de esta lesión se debe a un esfuerzo cortante excesivo, generado en su mayor parte por una carga viva que supera los límites normativos. Este exceso de carga ha provocado la activación de la resistencia del concreto, sin llegar a alcanzar su punto de falla.

### Figura 51

*Figura de viga en voladizo por corte*



**Grado de severidad:** El espesor de la fisura oscila entre 0.06 mm aproximadamente, la afectación del elemento estructural se considera mayor al 60% del elemento.

#### **Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Afecta de alguna manera la capacidad del elemento estructural para resistir esfuerzos.

**Servicio o funcionalidad:** Afecta la durabilidad del elemento estructural, incluyendo el acero de refuerzo. Afecta notablemente la sensación de seguridad de la estructura que deben sentir sus ocupantes.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento y/o el confort para el uso de la edificación.

### Eflorescencias (E3)

La lesión descrita se clasifica como secundaria y surge debido a la presencia de humedad en el elemento constructivo, que conduce a la cristalización en su superficie de sales solubles contenidas en el material. Estas eflorescencias se manifiestan visualmente como una apariencia blanquecina. En el caso del paciente, las eflorescencias se concentran principalmente en la parte inferior de la placa de concreto situada en el nivel N+6-57.

### Figura 52

*Figura de Grieta elemento No estructural*



**Grado de severidad:** Leve, Eflorescencias con área de afectación menor al 15% del elemento estructural.

### Afectación de la lesión

**Servicio o funcionalidad:** Servicio o funcionalidad La afectación se extiende a la durabilidad del elemento estructural, involucrando tanto al acero de refuerzo como a su función más allá de lo estructural dentro del contexto edificado.

Esta situación no solo compromete la integridad a largo plazo de la estructura, sino que también afecta su utilidad y propósito dentro del entorno construido. Como resultado, se ve afectada la sensación de seguridad que los ocupantes deben experimentar al interactuar con la estructura, lo que resalta la urgencia de abordar estas problemáticas de manera integral y efectiva.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento estructural y/o el confort para el uso de la edificación.

### Humedades (E4)

La lesión descrita es una de las más comunes en la construcción. Se manifiesta cuando la presencia de agua supera el nivel considerado como normal en un material o elemento constructivo. Esta condición se observa principalmente en los muros de fachada, tanto en las zonas superiores como inferiores, así como en los muros de pasillo. Se identifica por alteraciones visuales en el elemento, como la aparición de manchas, que indican cambios en su composición debido a la infiltración de agua.

### Figura 53

*Figura Humedades presentadas en el Paciente*



**Grado de severidad:** Leve, el área de afectación es menor al 30% del elemento estructural.

### Afectación de la lesión.

**Servicio o funcionalidad:** Afecta la durabilidad del elemento y de alguna manera la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación.

### Defectos o Lesiones por Juntas Frías (E5)

La lesión mencionada se origina por la presencia de una junta fría de construcción, evidenciada por una línea horizontal visible en la superficie del concreto. Este fenómeno surge de una conexión deficiente entre la viga y el muro de culata, resultante de errores en la ejecución durante el proceso constructivo. Es crucial abordar esta discrepancia mediante técnicas correctivas que aseguren una unión estructural sólida y cohesiva entre las partes involucradas. Adicionalmente, se observa mampostería expuesta en la parte superior sin ningún tipo de revestimiento o acabado, lo que constituye una falta de protección adecuada. Esta condición expone la estructura a la penetración de humedad, lo que puede resultar en problemas secundarios como infiltraciones, corrosión, proliferación de moho y eventual debilitamiento estructural.

#### Figura 54

*Figura Muro culata bloque A*



**Grado de severidad:** Moderado, Longitud entre el 20% y 50% del largo o ancho del elemento estructural y puede generar fisuras, cavidades o poros con calificación leve a moderada debido al lugar de la lesión se estima una longitud de 3.5m aproximadamente.

#### **Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Si la lesión considerada como previa genera afectaciones moderadas a severas que derivan en fisuras, grietas o cavidades impactando el servicio o funcionamiento del elemento según los criterios de calificación establecidos.

**Servicio o funcionalidad:** Afecta de alguna manera la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación y notablemente la sensación de seguridad de la estructura que deben sentir sus ocupantes

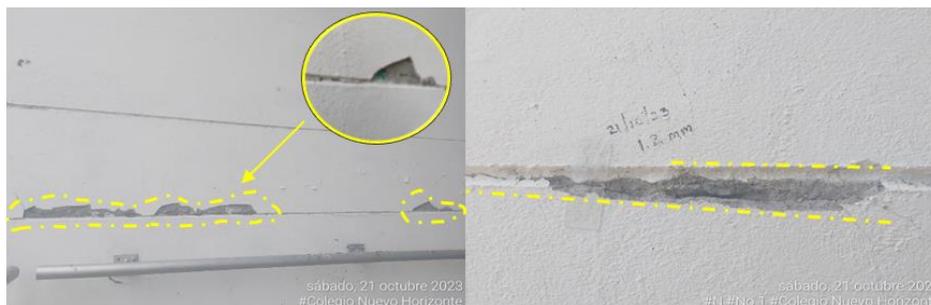
**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento estructural y/o el confort para el uso de la edificación

### Otros Lesiones en Elementos Estructurales por Construcción de Acabados o Instalaciones (E6)

Este tipo de lesión se presenta en el elemento estructural (viga) de carácter secundario, su causa específica corresponde a un defecto de construcción, este defecto se produce al estar embebida tubería de instalación eléctrica en el elemento estructural, la discrepancia entre los materiales de la tubería y el concreto pueden provocar expansión y contracción térmica dando como resultado delaminación del acabado superficial.

