

**IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES
INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR
EDUCATIVO).**

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN

BRIAN CORTES HENAO

KATHERIN PERILLA MORALES

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

PEREIRA

2017

**IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES
INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR
EDUCATIVO).**

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN

BRIAN CORTES HENAO

KATHERIN PERILLA MORALES

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de INGENIERO
CIVIL**

INVESTIGADOR PRINCIPAL

ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO

GEÓLOGO

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

PEREIRA

2017

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	4
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5. MARCO REFERENCIAL.....	10
5.1 MARCO TEÓRICO:.....	10
5.1.1 Vulnerabilidad estructural.....	10
5.1.2 Patologías estructurales	11
5.1.3 Seguridad estructural	14
5.1.4 Daño estructural	14
5.1.5 Durabilidad estructural.....	18
5.1.6 Evaluación y diagnostico patológico en edificaciones.....	19
5.1.7 Inspección preliminar.	19
5.2 MARCO DE ANTECEDENTES.....	21
5.3 MARCO LEGAL	24
5.4 MARCO CONCEPTUAL.....	25
5.4.1 Patología.....	25
5.4.2 Fisuras	25
5.4.3 Deterioros.....	26
5.4.4 Desintegración	26
5.4.5 Distorsión.	26
5.4.6 Eflorescencia	26
5.4.7 Exudación.....	26
5.4.8 Incrustaciones.....	27
5.4.9 Picaduras.....	27
5.4.10 Cráteres.....	27

5.4.11 Escamas	27
5.4.12 Estalactita.....	27
5.4.13 Estalagmita	27
5.4.14 Polvo	27
5.4.15 Corrosión	28
5.4.16 Goteras.....	28
5.4.17 Humedad.....	28
5.4.18 Erosión.....	28
5.4.19 Prevención.....	29
6 DISEÑO METODOLÓGICO	30
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACION Y TIPO DE ESTUDIO	30
6.2 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO	32
6.3 FASES Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
6.3.1 Recopilación del estado del arte de patologías estructurales.....	33
6.3.2 Inspección preliminar y análisis visual.....	33
6.3.3 Identificación patológica estructural.....	34
7 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
7.1 RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE PATOLOGÍAS DE CONCRETO.....	35
7.2 FORMATO PARA LA CAPTURA DE DATOS EMPLEADO PARA LA EVALUACION PATOLOGICA DE LAS INTITUCIONES EDUCATIVAS.....	38
7.3 PATOLOGIAS ESTRUCTURALES IDENTIFICADAS EN LAS INTITUCIONES EDUCATIVAS	44
7.3.1 Terreno.....	44
7.3.2 Sistema estructural	45
7.3.3 Columnas	46
7.3.4 Vigas.....	51
7.3.5 Muros	54
7.3.6 Cubierta	56
7.3.7 Escaleras:.....	57
7.3.8 Pérdida de material.....	58
7.3.9 Acabados.....	60
7.3.10 Análisis comparativo	62

8. CONCLUSIONES	66
9. RECOMENDACIONES	69
10. BIBLIOGRAFIA	70
11. ANEXOS	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Humedades más habituales en un edificio.....	18
--------------------------------------------------------	----

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 2. Ubicación Institución Educativa Antonia Santos.	34
Imagen 3 Estado de la losa de la institución Antonia Santos.	44
Imagen 4 Simetría de los bloques de la Sede Educativa Antonia Santos.	46
Imagen 5 Estado de las columnas en la institución Antonia Santos.	47
Imagen 6 Fenómeno de columna corta en el segundo piso de la edificación Antonia Santos.	48
Imagen 7 Discontinuidad en una columna central en la institución Antonia Santos.	49
Imagen 8 Corrosión en los elementos metálicos.	50
Imagen 9 Discontinuidad y pérdida de material en las columnas esquineras de la edificación. .	51
Imagen 10 Estado de las vigas en la institución	52
Imagen 11 Intervención inapropiada de vigas para la instalación de elementos hidráulicos.....	53
Imagen 12 Estado actual de las vigas en la institución de Antonia Santos.	54
Imagen 13. Tipo de grieta existente en los muros.	55
Imagen 14 Estado actual de los muros.....	56
Imagen 15 Cubierta con ausencia de sistema de drenaje de las aguas lluvias.....	57
Imagen 16 Escaleras de acceso a los baños en la institución Antonia Santos.....	57
Imagen 17 Estado actual de los muros en cuestión de pérdida de material.	58
Imagen 18 Cráteres en los elementos estructurales de la edificación Antonia Santos.	59
Imagen 19 Crecimiento de materia biológica en la estructura de la institución educativa Antonia Santos.	60
Imagen 20 Estado actual de los acabados.....	61
Imagen 21 Fachada de la institución Antonia Santos.....	62

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Origen de las causas del deterioro en las estructuras.	12
Gráfico 2 Patologías estructurales.....	64
Gráfico 3 Gráfico comparativo	65

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Lista de proyectos y estudios relacionados con las patologías estructurales.	21
Tabla 2 Normatividad concerniente a las patologías estructurales:	24
Tabla 3. Clasificación de fisuras de acuerdo al ancho.....	26
Tabla 4. Matriz de diseño metodológico.....	32
Tabla 5 Lista de autores relevantes de la literatura de patologías estructurales.	35
Tabla 6 Formato para la identificación de las patologías estructurales en las instituciones educativas.....	40
Tabla 7 Cuadro comparativo de las patologías correspondientes a las instituciones educativas evaluadas en esta investigación.....	63

RESUMEN

El presente estudio tiene por objeto realizar una evaluación cualitativa e inspección patológica de cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal del departamento de Risaralda, ubicado en el área andina colombiana. Estas son: Colegio Lorencita Villegas de Santos, Colegio Santa María Goretti, Colegio Cooperativo “COODESCAR”, Escuela de Guacas “La Inmaculada” y Escuela Antonia Santos; se explicara detalladamente el proceso de evaluación patológica e inspección visual que se realizó únicamente con un colegio, el último mencionado anteriormente.

La importancia del estudio reside en la necesidad de generar un interés en el tema por parte de las entidades gubernamentales quienes son las encargadas de velar por el bienestar y seguridad de la comunidad, y quienes a la fecha no han ejecutado ninguna acción frente al tema. Para iniciar se realizó una visita a cada una de las instituciones educativas, utilizando la ficha técnica elaborada previamente, la cual indaga sobre los datos generales de la estructura, el sistema estructural y las patologías más comunes de una estructura; así mismo, se consideraron otras variables como la geología, la climatología, los parámetros constructivos, los antecedentes históricos, la localización y la normativa que aborda este tema. Posteriormente, se elaboró un cuadro comparativo con el cual se determinó que las patologías estructurales más recurrentes en las cinco instituciones obedecen a manchas y pérdidas de materiales mientras que la institución educativa con mayor afectación fue el Colegio Antonia Santos, el cual se encuentra en condiciones estructurales patológicas críticas y debe realizarse una intervención de carácter necesario para la seguridad y funcionalidad adecuada de dicha estructura. Además, se diagnosticó el estado del plantel educativo y las posibles causas de las patologías encontradas; finalmente con los resultados obtenidos se plantearon una serie de recomendaciones y probables soluciones para mitigar el riesgo de la población tanto de estudiantes como del personal docente y administrativo que hace parte de estas estructuras.

1. INTRODUCCIÓN

“Es imposible olvidar para los habitantes de los departamentos de Quindío y Risaralda el sismo ocurrido el 25 de enero de 1999¹, el cual dejó 1900 víctimas mortales y más de 3000 heridos”. Acontecimiento que marcó la historia de la infraestructura de estos dos, de los tres departamentos que conforman el eje cafetero. Es importante después de un desastre de esta magnitud preguntarse, en qué estado está la infraestructura de las edificaciones. Después de más de 15 años del suceso seguirán habiendo secuelas en las estructuras y qué patologías son recurrentes en estas edificaciones.

Es importante tener claridad sobre los tipos de patologías más recurrentes, realizando únicamente una inspección visual detallada en las edificaciones del sector educativo del municipio de Santa Rosa de Cabal, para encontrar soluciones que sean rápidas, preventivas y eficientes.

La Ficha Técnica de Identificación de Patologías Estructurales le permite a cualquier persona realizar un análisis patológico visual, evitando el uso de mano de obra especializada para su uso, ya que cuenta con ilustraciones que facilitan la identificación de las patologías. En esta investigación se hará un diagnóstico patológico de cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal para determinar si es inminente la intervención o si el daño es sólo superficial, reduciendo el riesgo por daño estructural de la comunidad educativa que en su mayoría son menores de edad.

¹HERMELIN, Michel. Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004. Capitulo 1. Introducción. Medellín. 2005. Vol. 1, P.11.

Es de tener en cuenta que por ser una identificación visual, no se realizarán pruebas de laboratorio; por lo tanto, la inspección no arrojará datos exactos sino una aproximación al tipo de problema y las posibles causas para con estas tomar una decisión definitiva. Si el daño detectado fuese severo, se deberá complementar el estudio con pruebas de laboratorio tales como: Extracción de núcleos, esclerómetro, ferroskan, ultra sonido, entre otras. La ejecución de estas pruebas requiere de mano de obra especializada e instrumentos calibrados recientemente; es importante mencionar, que en su mayoría este tipo de pruebas tienen costos elevados por lo que se recomienda su uso sólo si el daño en la edificación es severo y requiere de una intervención inminente.

En el presente trabajo de investigación se encuentra toda la información relacionada con la identificación de patologías estructurales más recurrentes de las instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal. En el siguiente capítulo se expresa cual es el planteamiento del problema seguido de la justificación por la cual es tan importante esta investigación. Más adelante, en el marco conceptual, hay un glosario técnico de las palabras más relevantes de esta investigación. Los resultados de la investigación están expuestos en el capítulo 7, en el cual se hace un análisis comparativo de todas las instituciones evaluadas y se determina cual fue la institución más afectada patológicamente. Por último, se presentan las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para la intervención o el mantenimiento óptimo de las estructuras.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Las patologías estructurales en el sector educativo del municipio de Santa Rosa de Cabal, son un objeto de investigación de gran importancia puesto que este municipio se encuentra localizado en una zona de alto riesgo sísmico a causa de la triple unión que ocurre en la esquina de la Placa Sudamericana, donde las placas de Nazca y Placa del Caribe convergen entre ellas²; así mismo, el mapa de microzonificación sísmica del departamento Risaralda corrobora la constante amenaza sísmica en la que se encuentra el municipio de Santa Rosa de Cabal.

El terremoto registrado en los departamentos de Quindío y Risaralda el 25 de enero de 1999, con una magnitud de 6.4 en la escala de Richter, ocasionó una serie de daños significativos en la infraestructura de algunos de sus municipios; como fue el caso del municipio de Santa Rosa de Cabal donde diversas estructuras del sector educativo resultaron afectadas; entre ellas se encuentran el Colegio Cooperativo COODESCAR, Colegio Laboure, Escuela Simón Bolívar, entre otros.

Santa Rosa de Cabal cuenta con 66 instituciones educativas públicas, ubicadas en su mayoría en la zona rural del municipio, las cuales albergan miles de estudiantes en su totalidad menores de edad; por esta razón, es de vital importancia que dichas instituciones se encuentren en óptimas condiciones estructurales. Una de las herramientas empleadas para la evaluación de estas condiciones, es la descripción visual

² SOMOZA, Rubén; GHIDELLA, Marta E. Convergencia en el margen occidental de América del Sur durante el Cenozoico: subducción de las placas de Nazca, Farallón y Aluk. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 2005, vol. 60, no 4, p. 797-809.

de patologías; método a utilizar en esta investigación para determinar el tipo de patología predominante entre cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal, estas son: Colegio Lorencita Villegas de Santos, Colegio Santa María Goretti, Colegio Cooperativo “COODESCA”, Colegio Antonia Santos y Escuela de Guacas “La Inmaculada”.