#### Figura 55

*Figura Bloque B viga N+3.50*



**Grado de severidad:** Leve, 10% del elemento estructural afectado en su sección longitudinal con presencia de fisura de 1.2 mm.

#### Afectación de la lesión

**Servicio o funcionalidad:** Afecta de alguna manera la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad no estructural dentro de la edificación y notablemente la sensación de seguridad de la estructura que deben sentir sus ocupantes.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento estructural y/o el confort para el uso de la edificación

### **Alteraciones en Forma y/o Dimensiones de Elementos (E7)**

Es posible evidenciar una deformación horizontal visiblemente en la viga derecha de la placa de concreto, dado que no se evidencia la presencia de fisuras o grietas que reflejen una sobrecarga del en el servicio, por lo cual se considera que la causa del elemento deflectado es relacionada con el proceso constructivo.

Así como también se evidencia irregularidades en su forma y dimensiones longitudinal en la sección del elemento a causa de malas prácticas constructivas.

### **Figura 56**

*Figura de Placa de cubierta en concreto ubicación de los 3 tanques de 5000 lt de almacenamiento agua potable.*



**Grado de severidad:** Leve -Moderado Variación de la sección transversal entre un 10%

**Afectación de la lesión**

**Resistencia o capacidad:** Reducciones de dimensiones en los elementos la sección transversal puede afectar la capacidad estructural del elemento.

**Servicio o funcionalidad:** Disminuciones moderadas del elemento pueden afectar la rigidez del elemento. Además, afecta notablemente la sensación de seguridad de la estructura que deben sentir sus ocupantes.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento estructural y/o el confort para el uso de la edificación.

### **Manchas (E8)**

Esta lesión secundaria se manifiesta en los muros de fachada, donde se observan manchas y decoloraciones en el acabado del elemento. Estas manchas son el resultado de la presencia de un alto contenido de humedad en la superficie del muro.

### **Figura 57**

*Figura Muros de Fachada con presencia de Humedad*



**Grado de leve:** Se considera leve toda vez que el área de afectación es menor al 20% del elemento.

### **Afectación de la lesión**

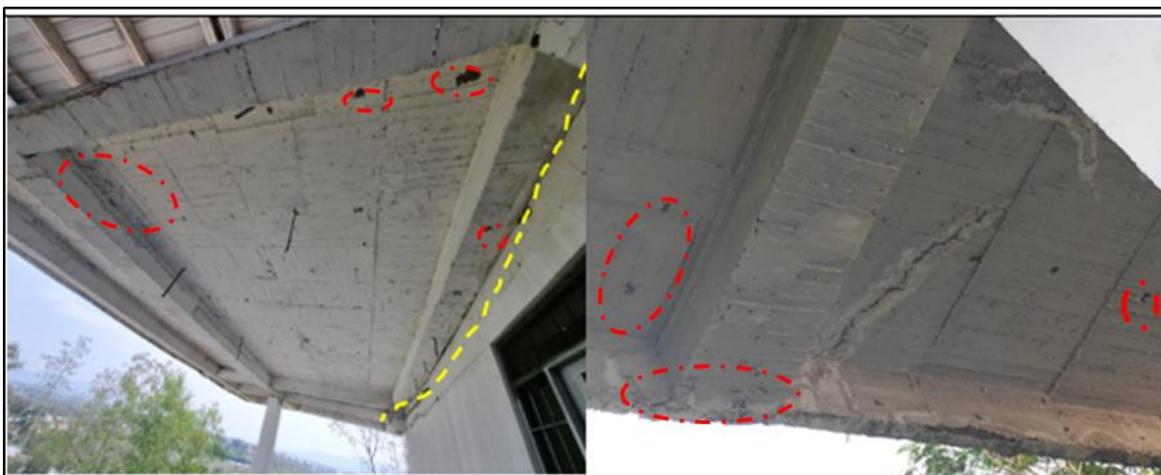
**Servicio o funcionalidad:** Afecta la durabilidad del elemento.

### Oquedades U Hormigueros (E9)

Esta lesión corresponde a la segregación o distribución no homogénea de los componentes del concreto al momento de su instalación presuntamente por la falta de vibrado o incorrectos procesos constructivos, lo cual genera vacíos en el elemento, lo cual genera efectos secundarios como la exposición de aceros, eflorescencias; Esta lesión es predominante en la placa de concreto ubicada a N+6.57, predominante en la zona baja de la placa.

#### Figura 58

*Figura Placa de cubierta en concreto*



**Grado de severidad:** Moderado, Oquedades u hormigueros con diámetros entre 10 y 50 mm aproximadamente de diámetro y/o profundidad. En un 15% de la zona del elemento.

#### Afectación de la lesión

**Servicio o funcionalidad:** Normalmente se afectará la durabilidad del acero de refuerzo como evolución posterior de la lesión y afecta la función del elemento desde el punto de vista de su necesidad estructural dentro de la edificación.

**Aspecto o confort:** Afecta el aspecto de acabado del elemento estructural y/o el confort para el uso de la edificación.

## ***Recomendaciones y Propuesta de intervención***

### **Posibilidades de Tratamiento.**

La consideración de los tratamientos disponibles para una estructura es crucial debido a su impacto económico, ambiental y social. Para la institución educativa, resulta imperativo establecer medidas de intervención o tratamientos viables que puedan implementarse rápidamente para abordar eficazmente su estado actual y permitir un uso más amplio de las instalaciones. Se argumenta que, aunque el 80% de las lesiones presentes en la institución no afectan directamente la seguridad de sus ocupantes, sí influyen en su comodidad y bienestar. Al establecer la intervención de los elementos comprometidos se estaría dando respuesta a rehabilitar la totalidad de los elementos con lesiones.