Algunas de las variables que influyen en las patologías de una estructura son la precipitación, el sistema constructivo y la geología de la zona. El municipio de Santa Rosa de Cabal tiene dos periodos de lluvias en el año, el primero en los meses de Abril– Mayo y el segundo entre los meses de Octubre–Noviembre; de otra parte, la precipitación en este municipio varía entre 280 y 325 mm/ mes y 1700 y 3100 mm/ año mientras que su temperatura media mensual es de 19.25 °C³; estos factores intervienen directamente las patologías estructurales, ya que las lluvias pueden generar corrosión, humedades en la estructura, pérdida de material, entre otras patologías.

La mayoría de instituciones educativas fueron construidas previo a la Norma Sismo resistente NRS-98; haciéndolas vulnerables ante la ocurrencia de un sismo, propiciando la de grietas, fisuras, entre otras patologías.

La ultima variable a considerar es la geología, el municipio de Santa Rosa de Cabal posee formaciones superficiales compuestas por depósitos de cenizas volcánicas (Limos - Arcillosas), suelos residuales de rocas verdes (Arcillosos), depósitos antrópicos (Rellenos), Coluviones (Basaltos y diabasas triturados), entre otros⁴; las cuales podrían generar asentamientos diferenciales que afecten la estructura; a nivel de la cimentación

³ Grupo de Investigación en Gestión Ambiental – CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Santa Rosa de Cabal. Climatología. Risaralda. Vol. 1, P 17.

⁴ Grupo de Investigación en Gestión Ambiental – CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Santa Rosa de Cabal. Geología. Risaralda. Vol. 1, P 12.

y de los elementos estructurales; de ahí la importancia de conocer el tipo de suelo donde se apoya la estructura.

En Colombia se han desarrollado estudios patológicos, como es el caso de la ciudad de Bogotá D.C (2011). Los cuales arrojaron como resultado una guía de inspección sobre posibles afectaciones de las edificaciones en elementos estructurales y no estructurales, después de un sismo⁵.

Finalmente con esta investigación se pretende evaluar y determinar el estado en que se encuentran cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal, una vez concluida esta etapa y considerando los resultado obtenidos se formulará una serie de posible soluciones para cada uno de los daños encontrados en la inspección patológica; de esta manera, se minimizará el riesgo de la población que hace parte de los planteles educativos y se contribuirá al mejoramiento de la infraestructura del municipio. Adicionalmente, con la identificación previa de las patologías más recurrentes se podrán definir de forma general sus posibles causas para trabajar en soluciones que faciliten la mitigación del agente detonante considerando para ello las condiciones climatológicas, geológicas, sísmicas y demás agentes que puedan afectar directa o indirectamente el estado de las estructuras.

Es así como surge el siguiente interrogante:

¿Cuáles son las patologías más recurrentes en el sector educativo del municipio de Santa Rosa de Cabal?

⁵ SALGADO, Mario A., et al. Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia. Actualización y uso en las nuevas normas colombianas de diseño sismo resistente NSR-10. *Revista de Ingeniería*, 2010, no 32, p. 28-37.

3. JUSTIFICACIÓN

Para evaluar cualquier estructura de concreto reforzado es necesario determinar patológicamente en qué estado se encuentra, esto implica realizar un estudio de patología que permita detectar las causas e identificar el tipo de daño presente.

A través de esta investigación se pretende identificar las posibles causas de las patologías más recurrentes en cinco edificaciones del sector educativo del municipio de Santa Rosa de Cabal; así mismo, clasificar cada una de estas. Para esto se tendrán en cuenta todos los registros visuales y fotográficos, los datos históricos acerca de los sismos en la zona, el plan de desarrollo en el sector educativo del municipio y las visitas de campo a las instituciones educativas.

Es esencial realizar una evaluación a estas edificaciones por considerarse indispensables y pertenecer al subgrupo 5 del artículo 33, uso institucional (I) donde se catalogan como establecimientos dedicados a la prestación de un servicio social-comunitario.⁶ Por esto, es imprescindible que las edificaciones en las cuales se suministran servicios educativos, independientemente de su antigüedad, estén en óptimas condiciones estructurales y sean seguras para garantizar un comportamiento adecuado ante la ocurrencia de cualquier eventualidad. Adicionalmente, estas edificaciones albergan a diario cientos de personas que en su mayoría son menores de edad; niños en pleno desarrollo, docentes y administrativos que laboran en estas instituciones educativas. Estas personas diariamente pasan largas jornadas dentro de las edificaciones, si estas llegasen a encontrarse en mal estado estarían expuestas a peligros inminentes. La salud y el bienestar de estas personas pueden verse seriamente comprometidos ante el acontecimiento de daños severos o incluso el posible colapso de la estructura como consecuencia de su condición patológica.

⁶ Reglamento colombiano de Construcción Sismorresistente.NSR-10.Capitulo A.2.5.1.2. Bogota.D.C,2010

El plan de desarrollo formulado para los años 2016-2019 “Santa Rosa de Cabal turística, cultural y educadora” no involucra un programa que abarque la evaluación del estado y la determinación de la durabilidad de las edificaciones de este municipio; dejando aún lado las instituciones educativas y generando con ello, la necesidad de realizar una identificación de los daños estructurales que estas puedan poseer para formular una serie de alternativas que contribuyan a su solución.

Generalmente los trabajos de evaluación, reparación, rehabilitación y/o reforzamiento son siempre más costosos que los trabajos de proyecto⁷. Quizás este sea el motivo por el cual los entes territoriales no le dan la importancia necesaria a la revisión del estado patológico en el que se encuentran las estructuras del municipio, y por ello, no incorporan esta variable en los planes de desarrollo.

De acuerdo a la NSR-10, Título A.2.3 Zonas de amenaza sísmica, el municipio de Santa Rosa de Cabal se encuentra localizado en una zona sísmica alta; ubicando las instituciones educativas a evaluar en una zona sujeta a sismos constantes e impredecibles. Si las edificaciones no se encuentran estructuralmente aptas para albergar a la comunidad en el momento en el que un sismo afecte la zona, este podría causar una serie de daños que de acuerdo a su estado podrían categorizarse como leves, severos o muy graves; influyendo directamente en la magnitud que pueda llegar a tener el siniestro.

Considerando lo anteriormente expuesto, se hace imprescindible realizar un seguimiento periódico al estado de las estructuras que facilite llevar un control de todos los daños o patologías existentes en cada una de las edificaciones que lo soliciten para posteriormente plantear las soluciones pertinentes en cada caso.

⁷ VIDAUD, Ernesto. Seminario Patología del concreto y del acero. México, 2016.

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las patologías estructurales más recurrentes en la infraestructura educativa del municipio de Santa Rosa de Cabal.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar el estado del arte de patologías estructurales en cualquier edificación.
- Diseñar un instrumento para la identificación de patologías estructurales.
- Identificar las patologías estructurales de las instituciones educativas: Colegio Lorencita Villegas de Santos, Colegio Santa María Goretti, Colegio Cooperativo “COODESCA”, Colegio Antonia de Santos y Escuela de Guacas “La Inmaculada”, los cuales se encuentran localizados en el municipio de Santa Rosa de Cabal.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEÓRICO:

Dado que la mira central de este proyecto de investigación es la identificación de las patologías más frecuentes en cinco instituciones educativas del municipio de Santa Rosa de Cabal, es necesario plantear parámetros que sirvan de ejes conceptuales para entender toda la temática relacionada a patologías y sus causas; asimismo, los posibles efectos que pueden ocasionar en las estructuras.

5.1.1 Vulnerabilidad estructural. Es indispensable la idea de vulnerabilidad en las estructuras si se va abarcar el concepto de patología estructural. Según Bonnet (2003), la vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. La vulnerabilidad de las estructuras se suele manifestar a través de patologías de las edificaciones ocasionando numerosos efectos, desde pequeños daños hasta grandes deformaciones que pueden repercutir en el colapso de la estructura o al menos en una parte de ella.

La vulnerabilidad sísmica se puede realizar a muchas partes de la estructura, entre las cuales sobresalen:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales
- Contenidos (maquinarias, muebles, enseres y demás elementos que formen el mobiliario de la estructura).

5.1.2 Patologías estructurales. Es el estudio de las enfermedades como procesos anormales de causas conocidas o desconocidas. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructuras, encontrando así una definición acertada de patología estructural. Se entiende, entonces, por patología estructural como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición.⁸

Difícilmente se logra determinar de manera concreta el motivo de los daños aparentes que poseen las estructuras debido a que la diversidad de patologías es infinita. Cada patología muestra rasgos únicos y posibles causas que incluso para un experto es difícil predecir con certeza. Según el CIGIR⁹ las patologías pueden aparecer por tres motivos:

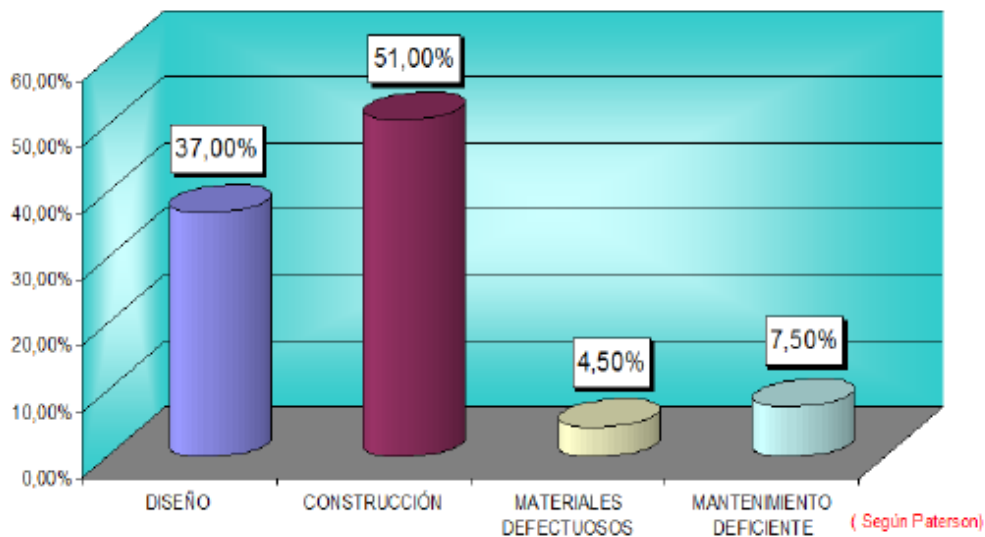
- Las patologías que aparecen por *Defectos*, son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura. Pueden ser causadas por un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada o materiales de calidad deficiente que no cumplen especificaciones de la NTC.
- Las patologías originadas por *Daños*, son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza externa a la edificación. Los daños pueden ser causados por un fenómeno natural, como un sismo, inundación, deslizamiento de tierras, entre otros. Aunque otro motivo posible podría ser el caso en el que la estructura se viera obligada a soportar una carga para la cual no fue diseñada, es decir, una sobrecarga.⁴
- El tercer motivo de patologías puede ser el *Deterioro*, generalmente se diseñan para que funcionen durante una vida útil, pero con el transcurrir del tiempo, la estructura presenta daños que deberán ser atendidas de manera inmediata. Una estructura

⁸ SANCHEZ DE GUZMAN Diego, Durabilidad y Patología. Instituto del Concreto, ASOCRETO. Seminario, Bogotá, 2006.

⁹ ASTORGA, Ariana. Centro de investigación en Gestión integral de Riesgos. Módulo III, Sección IV. 2009.

puede estar debilitándose o en proceso de deterioro cuando se ven expuestas a la intemperie, al contacto con sustancias químicas presentes en el agua o en el aire.

Gráfico 1. Origen de las causas del deterioro en las estructuras.



Fuente: Patologías del concreto y del acero. UNAM.