### **Propuestas de Ensayos, Pruebas o Seguimientos Complementarios.**

Durante el proceso de intervención, se sugiere implementar una supervisión técnica detallada para prevenir posibles antecedentes relacionados con procesos constructivos inadecuados, Además, se sugiere incluir pruebas de presión con el fin de la detección de humedades accidentales durante el proceso de intervención. Asimismo, se recomienda la realización de ensayos destructivos para garantizar y obtener resultados normativos con mayor precisión.

### **Medidas Preventivas Mientras se decide Intervenir**

La Institución Educativa ha reactivado recientemente el uso de 4 salones en el primer nivel. Actualmente, cuenta con un servicio de seguridad para la conservación y protección del inmueble y su mobiliario, sin embargo, carece de personal encargado de realizar los servicios de limpieza locativa necesaria para su conservación. Se sugiere iniciar la prestación de este servicio y establecer un control adecuado del mantenimiento para garantizar la durabilidad y funcionalidad de las instalaciones.

### **Definición de las Intervenciones**

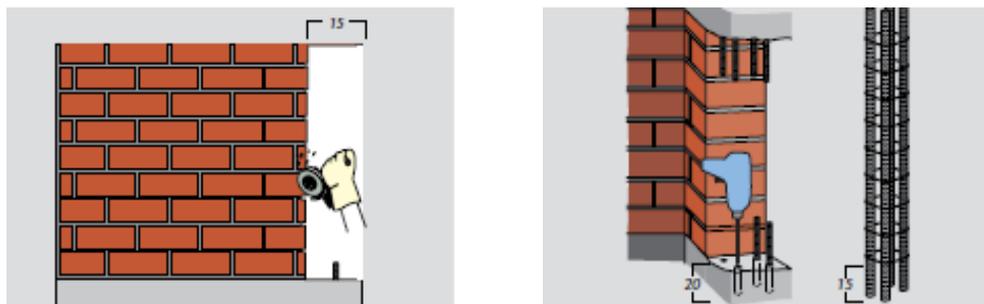
Se detallan los tratamientos necesarios para cada tipo de lesión, y se proporcionan los planos de intervención que establecen la modalidad de la intervención. Además, se adjuntan fichas patológicas

para describir las características específicas de cada lesión, brindando así una visión completa del proceso de tratamiento y reparación.

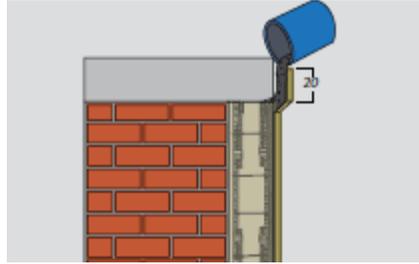
### Grietas

#### Elementos no estructurales y estructurales:

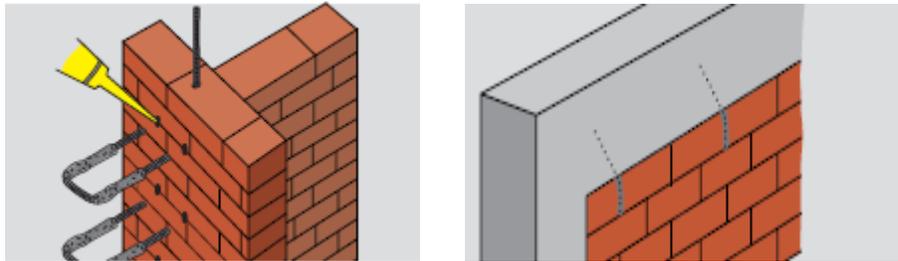
Se recomienda la integración de elementos rígidos, como columnas, en los muros divisorios y fachadas adyacentes a los baños. Este enfoque permitiría un anclaje más sólido de los muros. Asimismo, se propone la creación de juntas flexibles constructivas en las áreas donde los muros se conectan con las columnas y las vigas aéreas del sistema estructural. Esta medida tiene como objetivo disipar las fuerzas aplicadas y fortalecer la conexión entre los elementos no estructurales y estructurales. En conjunto, estas acciones contribuirían a mejorar la estabilidad y resistencia general de la edificación.



- a) Dilatación con herramienta para controlar las vibraciones y afectaciones al muro para demoler, luego se Ancla, arriba y abajo, cuatro barras con longitud requerida, utilizando para ello la formulación epoxica. Estas barras servirán para empalmar las barras longitudinales del nuevo pilar. Adicionalmente se deben disponer de estribos que deben quedar colocados en toda la altura del pilar.



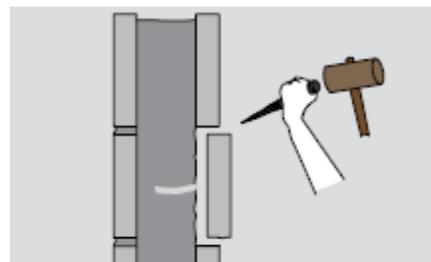
- b) Instalar formaleta y se procede a vaciar el concreto.



- c) Instalación de barras de aceros para anclar los muros con el sistema estructural utilizando epóxidos para anclajes, además, se deberá utilizar poliestireno con alta densidad para disipar los esfuerzos (Juntas flexibles).