Según la gráfica anterior, el autor de patologías estructurales Paterson, declara que el mayor porcentaje de causas para el deterioro de las estructuras son los procesos constructivos llevados a cabo en toda obra. Es probable que en la construcción de las instituciones educativas clasificadas según la NSR-10¹⁰ como edificaciones indispensables clasificadas en el grupo III, las cuales comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud y seguridad de las personas, se vea igualmente comprometida en errores básicos de construcción que podrán causar los deterioros en las estructuras.

¹⁰ Reglamento colombiano de Construcción Sismorresistente. NSR-10. Capítulo A.2.5.1.2. Bogotá .D.C, 2010.

Las fases de diseño y construcción son cruciales en la permanencia, durabilidad y conservación de la edificación durante su vida útil, son fases determinantes en el comportamiento de la estructura cuando se somete a fuerzas externas, ya sean sismos o cualquier otra carga imprevista.

Uno de los motivos principales que manifiestan daños en las estructuras son los diseños de las mismas. Según el ingeniero Eduardo Vidaud (2016), profesor de la Universidad Autónoma de México¹¹ explica de manera explícita las labores que se deben de realizar para evitar todo tipo de patologías recurrentes en cualquier obra.

El ingeniero calculista debe tener conocimiento de la ingeniería de materiales para la especificación óptima de los mismos. El revenimiento y/o relación agua cemento estará muy relacionado con el procedimiento de curado y su control, esto es muy importante en estructuras en donde una de las dimensiones es mucho mayor a las otras dos dimensiones (muros, losas, pavimentos, pisos industriales).

Hay fenómenos de contracciones que generan agrietamiento:

- Agua: si se posee mucha agua en la mezcla generara más contracción (plástica y por secado) por lo que habría más agua libre, efecto contrario si existe poca cantidad de agua en el diseño de mezcla.
- Cemento: en el caso que se presente mucho cemento habrá más calor de hidratación y mayor contracción térmica caso adverso si concurre poca cantidad de cemento. El contratista debe estar perfectamente familiarizado con el procedimiento constructivo a seguir, incluso debe exigir un plano del procedimiento constructivo detallado.

Las patologías en las estructuras pueden tener dos orígenes posibles:

- Congénito: son aquellas que se producen por errores de concepción o errores de ejecución.
- Adquirido: estas son acciones causadas por el medio ambiente o agentes externos.

¹¹ Conferencista de catedra "Patologías y mecanismo de falla estructural de acero y concreto" (México,2016).

Aunque es difícilmente catalogar un solo origen para una manifestación de las fallas concurrentes en las estructuras, es posible al menos dar un indicio de cuales pudieron haber sido las posibles causas. El tema es extenso y está íntimamente relacionado con otros campos ingenieriles que a la luz de esta investigación merecen ser mencionados: mecánica de suelos, laboratorios, estructuras, químicos del concreto, petrografía, arquitectura, topografía, entre otras especialidades.

5.1.3 Seguridad estructural. Abarcando las patologías se hace una reflexión propia y necesaria acerca de la seguridad estructural. El atributo de seguridad, sin duda, es el más importante de los que debe poseer una estructura, la excelencia en funcionalidad, economía o estética nunca podrían compensar la pérdida de una vida humana como consecuencia del eventual colapso en una edificación.

5.1.4 Daño estructural. El concepto de falla es fundamental para entender la ingeniería, ya que el diseño ingenieril tiene como su primer y principalísimo objetivo, el evitar las fallas.¹² Según el diccionario de la Real Academia Española, falla se define como: defecto; anomalía; deficiencia; falta; no corresponder una cosa al efecto que se esperaba de ella; defecto material de una cosa que merma su resistencia.¹³ Explorando a la ingeniería civil las definiciones anteriores, generalmente se acepta que ocurre una falla cuando cualquier proyecto, instalación o construcción, no se desempeña de acuerdo con la intención original del dueño, del proyectista o del constructor. Es decir, en este contexto no necesariamente implica un evento catastrófico; no significa el colapso, derrumbe caída o ruina de un edificio, o cualquier construcción.

Las fallas estructurales aun y cuando de ninguna manera son deseables, siguen siendo una de las fuentes de aprendizajes más ilustrativas y útiles para los especialistas en el

¹² BROTO I COMERMA, Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.

¹³ Real Academia Española. (Base de datos en línea) (Consultado el 30 de agosto) Disponible en: www.rae.es

tema. Para esto es importante una disposición conveniente para la clasificación de estas fallas que permita estudiarlas de forma ordenada. Según el ingeniero y experto en el tema Ernesto Leopoldo Treviño, un primer nivel de clasificación de las fallas estructurales, es el que las separa en dos grupos: fallas catastróficas y fallas no catastróficas. Otra clasificación semejante es el que las agrupa en fallas primarias y fallas secundarias.¹⁴

Un mejor sistema para clasificación de los tipos de fallas, será aquel que tome en cuenta las necesidades de los distintos grupos interesados (Chesson, 1986).

El daño es consecuencia de sobrepasar un estado límite de la estructura durante su uso o explotación. Los daños no se refieren únicamente a acciones de tipo mecánico sino que pueden tener su origen en acciones de tipo físico, químico, biológico o incluso combinaciones de estos. Directamente relacionado con el daño estructural están los síntomas que es la referencia subjetiva que presenta una estructura por la percepción o cambio que puede reconocer como anómalo. Los síntomas comunes en estructuras son: grietas, fisuras y/o fracturas; aplastamientos; desconchamientos; zonas punzonadas; eflorescencias; cambios de coloración; segregación; hinchazones; deformaciones; oquedades; deflexiones.¹⁵

Según el especialista Eduardo Vedad, las patologías básicas y más recurrentes son las grietas y las clasifica de la siguiente manera:

Cuando el concreto está endurecido:

- Físicas: por contracción de agregados o contracción por secado.
- Químicas: corrosión del refuerzo, reacción álcali-agregado o carbonatación.
- Térmicas: causadas por el congelamiento o deshielo, la temperatura ambiente o la temperatura de reacción.
- Estructurales: sobrecargas, flujo plástico, cargas de diseño o asentamiento diferencial.

¹⁴ Universidad de Nuevo León. Patología de las estructuras de concreto, México, 1998. p. 112.

¹⁵ GARCÍA RODRÍGUEZ, Julián. Evaluación de Estructuras Técnica y Materiales para su Reparación. Colombia. 2002.

Cuando el concreto está en estado plástico:

- Plásticas: debido a la congelación temprana, contracción plástica o asentamiento plástico.
- Construcción: movimiento de formaletas o movimiento del terreno.

Las fisuras en el concreto se atribuyen a múltiples causas y pueden solo afectar la apariencia de la edificación, pero también pueden ser indicadores de fallas estructurales significativas. Las fisuras solo pueden repararse correctamente si se conocen sus causas de origen y si los procedimientos de reparación seleccionados son adecuados para dichas causas; en caso contrario, las reparaciones duraran poco tiempo.

En cuanto a su comportamiento pueden ser:

- Vivas: cuando continúan en movimiento, expandiéndose, abriéndose o cerrando.
- Muertas: Cuando ya han dejado de crecer no se mueven. Pueden denominarse “estabilizadas”.

En cuanto a su espesor o tamaño de abertura, pueden ser:

- Microfisuras: Tienen espesores menores a 0.05 mm. En general, carecen de importancia estructural.
- Fisuras: Tienen espesores entre 0.05 mm y 0.20 mm. Pueden llegar a ser muy perjudiciales para la edificación.
- Macrofisuras: Tienen espesores mayores a 0.20 mm. Pueden ser muy peligrosas para la integridad de la estructuras.

Muchas de las demás lesiones presentes en una estructura son causadas por el medio ambiente; el transcurrir del tiempo a la intemperie, puede causar efectos múltiples, entre los cuales se podrán mencionar:

- Humedades y filtraciones en paredes, techos, losas y otros elementos.
- Agrietamientos, descascaramientos e incluso desintegración de elementos de madera, concreto y arcilla.

- Descascaramiento y desintegración de elementos metálicos, producto de la corrosión de los mismos al estar expuestos al aire libre.
- La variación de temperatura y humedad ambiental originan cambios en el volumen de los materiales; como contracciones y/o expansiones que pueden agrietar el elemento.
- Asentamientos producto de la consolidación del terreno. Estos asentamientos se manifiestan generalmente, con agrietamientos en los elementos estructurales.¹⁶

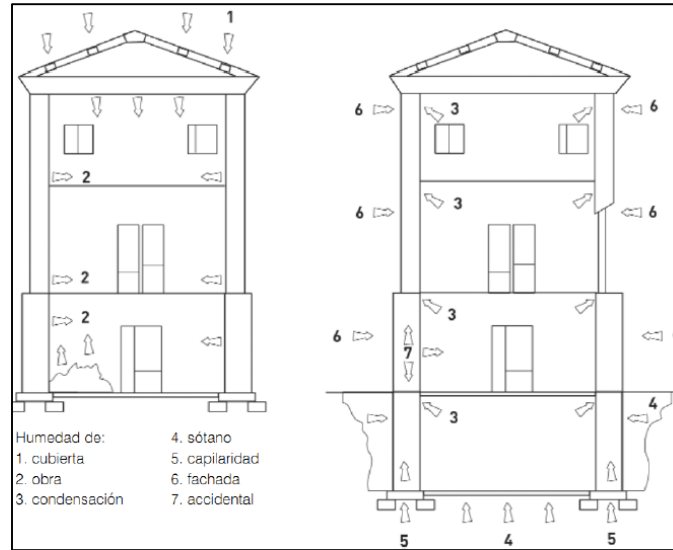
Entre estos numerosos efectos causados por el medio ambiente, la más recurrente son las humedades, contenido de agua no deseado por un periodo de tiempo variable, siempre y cuando esta se encuentre en estado líquido. Este efecto se da comúnmente por razones climatológicas a través de procesos físicos, como las agua lluvias, encerramientos, entre otros, y que se pueden presentar en la superestructura por precipitaciones e instalaciones varias, o en la subestructura, por efectos del nivel freático e infiltraciones.¹⁷

Por las condiciones climatológicas del ambiente local, las temperaturas medias y la frecuencia de lluvias relativamente alta, el municipio de Santa Rosa de Cabal ubicado en zona montañosa se puede catalogar como zona con alto contenido de humedad, siendo así un problema raíz de humedades para las edificaciones locales.

¹⁶ ASTORGA, Ariana. Centro de investigación en Gestión integral de Riesgos. Módulo III, Sección IV. 2009.

¹⁷ BROTO I COMERMA, Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.

Figura 1. Humedades más habituales en un edificio.



Fuente: Carles Broto Comerma, 2006.

Dependiendo del autor se puede clasificar las patologías de una u otra manera, pero es común que todos coinciden en que existen agentes que producen estos daños como las acciones mecánicas, físicas, químicas y biológicas. La sintomatología que presenta una estructura, puede ser indicativo de fallas en su seguridad o durabilidad. Las estructuras de concreto armado son capaces de presentar numerosos tipos de problemas, muchas veces pueden ser peligrosos y difíciles de reparar.

5.1.5 Durabilidad estructural. El ACI 201 define durabilidad del concreto hecho con cemento hidráulico como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a esos ambientes.¹⁸

¹⁸ VIDAUD, Ernesto. Seminario Patología del concreto y del acero. American Institute Concrete. México, 2016.

5.1.6 Evaluación y diagnóstico patológico en edificaciones. El diagnóstico permite conocer la enfermedad (falla o defecto de la estructura), determinar el estado en que se encuentra las condiciones de funcionamiento y resistencia. ¹⁹Permite pronosticar de forma el tipo de patología que incide sobre una estructura, así como augurar cual va a ser el curso de la afección, cuanto durara o como se terminara esta manifestación de patologías.