### Elementos Estructurales para el caso de Fisuras

**Para rectificar las fisuras en el mortero de la zona exterior:** se seguirá un proceso que incluye la demolición del pañete dañado en los muros afectados, identificando y eliminando completamente el área comprometida. Esto implica la creación de una regata a lo largo de la zona afectada para permitir la instalación adecuada del nuevo material. Se optará por un mortero especialmente formulado para resistir la intemperie y ser impermeable, asegurando así su durabilidad y calidad. Este enfoque garantizará una reparación sólida y duradera que proteja la integridad estructural y estética de la superficie afectada.

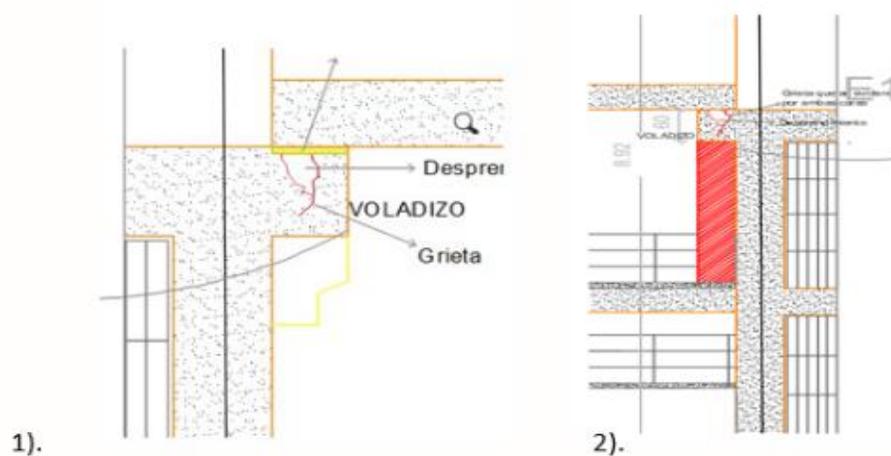


- a) Retirar el mortero que presenta espesores superiores a 2,0 cm y que además se encuentra dilatados.
- b) Realizar limpieza de los mampuestos para retirar sales presentes.
- c) Se instala recubrimiento de baja permeabilidad en los muros exteriores.

### Fisuras Elementos Estructurales:

En los elementos que soportan la placa de cubierta en concreto se sigue dos posibles soluciones:

- a) Colocar un elemento de sección variable debajo del voladizo que soporta la placa, en donde los aceros de refuerzo trabajen a compresión y conjunto con el concreto de la capacidad para el soporte del peso propio y posibles cargas adicionales.
- b) Anexar un elemento de soporte al voladizo como columna que soporte las cargas propias del elemento y posibles cargas adicionales.



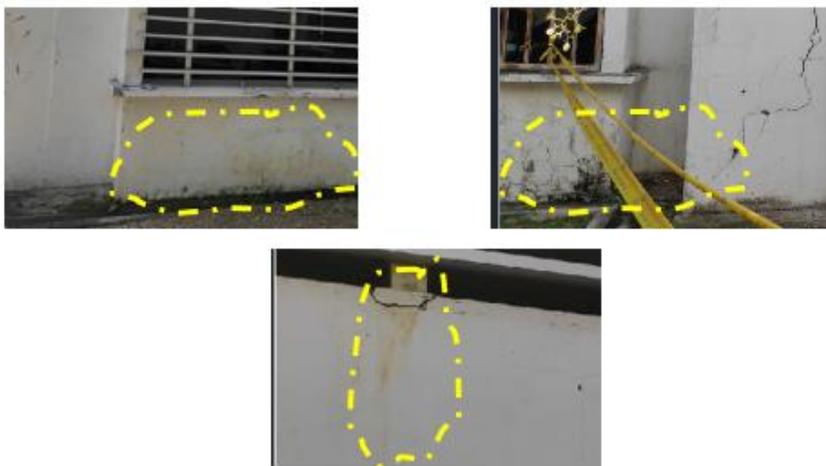
1. La resistencia como medio para reducir la vulnerabilidad y mejorar las condiciones de servicio.
2. La rigidez como medio para reducir la vulnerabilidad, reducción el movimiento y mejorar las condiciones de servicios.

### Humedades y Desagües:

Se requiere hacer la intervención de las humedades que presentan los muros externos y de los desagües.

### Figura 59

*Humedades muros externos y desagües*



- a) Para las humedades de los muros, se requiere realizar la limpieza con un hidro lavado y luego generar un sellador o revestimiento impermeable posterior a esto realizar el acabado con Productos antihumedad para muros.

- b) Canales perimetrales

Actualmente la canal perimetral se encuentra totalmente cubierta de material vegetal y debido a un mal emboquillado de la estructura se está presentando filtraciones continuas que están generando desestabilidad tanto a la canal como afectación de humedad a los muros, razón por la cual se pretende realizar el retiro de la capa vegetal que recubre la canal limpiándola y el emboquillado de la estructura en general.

**Figura 60**

*Canales perimetrales*

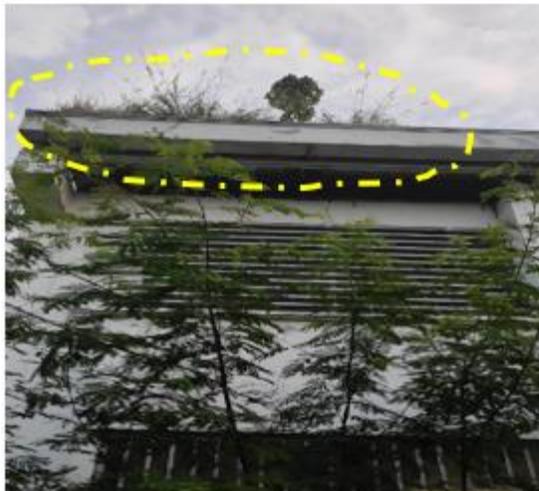


Es necesario llevar a cabo una limpieza exhaustiva, eliminando cualquier vegetación presente en el área. Además, se recomienda aplicar herbicidas para el control efectivo de la maleza. Posteriormente, se debe proceder con la reconstrucción de las juntas afectadas, seguida de la aplicación de una capa de recubrimiento de membrana líquida para garantizar una protección duradera y efectiva.