El conjunto de pasos a seguir para una correcta elaboración de estrategias de relación de una estructura afectada por patologías que comprometan su resistencia, estabilidad y durabilidad en el tiempo. Queda claro que la evaluación y diagnóstico patológico de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias.²⁰

5.1.7 Inspección preliminar. Se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamenta observación formarse una idea clara y precisa del estado general y evaluar el tipo de problemas que la afectan. Tienen como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentra la edificación. En la inspección preliminar se reporta la apariencia general de los daños, áreas afectadas, tipos de grieta visibles, situación de los puntos más importantes del elemento o la estructura.²¹

Una vez realizado el diagnóstico se llevara a cabo un pronóstico el cual puede ser optimista y se podrá reparar fácilmente mediante unos procesos técnicos y no habrá mayor daño y así la estructura evolucionara favorablemente. También el pronóstico podrá

¹⁹ MEHTA, P. Kumar. Avances en la Tecnología del Concreto. *Construcción y Tecnología*. IMCYC, México, 2000.

²⁰ MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario, Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

²¹ MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario, Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

ser pesimista en cuyo caso la estructura afectada tendrá un proceso de reparación complejo, siendo el caso más extremo la demolición de la estructura.

5.2 MARCO DE ANTECEDENTES

Tabla 1. Lista de proyectos y estudios relacionados con las patologías estructurales.

DOCUMENTO	AUTORES	APORTE
Protocolo para los Estudios de Patologías de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia ²²	Díaz, Patricia. Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2014	Protocolo por el cual se puede evaluar las patologías estructurales en edificaciones de concreto reforzado.
Proyecto Escuela Segura centro Educativo Rural La Héliida Municipio de El Peñol Antioquia. ²³	Semillero de investigación en ciencias ambientales- SICA. Grupo de investigación ambiente, habitad y sostenibilidad. Facultad de arquitectura e ingeniería, Instituciones Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Medellín- Colombia. 2012	Seguimiento patológico de un colegio. Como evaluar y parámetros a tener en cuenta a la hora de realizar la inspección.
Errores constructivos que generan patologías tempranas en el sistema industrializado Outinord – proyecto Belverde etapa I ²⁴	Hernández P, Jonathan. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2014.	Como identificar patologías en un proyecto. Según el proceso constructivo cuales son las patologías más recurrentes y como se pueden intervenir para

²² DIAZ, Patricia. *Protocolo para los Estudios de Patologías de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia*. Bogotá, 2014.

²³ SICA. *Proyecto Escuela Segura centro Educativo Rural La Héliida*. Medellín, 2012.

²⁴ HERNANDEZ, Jonathan. *Errores constructivos que generan patologías tempranas en el sistema industrializado*. Manizales, 2014.

		alterar la vida útil de la estructura.
Patologías de las estructuras de concreto reforzado. ²⁵	Treviño T, Ernesto L. Universidad autónoma de Nuevo León. México. 1998.	Reflexiones y recomendaciones para la rehabilitación de estructuras de concreto reforzado.
Patología de la construcción en España: Aproximación estadística. ²⁶	Chamosa, José Antonio Vieitez; Ortiz, José Luis Ramírez. Universidad del País Vasco. España. 1984.	Análisis estadístico de las patologías más recurrentes en España, posibles causas, fallas en procesos constructivos del país y posibles soluciones.
Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural. ²⁷	Rodríguez, Elizabeth Avendaño. Universidad de Costa Rica. 2006.	Ventajas y ahorros con la detección temprana de las patologías mediante adecuados métodos de diseño por durabilidad.
Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta de intervención del puente Romero Aguirre. ²⁸	Pérez, Cindy Alejandra Conteras; Erika de Jesús Reyes Ravelo. Universidad de Cartagena. 2014.	Evaluación cualitativa, identificación y caracterización de las patologías presentes en estructuras.
Patologías en la edificación de viviendas	Ojeda, Marcela Alejandra Muñoz. Universidad	Patologías más recurrentes encontradas

²⁵ Universidad de Nuevo León. Patología de las estructuras de concreto, México, 1998. p. 112.

²⁶ CHAMOSA, José Antonio. *Patología de la construcción en España*. 1984.

²⁷ AVEDAÑO, Elizabeth. *Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural*. Costa Rica, 2006.

²⁸ CONTRERAS, Cindy Alejandra. REYES, Erika del Jesús. *Evaluación, diagnóstico patológico y propuesta intervención de puente Romero Aguirre*. Cartagena, 2014.

sociales, especialmente con la humedad.	Austral de Chile. Valdivia Chile.2004.	en las viviendas, a causa de la humedad.
Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en Medellín. ²⁹	Figuroa, Tatiana; Palacio, Ricardo. Escuela de ingeniería de Antioquia, Medellín. 2008.	Manual de construcción de concreto arquitectónico para mejorar aspectos superficiales en las estructuras.
Estudios de patología y evaluación estructural de edificios en general. ³⁰	Alcudia, Francisco Serrano. Arquitecto técnico y técnico superior en edificaciones. 2001.	Evaluación y estudios sobre las patologías en cualquier tipo de estructura.

Fuente: Propia.

²⁹ FIGUEROA, Tatiana. PALACIO, Ricardo. *Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico*. Medellín, 2008.

³⁰ SERRANO, Francisco. *Estudios de patología y evaluación de edificios en general*. 2001

5.3 MARCO LEGAL

Tabla 2. Normatividad concerniente a las patologías estructurales.

NORMA	DESCRIPCIÓN	PERTINENCIA DE LA NORMA
ACI 224.1R-93	Causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de hormigón	Resume las causas de fisuras de las estructuras de hormigón.
ACI 224.2R-92	Fisuración de miembros de hormigón en tracción directa	Estipula la fisuración del hormigón armado provocada fundamentalmente por tracción directa antes que por flexión.
ACI 224R-01	Control de la fisuración en estructuras de hormigón	Contiene las principales causas de la fisuración y los procedimientos para su control; y expone el estado actual del conocimiento sobre microfisuración y fractura del hormigón.
NSR-10_Titulo_C Capitulo C.4	Requisitos de durabilidad.	Específica los parámetros a seguir para garantizar la durabilidad del hormigón.

5.4 MARCO CONCEPTUAL

Resulta importante diferenciar entre lo que es una patología y lo que es una lesión, y la causa que las produce. Un proceso patológico no queda resuelto o anulado hasta que no se ha interrumpido su origen.

5.4.1 Patología: Estudio sistemático de los procesos y características de las “enfermedades” o los “defectos y daños” que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y remedios. En resumen se entiende por Patología a aquella parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto. (Rivva, 2006).

“Puede ser definida como la parte de la ingeniería que estudia los síntomas los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, o sea, es el estudio de las partes que componen el diagnóstico del problema”³¹

La patología preventiva consiste en considerar la funcionalidad constructiva de los elementos y unidades que componen en un edificio, su durabilidad e integridad.³²

5.4.2 Fisuras. Se denomina fisura la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizara según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguiente adjetivos: longitudinal, trasversal, vertical, diagonal, o aleatoria.

³¹ HELENE, Paulo RL; CAMPOS, Fernanda Pereira (ed.). *Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección*. CYTED, 2003.

³² BROTO I COMERMA, Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. p.87.

Los rangos de los anchos de acuerdo con el ACI son los siguientes:

Tabla 3. Clasificación de fisuras de acuerdo al ancho.

TIPO	MEDIDA
Fina	Menos de 1 mm
Media	Entre 1 y 2 mm
Ancha	Más de 2 mm

Fuente: Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto. ASOCRETO.

5.4.3 Deterioros. Cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes.

5.4.4 Desintegración. Deterioro en pequeños fragmentos o partículas por causa de algún deterioro.

5.4.5 Distorsión. Cualquier deformación anormal de su forma original.

5.4.6 Eflorescencia. Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en la superficie. En muchos casos estas irregularidades en el color, las cuales generalmente son descritas como decoloración se pueden atribuir a la eflorescencia del calcio. Ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral.³³

5.4.7 Exudación. Líquido o material como gel viscoso que brota de los poros, fisuras o aberturas en la superficie.

³³ BUCHNER, Gerald, Bayer AG, Krefeld-Uerdingen. *La eflorescencia en el hormigón*. 2007.

5.4.8 Incrustaciones. Costra o película generalmente dura que se forma en la superficie de concreto o de la mampostería.

5.4.9 Picaduras. Desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión, cavitación o desintegración localizada. Está caracterizada por la aparición de pequeños puntos de óxido fácilmente observables en áreas poco afectadas por la corrosión.

5.4.10 Cráteres. Salida explosiva de pequeñas porciones de la superficie de concreto debido a presiones internas en el concreto que permiten la formación típicamente cónica.

5.4.11 Escamas. Presencia de escamas cerca de la superficie del concreto o mortero.

5.4.12 Estalactita. Formación hacia abajo de materiales provenientes del interior del concreto.

5.4.13 Estalagmita. Formación hacia arriba de materiales provenientes del interior del concreto.

5.4.14 Polvo. Desarrollo de material de polvo sobre la superficie dura. Pérdida de materiales (de ladrillo o de mortero). Mediante la observación de la fábrica podemos determinar los puntos en los que se puede detectar falta de material, anotando su localización, profundidad de la pérdida y área afectada.

5.4.15 Corrosión. Desintegración o deterioro del concreto o de refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión. La corrosión del hormigón por agentes químicos suele ser la que mayores daños ocasiona en las estructuras. La durabilidad de un hormigón se puede medir por la velocidad con la que el mismo se descompone como resultado de acciones químicas. En la mayor parte de los casos, el ataque de los agentes agresivos químicos se produce sobre el cemento; en otras ocasiones el ataque se producirá sobre los áridos. Las diferentes acciones de tipo químico que se producen en el hormigón se pueden ser: ataque por sulfatos, cloruros, carbonatos y otros iones; ataque por ácido; reacción ácido-álcalis; re-acción en áridos con sulfuros susceptibles de oxidarse, etc.

5.4.16 Goteras. Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta. Las goteras pueden obedecer a varias causas pero lo general es que se deban a desorganización del tejado o a rotura de algunas tejas.³⁴

5.4.17 Humedad. Presencia no deseada de agua en estado líquido en lugares o periodos de tiempo variables. Por tanto, cuando el agua se presenta en estado gaseoso no puede hablarse propiamente de humedad. Por varias razones que no son difíciles de entender, la presencia de agua, y por tanto la posible aparición de humedades, es algo inherente a una obra ya construida.³⁵

5.4.18 Erosión. De tipo químico son aquellas que, a causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales pétreos.

³⁴ MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO.

³⁵ BROTO I COMERMA, Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. p.11

5.4.19 Prevención. El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como el mantenimiento.

6 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACION Y TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo estuvo enmarcado dentro del tipo de investigación *cualitativa*. Se entiende por investigación cualitativa aquella que se basa en la obtención de datos en principio no cuantificables, basados en la observación. Aunque ofrece mucha información, los datos obtenidos son subjetivos y poco controlables y no permiten una explicación clara de los fenómenos. Se centra en aspectos descriptivos; sin embargo, los datos obtenidos de dichas investigaciones pueden ser operativizados a posteriori con el fin de poder ser analizados.

Con el término “investigación cualitativa”, se entiende cualquier tipo de investigación que produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos u otros medios de cuantificación. Al hablar sobre análisis cualitativo, se refiere no a la cuantificación de los datos cualitativos, sino al proceso no matemático de interpretación, realizado con el propósito de descubrir conceptos y relaciones en los datos.³⁶

El estudio *descriptivo* sirve para analizar como es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Es un tipo de metodología a aplicar para deducir un bien o circunstancia; se aplica describiendo todas sus dimensiones. Los estudios descriptivos se centran en recolectar datos que describan la situación tal y como es.

La primera parte fue una revisión bibliográfica exhaustiva, con el fin de proponer una ficha patológica universal para realizar inspecciones visuales a cualquier edificación, por medio de visitas técnicas, con el fin de proponer medidas de mitigación de daños y proponer recomendaciones para la rehabilitación de la estructura y el inmueble en general.

³⁶ STRAUSS, Anselm L.; CORBIN, Juliet; ZIMMERMAN, Eva. *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Universidad de Antioquia, 2002.

La segunda parte del estudio fue descriptiva y su propósito fue identificar, localizar y caracterizar las patologías estructurales que se encontraron en las instituciones educativas evaluadas, con el fin de identificar las patologías más recurrentes en estas edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal.

La tercera parte del estudio fue una identificación de las patologías estructurales presentes en cada una de las estructuras evaluadas. Posteriormente se clasifican todas estas patologías y por medio de graficas se determinara cuáles son las más recurrentes. Así mismo como la estructura más afectada de las cinco instituciones objeto de estudio.

Las medidas de mitigación y recomendaciones se hicieron en los casos que el daño estructural lo amerito, es decir, en los casos que la vida de las personas que frecuentan y utilizan las instituciones educativas se consideró que podrían estar en riesgo o la integridad estructural de las mismas se encontrara comprometida.

Toda la investigación se centra únicamente en la recolección de datos por medio de una inspección visual, sin la utilización de equipos que faciliten la toma de datos durante estas inspecciones.

Este estudio es observacional, en el cual no se interviene o manipula el factor de estudio, es decir, se observa lo que ocurre con el fenómeno en estudio en condiciones naturales, en la realidad. Las ventajas más sobresalientes de este tipo de estudios son lo baratos y fáciles de diseñar y ejecutar.³⁷

³⁷ MILOS JENICEK. Robert Cleroux . Capítulo 5 “Realización e interpretación de los estudios descriptivos” En Milos Jenicek. Robert Cleroux “ Epidemiología, principios y técnicas” 1ª Ed.. Masson Salvat. Barcelona 1993. pag 77-96

6.2 MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 4. Matriz de diseño metodológico.

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDADES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO ESPERADO
Recopilar el estado del arte de patologías estructurales en cualquier edificación	Consultar las bases de datos para la identificación de las patologías estructurales	Consulta en Bases de datos (e-libro, google scholar, Bibliotehnia, ProQuest, e-journal)	Ficha bibliográfica	Bases de datos de autores y referencias de patologías estructurales
Diseñar el instrumento para la identificación de patologías estructurales	Recolectar la información necesaria y elaborar el formato de investigación.	Análisis de los conceptos más importantes de sobre la identificación de patologías estructurales	EXCEL	Formato de captura de datos para la evaluación estructural
Identificar las patologías estructurales de las instituciones educativas del municipio de	Realizar las visitas de campo y diligenciar el formato de identificación de	Comparación de los resultados de las inspecciones visuales con las normas	Formato de inspección para la identificación de patologías estructurales en las instituciones educativas	Resultado de diagnóstico de las instituciones educativas

Santa Rosa de Cabal	patologías estructurales	que rigen las patologías (NSR-10, ACI, entre otras)	Municipio de Santa Rosa de Cabal	
---------------------	--------------------------	-----------------------------------------------------	----------------------------------	--

Fuente: Propia.

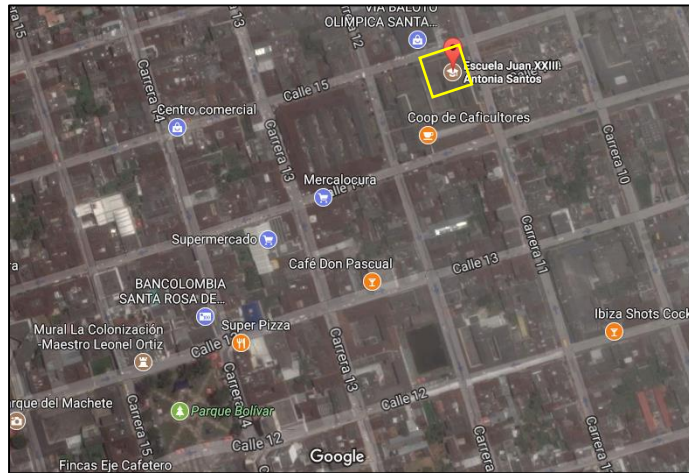
6.3 FASES Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.3.1 Recopilación del estado del arte de patologías estructurales. La primera fase para el proceso investigativo que se lleva a cabo es la recolección de datos para afianzar las nociones, conceptos, conocimientos acerca de las normas que rigen las patologías estructurales. Es necesario la recopilación de las bases de datos para determinar los conocimientos esenciales y realizar la guía para enmarcar el proceso investigativo.

6.3.2 Inspección preliminar y análisis visual. La inspección preliminar es una actividad inherente al proceso investigativo y es necesario reconocer la estructura, la cual va a ser objeto de estudio. Cada visita realizada lleva a cabo la inspección preliminar para afianzar el campo de estudio que son las instituciones educativas del municipio. El paso a seguir es el análisis meramente visual en el cual de forma cualitativa se registra el estado actual de la estructura, sus patologías más recurrentes y sus posibles afectaciones.

La escuela Antonia Santos está ubicada en una zona céntrica del municipio, frente a la Iglesia Santa María del Monte Carmelo y al lado de la zona de mercado principal, exactamente en la carrera 11 con calle 15 esquina.

Imagen 1. Ubicación Institución Educativa Antonia Santos.



Fuente: Google Maps, 2017.

6.3.3 Identificación patológica estructural. La identificación de las patologías que se encuentran presentes en las estructuras analizadas es el objetivo general y además el paso final para concluir la investigación. En dicha fase se produce un sistema de clasificación de todas las patologías observadas cualitativamente en el cual se enmarcan dentro de un tipo de patologías y siendo el caso de algunas podrá definirse cuál es la gravedad de estas lesiones, como es su afectación a la funcionalidad o seguridad de la estructura.

7 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante el análisis y diagnóstico patológico efectuado en la Sede Educativa Antonia Santos, la presentación de los resultados del estudio está dividida en 3 partes; la primera es una explicación de todos los conocimientos concernientes a la teoría de patologías de concreto, la segunda es el resultado de las visitas de campo realizada en la institución; tras la inspección detallada visual se procesó a completar el formato o tabla de inspección con los resultados siendo este el instrumento utilizado en la investigación y la tercera parte comprende la identificación de las patologías de la Escuela Antonia Santos, además del análisis comparativo entre estas patologías de los demás colegios objeto de estudio; es decir, un análisis de resultado global de las instituciones educativas escogidas para la investigación del Municipio de Santa Rosa de Cabal.

A continuación se amplía lo expuesto anteriormente.

7.1 RECOPIACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE PATOLOGÍAS DE CONCRETO:

Tabla 5. Lista de autores relevantes de la literatura de patologías estructurales.

AUTOR	TEMA INVESTIGADO	SÍNTESIS
Ernesto Vidaud (2016) ³⁸	Curso “Patologías del concreto y del acero”	Estudios patológicos para estructuras de concreto y de acero. Ensayos no destructivos y semi-destructivos.
Diego Sánchez de Guzmán. ³⁹	Durabilidad y Patologías	Estudio del comportamiento de las estructuras cuando se presentan evidencias de falla.

³⁸ VIDAUD, Ernesto. Curso “Patologías del concreto y del acero”. México, 2016.

³⁹ SANCHEZ DE GUZMÁN, Diego. *Durabilidad y patologías*. Instituto del concreto, ASOCRETO. Bogotá, 2006.

Harold Alberto Muñoz (2001)	Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto	Lesiones relacionadas con las patologías del hormigón.
Carles Broto I Comerma ⁴⁰	Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción.	Referente al hormigón: Causas de la alteración (derivadas de los componentes, fabricación, influencia del ambiente, destrucción por agentes externos, defectos del acero)
Pedro Tejada Carofalo (1997)	Seminario "Patología y Rehabilitación de Edificios"	Patrones básicos de fisuración.
Norma Técnica Colombiana NTC 5551 (2007)	Concretos	Durabilidad de estructuras de concreto
Geral Buchner	La eflorescencia en el hormigón.	Depósitos de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies. En muchos casos se atribuyen a la eflorescencia del calcio.
Mario A. Panozco ⁴¹	Patología de las estructuras.	Descripción paso a paso de cómo se realiza una inspección preliminar.
NSR-10_Titulo_C Capitulo C.4	Requisitos de durabilidad.	Especifica los parámetros a seguir para garantizar la durabilidad del hormigón.
Ariana Astorga- Pedro Rivero (CIGIR 2009)	Patologías en las edificaciones	Clasificación de las patologías subdivídenosla en: Defectos, Daños o Deterioros.
Ernesto Leopoldo Treviño (1998) ⁴²	Patologías de las estructuras de concreto reforzado	Recomendaciones a cerca de la reparación o rehabilitación de las patologías de hormigón armado.

⁴⁰ BROTO I COMERMA, Carles. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.

⁴¹ PANOZCO, Mario. Patologías de las estructuras. Bogotá, 2011.

⁴² TREVIÑO, Ernesto Leopoldo. *Patologías de las estructuras de concreto reforzado*. 1998.

Harry S Truman	Irregularidad Guevara 2	Gráficos, ilustraciones y dibujos en los cuales se explican el comportamiento estructural y las patologías asociadas.
ACI 318S-08	Requisitos de reglamento para concreto estructural	Referente al concreto estructural y su durabilidad.
J.K Wight – J.G MacGregor	Reinforced concrete. Mechanics and design	Procesos de diseño para el hormigón armado.
ASOCRETO	Evaluación de patologías estructurales en concreto	Requisitos para realizar una inspección y una evaluación de las patologías de cualquier estructura.
Diego Fernando Páez-Javier Hugo Hernández	Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones	Metodología sistemática para la realización de un estudio de vulnerabilidad estructural.
Mercedes Florentín – Rubén Granada	Patologías constructivas	Métodos de prevención y soluciones ante las posibles afectaciones patológicas
Milton Mena Serna (2013) ⁴³	Identificación y tratamiento de patologías de la construcción en vivienda	Como se realiza un estudio de patología, vulnerabilidad y rehabilitación de viviendas
Instituto del concreto	Como prevenir patologías	Análisis para los ensayos de
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2011) ⁴⁴	Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales	Guía Técnica para Inspección de edificaciones después de un sismo

Fuente: Propia.

⁴³ MENA, Milton. *Identificación y tratamiento de patologías de la construcción en vivienda*. 2013.

⁴⁴ Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. *Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales*. Bogotá, 2011.

7.2 FORMATO PARA LA CAPTURA DE DATOS EMPLEADO PARA LA EVALUACION PATOLOGICA DE LAS INTITUCIONES EDUCATIVAS:

El procedimiento de inspección debe iniciar con el reconocimiento del lugar, evaluando la distribución de daños en la zona. A continuación se observa el suelo alrededor de la edificación, para determinar la presencia de grietas, hundimientos, levantamiento diferencial, asentamientos del terreno o inclinaciones. Se examina desde el exterior la edificación y los posibles daños en la fachada, balcones, antepechos, etc. Una vez que se ingresa a la edificación, se evalúa el estado del sistema estructural, clasificando el grado de daños en los elementos: columnas, vigas, losas, cubierta.

Seguidamente se inspeccionan los elementos no estructurales, clasificando el grado de daños en vidrios, plafones, acabados, bardas y pretilas, entre otros.

Para realizar el instrumento guía para las visitas de campo y la identificación de las patologías se hizo una recopilación del estado del arte sobre la patología del concreto y del acero. Una vez que se tuvo toda la información necesaria para construir el instrumento se elaboró una parte dedicada a la información general sobre la edificación; los detalles acerca del sistema estructural; la recolección de datos de las patologías que sean visualmente reconocibles y unos gráficos sobre las patologías que pueden aparecer en estas instituciones.



El objetivo del instrumento es que sea una herramienta que se pueda utilizar para examinar visualmente cualquier edificación de forma sencilla y con una visión estándar para la inspección preliminar.

Tras identificar las patologías más recurrentes denominadas por los autores literarios especialistas en patologías estructurales, se escoge la utilización de unas convenciones para el levantamiento patológico de las instituciones para dichas patologías. Como las fisuras se clasifican según su tamaño, esto se evidencia en la tabla y así esclarecer que tipo de fisuras se presentan en cada una de las estructuras.