También se requiere llevar a cabo el reemplazo completo de las canaletas metálicas que recogen las aguas provenientes de la cubierta metálica, ya que su estado actual no permite un funcionamiento eficiente. Esto implica la eliminación de las canaletas existentes y la instalación de nuevas, garantizando así un sistema de drenaje efectivo y confiable para evitar problemas de filtraciones y acumulación de agua en la estructura. Es crucial asegurarse de que las nuevas canaletas cumplan con los estándares de calidad y resistencia necesarios para soportar las condiciones ambientales y proporcionar un desagüe adecuado.

**Figura 61**

*Canal perimetral desagüe cubierta.*



### **Cubierta en Concreto.**

Es necesario llevar a cabo una intervención integral en la cubierta de la zona de los tanques, comenzando con el retiro completo del material existente, en este caso, el manto asfáltico. Posteriormente, se procederá a aplicar un nuevo recubrimiento de baja permeabilidad con características mejoradas. Este nuevo recubrimiento asegurará un control eficaz de humedades y filtraciones, proporcionando una protección óptima para la estructura. Es fundamental seleccionar cuidadosamente el material del recubrimiento para garantizar su durabilidad y resistencia a los elementos, asegurando así una solución efectiva y duradera para este importante componente de la infraestructura.

### **Oquedades u Hormigonero.**

Es necesario abordar las oquedades presentes en la placa de cubierta de concreto, las cuales representan aproximadamente el 15% del área total. Para ello, se seguirá un proceso estructurado: en primer lugar, se demarcará un área más amplia alrededor de las oquedades identificadas. Luego, se procederá al corte preciso de la zona demarcada y a la limpieza meticulosa utilizando métodos como chorro de arena o aire comprimido.

Una vez limpia la superficie, se aplicará un puente de adherencia para asegurar una unión óptima entre el concreto existente y el material de reparación. Posteriormente, se aplicará el producto de reparación, en este caso, un mortero especialmente diseñado para la reparación de estructuras de concreto. Este mortero se aplicará uniformemente sobre la superficie para restaurar su integridad estructural y garantizar su durabilidad a largo plazo. Es crucial seguir cada paso con precisión y utilizar materiales de alta calidad para obtener resultados efectivos y duraderos en la reparación de las oquedades.

#### **Lesiones de Alteraciones en Forma y/o Dimensión de Elementos Estructurales.**

En los elementos donde se observe una deformación significativa en aumento o disminución, es necesario tomar medidas apropiadas de acuerdo con la situación. Esto implica iniciar con el corte preciso de la zona afectada, seguido de la demolición controlada del área comprometida. Una vez completada la demolición, se procederá a limpiar exhaustivamente la superficie utilizando métodos como chorro de arena o de agua a presión.

Posteriormente, se aplicará un mortero específico para la reparación de estructuras de concreto. Este mortero se utilizará para reconstruir y reforzar la zona afectada, restaurando su integridad estructural y garantizando su estabilidad a largo plazo. Es esencial llevar a cabo cada paso con cuidado y precisión para asegurar una reparación efectiva y duradera de los elementos afectados por deformaciones.

#### **Control de Plagas de Aves.**

Es esencial abordar de manera prioritaria el control de plagas en la Institución Educativa debido a los riesgos asociados con la presencia de aves. El excremento de estos animales no solo puede

ocasionar daños estructurales y materiales en la edificación, sino que también plantea una seria amenaza para la salud de quienes frecuentan el lugar.

La acumulación de excremento de aves puede ser portadora de diversos patógenos y bacterias, lo que aumenta el riesgo de enfermedades para los estudiantes, el personal y cualquier otro individuo presente en el entorno escolar. Por tanto, es imperativo implementar medidas efectivas de control de plagas para proteger la integridad de la infraestructura y salvaguardar la salud y seguridad de todos los miembros de la comunidad educativa.



Es imperativo realizar una limpieza exhaustiva y desinfección de las áreas afectadas, utilizando productos químicos seguros que no representen riesgos para la salud de quienes lleven a cabo la intervención. Se deben elegir productos desinfectantes que sean eficaces contra los patógenos presentes en el excremento de las aves, pero que al mismo tiempo sean seguros para su uso en entornos educativos.

Además, se recomienda instalar repelentes químicos o sonoros para disuadir la migración de las palomas hacia las áreas tratadas. Estos repelentes deben ser seleccionados cuidadosamente para garantizar su eficacia y seguridad, minimizando cualquier impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas.

### **Recomendaciones Propuesta de Intervención**

Tras la exhaustiva observación y exploración de la estructura, se ha llegado a la conclusión de que la propuesta de rehabilitación se centra en la conservación y recuperación de los elementos arquitectónicos y estructurales afectados. El objetivo principal es rehabilitar la funcionalidad total del servicio para el cual fue diseñada la edificación.

Como medida de intervención prioritaria, se ha determinado la necesidad de realizar primeros auxilios para parcializar las zonas afectadas y restablecer el uso de la edificación de manera temporal y posterior a esto garantizar a futuro el restablecimiento total. Esto implicará iniciar un proceso de mantenimiento general, seguido por la intervención de las superficies que presentan lesiones primarias y secundarias, las cuales han sido identificadas como de naturaleza físico-química y mecánica.