Con una valoración visual es importante clasificar el nivel de daños de la estructura y es por eso que se le dedica una casilla especialmente a este ítem dentro de la ficha de inspección.

En la construcción de sistema estructural de mampostería, existen unas grietas muy recurrentes en dichas estructuras. Se sugiere la utilización de estos gráficos en la ficha estructural para una vez realizada la identificación de alguna de estas patologías se asocie directamente con su causa.

Tabla 6. Formato para la identificación de las patologías estructurales en las instituciones educativas.

		IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO).							
INFORMACION GENERAL									
Fecha	10/11/2017	Evaluadores	Brian Cortes Henao - Katherin Perilla Morales						
Municipio	Santa Rosa de Cabal	Departamento	Risaralda	Dirección	Carrera 11 Calle 15 esquina				
Institución educativa	Antonia Santos								
Numero de pisos	2	Tipo de cubierta	Metalica (cerchas)						
Año de construcción	1952	Fecha de restauraciones	1990						
								Area construida	2200 m ²
Grupo de uso				Precipitación de la zona (mm/M)			Localización		
Grupo I	estructuras de ocupacion normal			Alta	X		Rural		
Grupo II	estructuras de ocupacion especial			Media			Urbana		
Grupo III	edificaciones de atencion a la comunidad			Baja			Industrial		
Grupo IV	edificaciones indispensables			X					
SISTEMA ESTRUCTURAL									
No. Niveles	2	DIMENSIONES			Topografía	Planicie	Depositos Lacustres		
No. Sotanos	0	Frente X	50 m	Ladera		Costa			
No. Ocupantes	580	Fondo Y	44 m	Rivera (Rio/Lago)		Fondo de Valle			
SISTEMA ESTRUCTURAL		Materiales			Irregularidades geometricas				
Mampostería no confinada		Concreto	X		IRREGULARIDAD EN PLANTA		IRREGULARIDAD EN ALTURA		
Mampostería confinada	X	Ladrillo	X		Asimetría por muros	X		Columna corta	X
Porticos		estructura metalica			Grandes aberturas	X		Muros no llega a cimentacion	X
Sistema de muros		Otros			Geometría irregular			Planta baja flexible	
Dual		Continuidad de elementos estructurales			ZONA SISMICA		Alta		
Combinado		Si	X				Intermedia		
		No					Baja		
DIRECCION X (paralela a la fachada)	Marcos de acero	X	M. Carga de mampostería		DIRECCION Y	Marcos de acero	X		M. Carga de mampostería
	Marco de concreto	X	Marco y muros diafragma			Marco de concreto	X		Marco y muros diafragma
	Columnas y Losa plana		M. adobe o bahereque			Columnas y Losa plana			M. adobe o bahereque
	Uso de contravientos		M. madera, laminas			Uso de contravientos			M. madera, laminas
	Muros de concreto		Otros			Muros de concreto			Otros
Sistema de piso		Cubierta			Problemas de cimentacion		Poscion en manzana		
Losa maciza	X	Igual al piso			Asentamiento diferencial	X		Esquina	X
Losa reticular		Lamina			Levantamiento diferencial	X		Media	
Vigueta y bovedilla		Teja	X		Hundimiento	X		Aislado	
No se sabe		Otro							
Observaciones	No hay canales ni bajantes por donde evacuar el agua de la cubierta.								



IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO).



ANÁLISIS PATOLÓGICO

Inspeccion Preliminar		Valoracion visual			Inspeccion detallada		
Daños o anomalías	X	POSIBLES AFECTACIONES DE LAS PATOLOGIAS	Seguridad	X	FISURA		
Humedades	X		Funcionalidad	X	Fina	Menos de 1mm	
Manchas	X		Aspecto superficial	X	Media	Entre 1 y 2 mm	
Fisuras	X	CARÁCTER DE LA INTERVENCION	Imprescindible		Ancha	Mas de 2 mm	
Grietas	X		Necesaria	X	GEOTECNICOS		
Perdida de material	X		Conveniente		Grietas en el terreno		
Asentamientos	X	NIVEL DE DAÑOS	Leve		Hundimiento	X	
Corrosion	X		Moderado	X	Inclinacion del edificio %		
Exposicion de acero			Severo		LOSAS		
OTROS DAÑOS							
Vidrios	X	Plafones		Bardas y Pretiles		Colapso	
Acabados	X	Fachadas	X	Escaleras/ Elevador	X	Grietas	X
						Flechas	



IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO).



CONVENCIONES PARA EL LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

<i>Grafica</i>	<i>Tipo de daño</i>	<i>Grafica</i>	<i>Tipo de daño</i>
	Fisura X		Distorsion
	Desintegracion X		Exudacion
	Eflorescencia		Crateres X
	Incrustaciones		Goteras X
	Picaduras		Polvo
	Corrosion X		Escamas
	Estalagmita		Estalactita
	Asentamiento diferencial X		Levantamiento superficial



IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO).



<i>Deslizamiento de las juntas horizontales</i>		<i>Tension diagonal</i>	
	NA		NA
	NA		NA
	NA		NA
<i>Rotacion de elementos de soporte</i>		<i>Tension diagonal</i>	
	NA		NA
	NA		NA
	NA		NA

7.3 PATOLOGIAS ESTRUCTURALES IDENTIFICADAS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS:

La visita a la Sede Educativa Antonio Santos en la que se llevó a cabo la inspección patológica de la edificación, se ejecutó mediante un instrumento metodológico que para este caso fue un formato de campo o tabla de inspección en la cual se pueden evaluar todas las patologías y el estado actual de una estructura estándar.

7.3.1 Terreno: La edificación de más de 60 años de antigüedad está construida sobre un depósito lacustre, este término se utiliza para designar a aquellos espacios relacionados con los lagos; en general son sedimentos de grano fino en donde predominan los limos y las arcillas. El contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas. Estos depósitos provienen esencialmente de los ríos, y los sedimentos se depositan a lo largo de la rivera.

Imagen 2. Estado de la losa de la institución Antonia Santos.



Fuente: Propia.

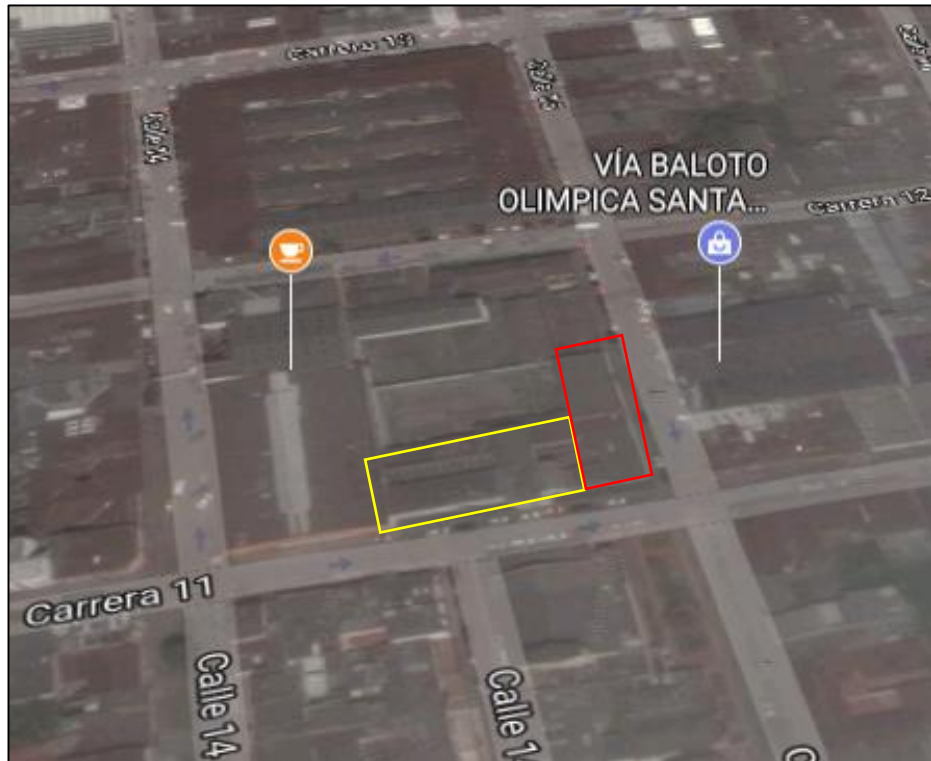
Esto quiere decir que toda la zona aledaña cimentada en este territorio va a enfrentar serios problemas de humedad y asentamientos diferenciales. En el momento de realizar la inspección técnica, La presencia de restos biológicos, materia orgánica, químicos, minerales y sedimentos en los suelos combinados con alta presencia de agua, aseguran hundimientos significativos en la Escuela Antonia Santos, los cuales se pueden evidenciarse en las grietas formadas en la losa y en las numerosas fisuras que se observan en la cancha de fútbol, pasillos y demás áreas comunes de la institución.

7.3.2 Sistema estructural: La edificación tiene dos fases fácilmente reconocibles que se asignan a los dos períodos o fases de construcción a las que se vio sometida esta institución educativa. En la primera fase que es referente al bloque ubicado paralelo a la fachada, el sistema estructural corresponde a pórticos conformados por columnas y vigas que se encargan de la transferencia de cargas verticales y horizontales a la cimentación.

El sistema estructural correspondiente a la segunda es un sistema de mampostería confinada; en los cuales los elementos estructurales están conformados con ladrillos de arcilla cocida unidos entre sí con mortero de cemento, este sistema está confinado por elementos de concreto reforzado del mismo ancho del muro: las columnas.

La simetría en planta de la edificación tiene forma “L” cada bloque forma un brazo; el primer brazo en pórticos siendo este más pesado que el de otro bloque; esta es una de la variables que más influye en los asentamientos diferenciales que se manifiestan en toda la estructura.

Imagen 3. Simetría de los bloques de la Sede Educativa Antonia Santos.



Fuente: Google Maps.

7.3.3 Columnas: El estado de las columnas en algunos casos es pésimo y precario, estas tienen pérdida de material y en su mayoría manchas relacionadas con el alto grado de humedad que afecta la zona a causa del suelo en el que se cimentó la edificación, el cual obedece a depósitos lacustres.

En la imagen que se muestra a continuación puede evidenciarse los dos tipos de patologías existentes en las columnas, la primera corresponde a la humedad y la segunda a la pérdida de material, estas patologías se asocian al deterioro; es decir, a los agentes ambientales como el sol, la lluvia, el viento y entre otros.

Imagen 4. Estado de las columnas en la institución Antonia Santos.



Fuente: Propia.

El agrietamiento correspondiente a la columna de la parte derecha puede atribuirse a un agente externo. La región pertenece a una zona sísmica alta, y se registró un sismo de gran magnitud, 6.1 en la escala de Richter en 1999. El sismo produce grandes afectaciones a las estructuras, causando grietas como la que se observa en la fotografía. Aunque estos eventos naturales no se pueden controlar ni mucho menos evitar, es importante tener un plan de vulnerabilidad de las estructuras para enfrentar estos fenómenos. Al parecer no hay un mantenimiento adecuado ni mucho menos un plan de restauración para los daños que haya sufrido en aquel suceso, esto se constata porque la columna sigue en la misma condición después de 18 años de lo sucedido.

Imagen 5. Fenómeno de columna corta en el segundo piso de la edificación Antonia Santos.



Fuente: Propia.

Las columnas señaladas en la fotografía anterior se consideran con una configuración denominada “columna corta”, la cual se observa parcialmente arriostrada por algún elemento rígido, y su resistencia podría ser menor a la resistencia de las vigas que se apoyan en ella. Esto contradice por completo el diseño de elementos sismorresistentes. Este contexto generalmente ocasiona fallas en casos de sismos o una sobrecarga, puesto que se excede la resistencia por cortante antes que por flexión.

Imagen 6. Discontinuidad en una columna central en la institución Antonia Santos.