Es indispensable que la ejecución de la rehabilitación sea llevada a cabo por personal altamente capacitado y equipado con todos los implementos de seguridad individual requeridos. Asimismo, es crucial que los materiales empleados sean de la más alta calidad y cumplan rigurosamente con los estándares exigidos por las normativas pertinentes, como la norma sismo resistente, NTC y las que comprenden el control de calidad.

Es de suma importancia considerar el factor tiempo en este proceso. Cada momento de demora en la intervención podría incrementar la complejidad de la rehabilitación. Por ende, se debe gestionar con diligencia y eficacia la planificación y ejecución de la intervención, con el objetivo de minimizar posibles complicaciones y garantizar resultados óptimos y duraderos.

## Conclusiones

Al final del proyecto, teniendo en cuenta el objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica y patológica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot – Cundinamarca, tras un análisis exhaustivo de la patología y la vulnerabilidad sísmica, se concluye que este ha sido culminado y se ha llegado a una serie de conclusiones significativas. En primer lugar, de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa NSR-10, se ha determinado que la Institución Educativa cumple con las dimensiones de sus elementos estructurales, clasificándola dentro del Grupo 3 de edificaciones indispensables. No obstante, se identifica la necesidad de una intervención arquitectónica para mejorar aspectos no estructurales y garantizar el confort de sus instalaciones.

Acerca, del objetivo de identificar y describir la patología existente en el bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte en Girardot, Cundinamarca. Durante la inspección visual, se identificaron varias lesiones preocupantes en la estructura. Las más graves son las grietas y fisuras en los voladizos que soportan la placa de cubierta de concreto, situados en la parte superior de la rampa de acceso al segundo nivel. Además, se detectaron grietas en la mampostería que divide los baños para hombres y mujeres, así como en el área de uso de los profesores. Es esencial abordar estas lesiones de inmediato para garantizar la seguridad de los ocupantes.

Las lesiones leves, que afectan la resistencia y durabilidad de la estructura, también requieren atención urgente para evitar su deterioro y el posible daño a elementos adyacentes. Se observó humedad en diversas áreas debido al deterioro de la infraestructura. Las canalizaciones metálicas alrededor de la cubierta están corroídas y presentan microorganismos y vegetación, lo que ha provocado la pérdida de material en las secciones. Asimismo, las canales de concreto para desagües en la zona perimetral presentan acumulaciones de material orgánico y sedimentos, obstruyendo el flujo del agua de escorrentía y bloqueando los ductos de disposición final al alcantarillado. Es crucial abordar estas deficiencias para mantener la integridad estructural y funcional de la edificación.

Respecto, al objetivo de realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica del bloque de secundaria de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, los ensayos realizados fueron de carácter no destructivo, y en particular, la toma de esclerometría reveló una resistencia inicial del concreto superior a 3128 psi como resultado de la esclerometría, y como valor equivalente para la vulnerabilidad se realizó con 21 Mpa. Es importante destacar que, si bien esta resistencia cumple con los estándares establecidos en el Título C de la NSR-10, es necesario tener en cuenta que, al tratarse de un ensayo no destructivo, los resultados pueden no ser completamente verídicos. Por lo tanto, es crucial respaldar estos resultados con la extracción de núcleos, ensayos que son reglamentados por la Norma NSR-10.

Además, se tiene que la caracterización del suelo encontrado es un SP, el cual tiene características aceptables para la construcción, sin embargo, debido al sistema de drenaje deficiente que tiene el bloque de secundaria de la Institución Educativa, se está presentando deformaciones en algunas zonas de estas, por lo que es necesario realizar un diseño adecuado del manejo de las aguas lluvias y escorrentías en la Institución Educativa.

Por ende, se identificaron áreas críticas dentro del bloque de secundaria de la Institución Educativa, como los baños, que son especialmente susceptibles a sufrir daños durante un evento sísmico. Además, se han observado deficiencias en las juntas de los muros en toda la infraestructura y ausencia de elementos rígidos que garantizan la seguridad y buenos comportamientos de los elementos. Sumado a esto, la ubicación cercana a fallas geológicas representa un riesgo adicional. Por lo tanto, es imperativo llevar a cabo una intervención inmediata en estas áreas para garantizar la seguridad y la integridad de la comunidad educativa.

Tras realizar un análisis detallado mediante la modelación ETABS, se concluye que la Institución Educativa Nuevo Horizonte no presenta niveles de vulnerabilidad sísmica que requieren atención y acciones específicas para mitigar los riesgos asociados con relación a su estructura no obstante es claro aclarar que para elementos arquitectónicos se deben entrar a chequear para su posterior intervención.

Por último, al determinar el potencial impacto de la patología y la vulnerabilidad sísmica en el bloque de secundaria de la Institución Educativa y con base en los resultados obtenidos, formular recomendaciones para su fortalecimiento y mitigación de riesgos. Los resultados obtenidos de la modelación en ETABS proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas en materia de seguridad estructural y gestión del riesgo sísmico. Esto incluye la planificación de intervenciones de reforzamiento y la asignación de recursos para mejorar la resiliencia de la Institución Educativa, no obstante, se parametrizaron valores relacionados a las cuantías de acero que la institución requería y estas pudieron ser comparadas mediante el ensayo del Ferroskan cumpliendo con las mismas. Se destaca la importancia de desarrollar y promover planes de emergencia sísmica dentro de la institución, incluyendo simulacros y capacitación del personal y estudiantes, para garantizar una respuesta eficaz en caso de un evento sísmico.

## Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a través de estudio de patología y a la vulnerabilidad sísmica realizada la Institución Educativa Nuevo horizonte, se recomienda a la alcaldía municipal de Girardot y demás entidades competentes.

Se recomienda la asignación de recursos financieros y técnicos adecuados para llevar a cabo acciones de mejora de la infraestructura sísmica, incluyendo la implementación de tecnologías y prácticas de construcción resistentes a los terremotos para esto es muy necesario el pronto mantenimiento preventivo y correctivo a fin de mitigar las afectaciones o lesiones presentadas.

Es fundamental que el personal encargado de llevar a cabo la rehabilitación porte los Equipos de Protección Individual (EPIS) en todo momento. Esto incluye, pero no se limita a, cascos de seguridad, gafas protectoras, guantes, calzado de seguridad y cualquier otro equipo necesario para garantizar su seguridad y bienestar durante el proceso.

Se recomienda realizar un estudio de estabilidad del talud, especialmente debido a la deforestación que se ha producido en la zona. Este estudio permitirá identificar posibles riesgos de deslizamiento o colapso del terreno, y tomar medidas preventivas adecuadas para mitigar estos riesgos.

Es esencial elaborar un plan de manejo ambiental para gestionar adecuadamente los escombros generados durante el proceso de rehabilitación. Este plan debe incluir medidas para la segregación, transporte y disposición final de los escombros de manera que se minimice el impacto ambiental y se cumplan con todas las regulaciones ambientales aplicables.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos de manera regular y conforme al material y al tiempo de exposición a factores ambientales. Esto ayudará a prevenir el deterioro prematuro de las estructuras y a prolongar su vida útil, asegurando su funcionalidad y seguridad a largo plazo.

Finalmente, se sugiere realizar un diseño de reforzamiento estructural basado en los resultados obtenidos a partir del estudio de patología y análisis de vulnerabilidad sísmica para los muros de la zona

de los baños y los voladizos. Este diseño permitirá implementar medidas específicas para fortalecer las estructuras vulnerables y mejorar su capacidad de resistir eventos sísmicos, garantizando la seguridad de la edificación y de las personas que la ocupan.

Como compromiso profesional en la elaboración de este trabajo investigativo, se sugiere que toda la información recopilada sea presentada a las instituciones competentes para facilitar una intervención pronta y efectiva de acuerdo con los lineamientos y sugerencias proporcionados en el presente informe. El objetivo es contribuir activamente al bienestar y seguridad de la población que se beneficia diariamente de la Institución Educativa Nuevo Horizonte, asegurando que se tomen las medidas necesarias para abordar las vulnerabilidades identificadas y garantizar un entorno educativo seguro y resiliente para todos los involucrados.

## Referencias

- Agudelo Zamorano, C. A., y Gómez Agudelo, C. C. (2018). *Diagnóstico de las patologías estructurales de la institución educativa Gabo, del municipio de Cartago, Valle*. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Pereira]. <https://hdl.handle.net/10901/17054>
- Aguirre Paulini, V. M., y Sandoval Valenzuela, A. A. (2019). Vulnerabilidad sísmica aplicando el método Hirosawa en la Institución Educativa Elvira García y García - Chiclayo – Perú. [Trabajo de grado, Universidad San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5958>
- Alasino, E., Atoche, J. C. y Fuentealba Álvarez, J. P. (2022). Una mejor infraestructura educativa puede apoyar la recuperación de aprendizajes en América Latina. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/una-mejor-infraestructura-educativa-puede-apoyar-la-recuperacion-de-aprendizajes-en>
- Álvarez Sánchez, J. J., y Pulgar Santacruz, X. O. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de Vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales*. [Trabajo de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – UPC]. <http://hdl.handle.net/10757/626377>
- Asociación Municipal de Juntas de Acción Comunal - Asojuntas. (2012). Girardot – Cundinamarca, ubicación geográfica. <http://asojuntasgirardot.com/jac/ub/ubi.html>
- Bernal Torres, C.A. (2010). Metodología de la investigación. (3a. Ed.) Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Broto. (s. f). Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción. [https://higieneysseguridadlaboralcvb.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/enciclopedia\\_broto\\_de\\_patologias\\_de\\_la\\_construccion.pdf](https://higieneysseguridadlaboralcvb.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf)

- Carbonell Burgos, S. C., y Centeno González, Y. P. (2020). *Análisis de amenaza y vulnerabilidad frente a riesgos antrópico-tecnológicos y naturales en la Institución Educativa Eva Rodríguez Araujo del municipio de Malambo –Atlántico, 2018-2020*. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Barranquilla]. <https://hdl.handle.net/10901/18676>
- Chávez, C., Herrera, L. y Rodríguez, M. (2019). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica y estructural de las instalaciones del antiguo Instituto Técnico Universitario de Cundinamarca (ITUC) en el Municipio de Girardot*. [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios].  
<https://hdl.handle.net/10656/13627>
- Departamento Administrativo nacional de Estadística – DANE (2018). Resultados Censo de Población y Vivienda 2018.  
[https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/25307\\_infografia.pdf](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/25307_infografia.pdf)
- Domaneschi Marco, Zamani Noori, A., Pietropinto, M. A., y Cimellaro, G. P. (2021). Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios escolares existentes. *Computers y Structures*, (248).  
<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2021.106522>
- Duque Gómez, G. A. y Valencia Hernández, J. D. (2019). *Diagnóstico de las patologías estructurales de la Institución Educativa Liceo Gabriela Mistral municipio de La Virginia, Risaralda*. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Pereira]. <https://hdl.handle.net/10901/17824>.
- Ebensperger, L., y Donoso, J.P. (2021). Nueva metodología de diagnóstico de estructuras de hormigón armado con técnicas no-destructivas. *Revista ingeniería de construcción*, 36(2), 233-250.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732021000200233>
- Philco Arce, H. O., y Mamani Padilla, C. J. (2021). *Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones escolares públicas del distrito de Ciudad Nueva, Tacna 2021*. [Trabajo de grado, Universidad Privada De Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1768>