Fuente: Propia

En el interior de la edificación, además de apreciarse el fenómeno de “columnas cortas” se encontró falta de continuidad en una de las columnas centrales puesto que esta fue construida inicialmente en concreto con una altura inferior a la requerida. Para obtener la altura total se empleó un puntal de madera que a su vez sirve de soporte a la losa de entrepiso.

En el segundo bloque construido en 1990 además del sistema de mampostería existen unos refuerzos de columnas metálicas que se unen al sistema de cerchas metálicas que soportan la cubierta. Como se observa a continuación todo este sistema metálico posee un alto grado de corrosión, debido a la exposición a la intemperie de toda la estructura.

Imagen 7. Corrosión en los elementos metálicos.



Fuente: Propia.

La planta débil es aquella planta que posee una rigidez menor a los pisos superiores, conlleva a grandes desplazamientos y concentración de dalos en las columnas de ese nivel. Estas plantas se construyen con frecuencia para aumentar el espacio disponible de la edificación, en este caso la disposición de este espacio es usada como patio de juego y de exposición para los niños de la Escuela. En la parte superior se encuentran ubicados el 50 % de los salones de la institución. Al momento que suceda un sismo puede estar afectando la estructura la existencia de la planta débil en este bloque.

Comunmente en las columnas de las esquinas no hay continuidad entre el primer piso y el segundo, hay grietas y no presentan una conexión adecuada, esto es debido a un decadente proceso constructivo sumado a los materiales de mala calidad.

Imagen 8. Discontinuidad y pérdida de material en las columnas esquineras de la edificación.



Fuente: Propia.

Estos defectos patológicos pueden comprometer la estructura de manera moderada, puesto que puede ocasionar una falla en la estructura ante una sobrecarga, un evento sísmico o simplemente fallar por el deterioro a través del tiempo.

7.3.4 Vigas: En la inspección visual que se realizó de la Sede Educativa, el diagnóstico para las vigas sigue el mismo patrón. Cuando se efectuó la revisión sobre el estado en el que se encontraban las vigas de la edificación se encontraron numerosas inconsistencias.

Imagen 9. Estado de las vigas en la institución



Fuente. Propia.

La fotografía que se observa en la parte superior, es un modelo del estado de la totalidad de las vigas que forman el sistema estructural de la edificación. Esta afectación esta producida en algunos casos por exceso de recubrimiento en las vigas en el cual el concreto sufrira mayor retraccion, que en ocasiones puede llegar a romperlo, dejando expuesto al acero. En otros casos el recubrimiento es insuficiente y el acero se encontrara expuesto a las acciones agresivas del medio ambiente.

Imagen 10. Intervención inapropiada de vigas para la instalación de elementos hidráulicos.



Fuente: Propia.

A veces se comete el error de perforar vigas como es tal el caso, para colocar elementos como instalaciones hidráulicas. Afectando la resistencia del concreto y las armaduras del acero, a su vez también puede causar afectaciones en la distribución de los refuerzos causando serias deformaciones.

Imagen 11. Estado actual de las vigas en la institución de Antonia Santos.



Fuente: Propia.

El estado de deterioro de las vigas es muy avanzado, se observa en toda la estructura del edificio daños significativos, cuando ocurre una mala distribución de los compuestos de concreto esto es una manifestación típica de un mal vibrado en el concreto. Es decir, todos estos defectos están relacionados con los procesos constructivos, con el mantenimiento deficiente que se aplica a la estructura sumado con los agentes ambientales y el alta porcentaje de humedad que aporta el suelo.

7.3.5 Muros: Analizando los muros, el paisaje que se encuentra no diverge mucho a lo mostrado anteriormente. Los muros están en un estado muy debilitado, las manchas en estos son de un 70%, en los cuales los acabados están en pésimas condiciones, y en la mayoría hay pérdida de material.

Los muros son estructuras que deben estar en condiciones adecuadas para soportar cualquier evento natural. Estos muros albergan casi 580 niños, a los cuales se les debe garantizar una seguridad permanente.

Aunque el estado de los muros se considera alarmante, las grietas no son abundantes. Solamente cabe resaltar algunas fisuras menores de 2 milímetros y una grieta considerable que se mostrara en la siguiente fotografía. En esta se evidencia una grieta longitudinal con 3 milímetros de profundidad en la parte superior. Comienza a pocos centímetros de la losa de entrepiso y se va pronunciando paulatinamente a medida que se eleva hacia el cielo raso, haciendose mas ancha y profunda.

Imagen 12. Tipo de grieta existente en los muros.



Fuente: Propia.

Los muros que estan expuestos a la intemperie son claramente los mas afectados por estas mismas razones, el agua, la temperatura y la humedad tanto del ambiente como la que es aportada por el suelo.

Imagen 13. Estado actual de los muros.



Fuente: Propia.

7.3.6 Cubierta: La cubierta es de teja con cerchas metálicas y su estado es regular. Posee goteras en un 45 % de la totalidad de la cubierta. Existe una problemática evidente con respecto a la evacuación de las aguas lluvias puesto que no existen canales ni bajantes para desalojar el agua que se precipita en la zona. Consecuentemente se forman empozamientos de las aguas lluvias en la cubierta, no hay una forma de canalizar el agua para conducirla y evacuarla de forma controlada. Por lo que permanentemente los muros, columnas y demás componentes de la estructura se exponen a que el agua lluvia escurra literalmente por estos elementos. Periódicamente en la Escuela Antonia Santos el agua se filtra y sufre inundaciones por todos sus pasillos, aulas de clase y demás salones de la institución, su gravedad depende de la intensidad de las precipitaciones.

Imagen 14. Cubierta con ausencia de sistema de drenaje de las aguas lluvias.



Fuente: Propia.

Como se observa en la fotografia anterior, ademas de la ausencia de los sistemas de evacuacion del agua lluvia, se analiza el recorrido que hace el agua por el muro y la mancha de humedad lo evidencia.

7.3.7 Escaleras:

Imagen 15. Escaleras de acceso a los baños en la institución Antonia Santos.



Fuente: Propia

Las escaleras son un tema de gran importancia y preocupacion por el estado de deterioro en el que se encuentran. Se evidencia perdida de material, fisuracion, manchas y humedades.

7.3.8 Perdida de material: es un fenómeno que se encuentra muy presente en la edificación. El anclaje inapropiado de elementos a la estructura como puertas, ventanas, paredes, techos, puede ocasionar el desprendimiento de material en las uniones de estos elementos mal anclados. En algunos casos se trata de un tema estrictamente estetico pero en otros causa perdida de las propiedades de los materiales, problemas severos como la disminucion de resistencia en la estructura, que deben ser atendidos de forma conveniente.

Imagen 16. Estado actual de los muros en cuestión de perdida de material.



Fuente: Propia.

Imagen 17. Cráteres en los elementos estructurales de la edificación Antonia Santos.



Fuente: Propia.

Cuando la pérdida de material se ve afectada por otras patologías como las humedades, fisuras o grietas, se puede producir un evento denominado “cráter”. Dicho fenómeno se pueden observar claramente en las fotografías superiores. Estos cráteres son de tamaño significativo y la pérdida de material está en grado avanzado, los materiales constructivos están expuestos y son fácilmente reconocibles. En la totalidad de la Escuela, hay numerosos puntos que presentan el mismo tipo de patología. Aunque esto pueden ser problemas en la calidad de los materiales o malos procesos en la ejecución de la construcción, cabe resaltar que todos estos puntos en los cuales existe pérdida de material y cráteres, están expuestos a los agentes ambientales, es decir, todos están sufriendo la intemperie y puede ser un factor decisivo para este diagnóstico.

Imagen 18. Crecimiento de materia biológica en la estructura de la institución educativa Antonia Santos.



Fuente: Propia.

El deterioro de la edificación, abandono y falta de mantenimiento es tan avanzado, que en muchos lugares se observa este tipo de situación, en el cual entre las fisuras, corrosión y pérdida de material hay crecimiento de agentes biológicos como plantas. La presencia de humedad es tan elevada que se crea un ambiente apto para el crecimiento de este tipo de especies.

7.3.9 Acabados: Otros daños que se detectaron y se añadieron como información adicional a los daños patológicos son los daños en los acabados, como vidrios, plafones, pisos, cielo raso, puertas y ventanas, entre otros.

Se detalla de forma más clara en la siguiente fotografía:

Imagen 19. Estado actual de los acabados.



Fuente: Propia.

Aparte de tener una exposición de la cubierta por el mal estado del cielo raso, todo este tiene manchas asociadas a goteras. Como se menciono anteriormente la ausencia de canales, bajantes y el fatal estado de la cubierta propicia las numerosas goteras. El municipio de Santa Rosa de Cabal tiene un clima que se clasifica como templado. Es una ciudad con precipitaciones significativas. Incluso en el mes mas seco hay muchas precipitaciones. La clasificacion climatica de Köppen-Geiger la enmarca en una temperatura promedio de 17°C y una precipitación media aproximada de 2607 mm/año.

Por último la fachada de la institución presenta manchas y humedades en el 70% de su totalidad. Hay zonas en las cuales la cubierta cae por encima de esta. Daños significativos que se suman al grave estado de la edificación.

Imagen 20. Fachada de la institución Antonia Santos.



Fuente: Propia.

7.3.10 Análisis comparativo: En la tabla que se presenta a continuación pueden apreciarse cada una de las patologías encontradas en las instituciones educativas que fueron objeto de esta investigación.

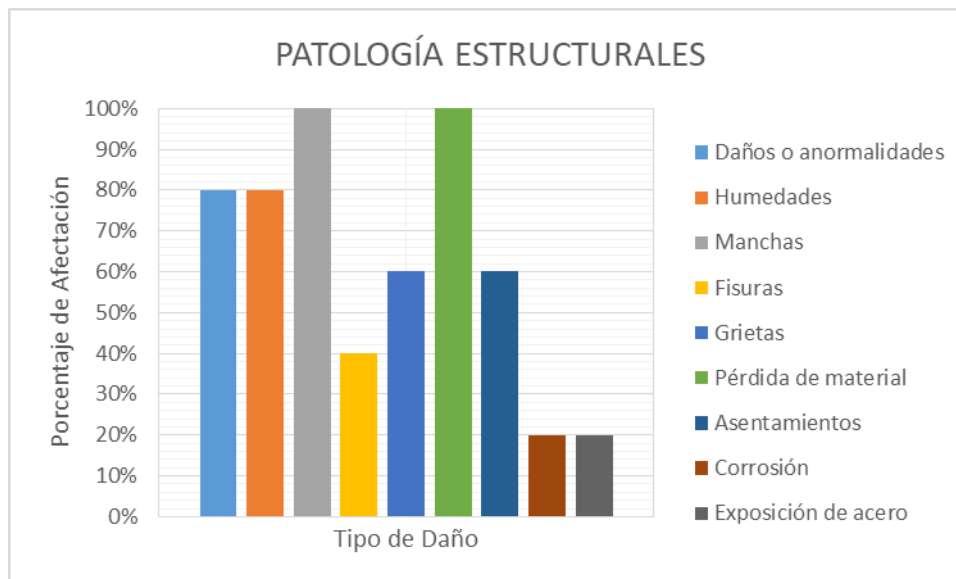
Tabla 7. Cuadro comparativo de las patologías correspondientes a las instituciones educativas evaluadas en esta investigación.

	TIPO DE DAÑO	Daños o anomalías	Humedades	Manchas	Fisuras	Grietas	Pérdida de material	Asentamientos	Corrosión	Exposición de acero	PORCENTAJE DE AFECTACIÓN POR INSTITUCIÓN EDUCATIVA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA	Colegio Lorencita Villegas de Santos		X	X	X	X	X				56%
	Colegio Santa María Goretti	X	X	X		X	X				56%
	Colegio Cooperativo	X		X			X	X		X	56%
	Colegio Antonia Santos	X	X	X	X	X	X	X	X		89%
	Escuela Guacas "La Inmaculada"	X	X	X			X	X			56%
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN POR TIPO DE DAÑO		80%	80%	100%	40%	60%	100%	60%	20%	20%	

Fuente: Propia.