- García Socha, J y Rozo Ávila, J. (2020). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica y diagnóstico de patología estructural en el municipio de Villavicencio, caso de estudio: Edificio La Voz del Llano*. [Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomas]. <http://hdl.handle.net/11634/21864>
- Gulfo Mendoza, A. y Serna Hernández, L. F. (2015). Vulnerabilidad sísmica de la infraestructura del sector urbano en Girardot-Cundinamarca. *Ingenierías*, Vol. 18, (68), 23-31.  
[https://ingenierias.uanl.mx/anteriores/68/documentos/vulnerabilidad\\_sismica.pdf](https://ingenierias.uanl.mx/anteriores/68/documentos/vulnerabilidad_sismica.pdf)
- Guzmán León, A. F. y Ángel Morales, S. (2011). *Diagnóstico caracterización y evaluación de la vulnerabilidad física (norma NSR98 y NSR-10) y funcional (según estándares sectoriales) de los sectores salud educación y vivienda del municipio de Pereira*. [Trabajo de Grado, Corporación Universidad Libre Seccional Pereira]. <https://hdl.handle.net/10901/17026>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación. (6a. Ed.) McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Herrera Mesa, S, Manyoma Rentería, C. A. y Duarte Ruiz, C. M. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del grupo III sector educación ubicados en el municipio de Dosquebradas, Risaralda*. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Pereira]. <https://hdl.handle.net/10901/17871>.
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER. (2024). *Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico*. <http://www.idiger.gov.co/rsismico>
- Laurente Lliuyacc, A., y Ramos Salazar, J. P. (2020). *Vulnerabilidad estructural aplicando el método italiano para estimar la seguridad sísmica en las instituciones educativas en La Molina*. [Trabajo de grado, Universidad San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/6790>
- López Echeverry, M., y García Ávila, A. Y. (2018). *Patología estructural colegio Americano Pereira*. [Trabajo de grado, Universidad Libre Seccional Pereira] <https://hdl.handle.net/10901/17031>.

- Marcillo Merino, G. L., Varios autores. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica mediante la aplicación del método fema en la Capilla Nuestra Sra. Virgen de Lourdes. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*. ISSN: 2737-6249., 6(12 Ed. esp.), 2-16.  
<https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/140>
- Matajudíos Hernández, A. (2023). *Estudio Patológico del Puente Peatonal Av. 40 No. 16B-159 Barrio Balata*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás].  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/53735>
- Moreto Tuesta, C., Mechato Jiménez, M. J., y Díaz Jáuregui, G. A. (2021). Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de benedetti-petrini. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería*, 4(2), 57–65.  
<https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.728>
- Naciones Unidas (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres – UNDRR. (2019). *El costo humano de los desastres Una mirada a los últimos 20 años 2000-2019*.  
<https://www.undrr.org/sites/default/files/inline-files/El%20Costo%20Humano%20de%20los%20Desastres%202000-2019.pdf>
- Osorio, J. D. (09 de junio de 2022). *Carbonatación del Concreto: ¿Cómo Detectarla?*  
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla/>
- Saavedra Cuenca, J., y Mahecha Varón, C. (2019). *Evaluación de vulnerabilidad sismorresistente del edificio del Centro de Educación Permanente (CEP) de la Universidad de Ibagué*. [Trabajo de grado, Universidad de Ibagué]. <https://hdl.handle.net/20.500.12313/1817>

- Troncoso Valencia, A, Capera Hernández, M y Vargas García, F. (2021). *Caso de estudio patológico del bloque educativo de la universidad de Cundinamarca Sede Girardot*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35453>
- Universidad Nacional de Colombia. (2011). Estudio de “vulnerabilidad sísmica y patológico de la Institución Universitaria, Tecnológico de Antioquia. [https://www.tdea.edu.co/images/tdea/galeria/planeacion/estudio\\_vulnerabilidad\\_sismica.pdf](https://www.tdea.edu.co/images/tdea/galeria/planeacion/estudio_vulnerabilidad_sismica.pdf)
- Zora Mejía, F. N. (2014). Identificación del índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas de Medellín. [Trabajo de grado, Universidad EAFIT. ]<http://hdl.handle.net/10784/2843>
- Zora, F. N., y Acevedo Jaramillo, A. B. (2019). Índice de Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia. *Revista EIA*, 16(32), 195-207. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i32.1035>
- Zornosa Prieto, J., Rojas Bonilla, J., y Uriza Bonilla, M. (2017). *Acompañamiento a la evaluación, diagnóstico y propuesta de intervención del Puente sobre el río Aguas Claras en el municipio de Medellín del Ariari en el departamento del Meta*. [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/4395>

## **Anexos**

Anexo A. Informe Técnico de Inspección Ocular por parte de la Corporación ProDesarrollo

Anexo B. Informe de Diagnostico Estructural por parte de Profesional Externo

Anexo C. Planos Levantamiento Arquitectónicos

Anexo D. Planos Levantamiento Topográfico

Anexo E. Ensayos de Esclerometría y Ferrosan

Anexo F. Presupuesto Costo de Intervención