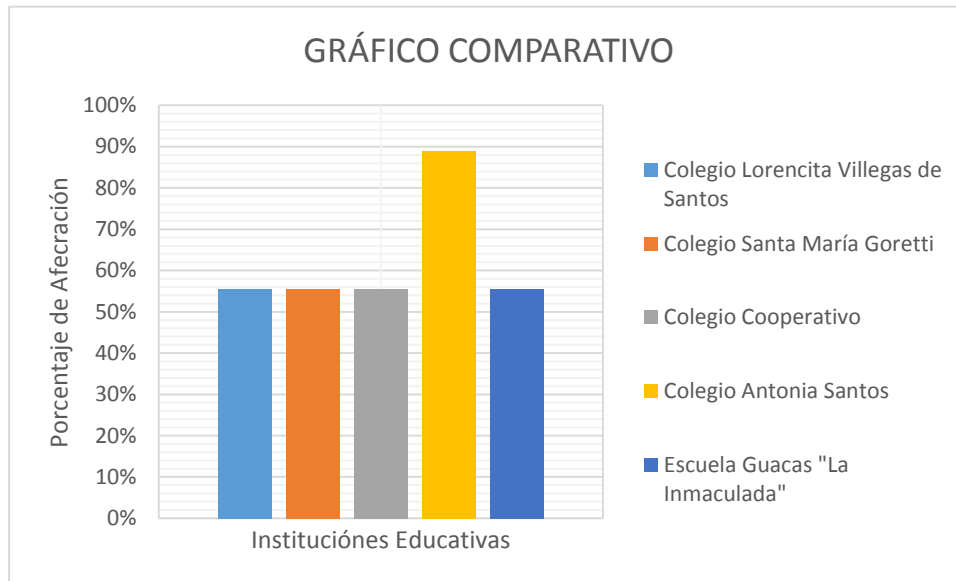
Esta tabla facilita la determinación de las patologías más recurrentes determinadas en las instituciones educativas que fueron evaluadas.

Gráfico 2. Patologías estructurales.



Como se puede observar en el gráfico, las patologías estructurales más recurrentes fueron: Pérdida de material y manchas correspondientes al 100% de las instituciones educativas evaluadas. En segundo lugar se encuentran los daños o anomalías y las humedades las cuales se encontraron en un 80% de los establecimientos estudiados. De otra parte las patologías menos frecuentes fueron la corrosión y la exposición del acero, encontrándose solo en el 20% de los inmuebles analizados.

Gráfico 3. Gráfico comparativo



El gráfico anterior permite inferir cuál de las cinco instituciones educativas que fueron estudiadas durante este trabajo investigativo presenta la peor condición patológica, la cual corresponde a la institución educativa Antonia Santos con un porcentaje de afectación del 89% en el cual incluye patologías como humedades, pérdida de material, daños o anomalías, manchas, fisuras, grietas y asentamientos.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación ha logrado identificar las patologías presentes en las instituciones educativas del Municipio de Santa Rosa de Cabal, dato que era de suma importancia para mostrar las condiciones físicas y el estado patológico de estas. Siguiendo la metodología propuesta para realizar esta investigación se logró localizar, caracterizar e identificar las patologías más recurrentes de las instituciones educativas. A partir de estas metas, se logró valorar el estado actual de cada inmueble y presentar un diagnóstico al respecto.

La escuela o sede educativa Antonia Santos es una edificación que se construyó en dos fases, la fase inicial data de 1952, fase de desarrollo del Municipio de Santa Rosa, considerando a la escuela parte de un proceso importante para su crecimiento; la segunda fase se realizó en 1990 como respuesta al incremento en la demanda de estudiantes razón por la cual se llevó a cabo la restauración de la institución educativa, la cual incluyó la construcción de un segundo bloque después de esta intervención no se ha realizado ninguna otra a la fecha.

En base a los resultados obtenidos durante la inspección visual realizada en la Sede Educativa Antonia Santos, se concluye que la principal causa del estado avanzado de las humedades y manchas que presenta la institución con un porcentaje del 80%, es el suelo en el cual se edificó la escuela, los depósitos lacustres. El contenido de humedad que trasmite el suelo a la edificación es tan elevado que causa estos defectos en la estructura de concreto y acabados. La causa secundaria de este fenómeno, es la ausencia de canales y bajantes por los cuales evacuar el agua. Muy importante es tener en cuenta como un factor terciario la precipitación de la zona, considerada como alta.

La institución educativa Antonia Santos no ha recibido ningún apoyo económico por parte del gobierno municipal ni departamental para reparar o restaurar las zonas afectadas. La escuela no tiene un mantenimiento periódicamente que ayude a mantener en condiciones óptimas la estructura y los acabados de la edificación, hace más de 27 años que no se tienen datos acerca de los registros sobre la intervención que se ha efectuado en el lugar. Por lo tanto, es considerable que el estado de la estructura se encuentre en estas condiciones. Los investigadores clasifican que las patologías identificadas afectan la seguridad, funcionalidad y aspecto superficial de la estructura y que el carácter de la intervención para restaurar la edificación es necesaria, puesto que el nivel de daños es moderado.

La institución que estaba en el peor estado era la Sede Educativa Antonio Santos, sus patologías eran numerosas y afectaban la seguridad de la estructura. Por el contrario El Colegio Santa María Goretti, Lorencita Villegas de Santos, COODESCAR y Escuela “La Inmaculada” tenían afectaciones por manchas, humedades, pérdida de material y demás patologías en una gravedad menor al 50%

La Escuela de Guacas “La Inmaculada” presencié en su mayoría humedades y manchas, esta patología está estrechamente relacionada con su ubicación. Se trata de una escuela construida en un sector rural, la vereda de Guacas perteneciente a este municipio y a pesar de estar más aislada se mantiene en unas condiciones patologías satisfactorias y la intervención es conveniente, específicamente en las humedades que registra en la parte trasera, humedad que aporta el suelo y las precipitaciones.

Las demás instituciones, Lorencita Villegas de Santos, Santa María Goretti y COODESCAR, están situadas en una zona urbana y se consideran patológicamente aceptables. Los daños que afectan a estas edificaciones no intervienen en la seguridad ni funcionalidad de la estructura, es decir, estas edificaciones tienen deterioros por causas ambientales mínimos los cuales afligen únicamente un aspecto superficial.

En los resultados obtenidos, solamente dos colegios, Lorencita Villegas de Santos y Antonia Santos tienen fisuras en su estructura y grietas en las losas de entrepiso y conexiones con vigas y columnas. Estos eventos pueden ser causados por defectos en los materiales o procesos constructivos o simplemente un resultado de los eventos sísmicos que periódicamente ocurren en la zona. Aun así estas patologías no son alarmantes puesto que no hay indicios que se encuentren comprometida la seguridad ni la funcionalidad de los inmuebles.

Comparando las cinco instituciones que se evaluaron en esta investigación, se clasifican las patologías según su recurrencia. Las dos patologías más recurrentes en las edificaciones del sector educativo son la pérdida de material y las manchas seguidas de los daños y anomalías y por último las humedades.

9. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar mantenimiento preventivo frecuente a las instituciones educativas con el fin de disminuir el deterioro ocasionado por los diversos agentes detonantes, especialmente por la intemperie.
- Se sugiere realizar una revisión del sistema de aguas lluvias de las cubiertas para mitigar el aumento de las humedades y corrosión en la estructura.
- En caso de que la institución educativa se encuentre soportada sobre un suelo con bajas propiedades mecánicas que afecten el estado de la estructura, se recomienda tomar medidas a nivel geotécnico.
- Los entes territoriales deben formular proyectos que promuevan el acondicionamiento o reforzamiento estructural de las instituciones educativas a fin de dar cumplimiento a lo estipulado en la NSR-10
- En la institución educativa Antonia Santos, se recomienda continuar con un análisis patológico minucioso debido a los daños significativos que presentó la estructura, para disminuir los riesgos a los que pueden verse expuesta la población que hace parte de este plantel educativo.
- La ubicación del municipio de Santa Rosa de Cabal y sus fuerzas sísmicas inciden con mayor impacto sobre las estructuras, causando una serie de daños en edificaciones escolares. Por tal motivo se recomienda la construcción siguiendo las normas sismo resistentes: configuración estructural apropiada, selección adecuada del tipo de análisis estructural, dimensionamiento detallado que suministre la suficiente capacidad de absorción y disipación de energía, sistema de fundaciones que garantice la estabilidad general y utilización de materiales de primera calidad.

10. BIBLIOGRAFÍA

ASTORGA, Ariana. Centro de investigación en Gestión integral de Riesgos. Módulo III, Sección IV. 2009.

BROTO I COMERMA, Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.

BUSTAMANTE, Gerardo. Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias .Repositorio de la Universidad de Cartagena.2012.

CHAMOSA, José Antonio Vieitez; ORTIZ, José Luis Ramírez. Patología de la construcción en España: aproximación estadística. *Informes de la Construcción*, 1984, vol. 36, no 364, p. 5-15.

DIAZ, Patricia. Protocolo para los Estudios de Patologías de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia .Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2014

FIGUEROA, Tatiana; PALACIO, Ricardo. Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en Medellín. *Revista EIA*, 2008, no 10.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Julián. Evaluación de Estructuras Técnica y Materiales para su Reparación. Colombia.2002.

Grupo de Investigación en Gestión Ambiental – CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Santa Rosa de Cabal. Climatología. Risaralda. Vol. 1, P 17.

Grupo de Investigación en Gestión Ambiental – CARDER. Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Santa Rosa de Cabal. Geología. Risaralda. Vol. 1, P 12.

HELENE, Paulo RL; CAMPOS, Fernanda Pereira (ed.). Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección. CYTED, 2003

HERMELIN, Michel. Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004. Capitulo 1. Introducción. Medellín.2005. Vol. 1, P.11.

JELPO, Pía; PADILLA, Leticia. Patología en elementos estructurales. Madera, acero y muro portante cerámico. 2009.

MILOS JENICEK. Robert Cleroux . Capítulo 5 “Realización e interpretación de los estudios descriptivos” En Milos Jenicek. Robert Cleroux “Epidemiología, principios y técnicas” 1ª Ed... Masson Salvat. Barcelona 1993. pag 77-96.

OJEDA, Marcela Alejandra Muñoz. Patologías en la edificación de viviendas sociales, especialmente con la humedad. *Valdivia, Chile*, 2004.

Real Academia Española. (Base de datos en línea) (Consultado el 30 de agosto)
Disponible en: www.rae.es

Reglamento colombiana de Construcción Sismorresistente.NSR-10.Capitulo A.2.5.1.2. Bogota.D.C,2010

SANCHEZ DE GUZMAN Diego, Durabilidad y Patología. Instituto del Concreto, ASOCRETO. Bogotá, 2006.

SALGADO, Mario A., et al. Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia. Actualización y uso en las nuevas normas colombianas de diseño sismo resistente NSR-10. *Revista de Ingeniería*, 2010, no 32, p. 28-37.

SICA, Semillero de Investigación Proyecto Escuela Segura, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.2012

STRAUSS, Anselm L.; CORBIN, Juliet; ZIMMERMAN, Eva. Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín: Universidad de Antioquia, 2002.

SOMOZA, Rubén; GHIDELLA, Marta E. Convergencia en el margen occidental de América del Sur durante el Cenozoico: subducción de las placas de Nazca, Farallón y Aluk. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 2005, vol. 60, no 4, p. 797-809.

Universidad de Nuevo León. Patología de las estructuras de concreto, México, 1998. p. 112.

VIDAUD, Ernesto. Seminario, Patología del concreto y del acero. México, 2016.

VIDAUD, Ernesto. Seminario Patología del concreto y del acero. American Institute Concrete. México, 2016.

Wikipedia.com. Enciclopedia libre. Santa Rosa de Cabal, Colombia. (Base de datos en línea). (Consultado 9 de Nov.2017). Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Rosa_de_Cabal.