

**Aproximación al análisis de la vulnerabilidad física en edificaciones del sector histórico de la ciudad de Popayán, estudio de caso: Centros educativos, San Agustín Y Centro Pedagógico Creativo del Cauca, ante escenarios de amenaza por sismo**



**Angélica María Cuellar Varela  
Daniel Alejandro Díaz Mora**

**Fundación Universitaria de Popayán  
Facultad de Arquitectura  
Especialización en Gestión de Riesgo de Desastres Orientado a la Planificación Territorial  
Popayán, Cauca  
2020**

**Aproximación al análisis de la vulnerabilidad física en edificaciones del sector histórico de la ciudad de Popayán, estudio de caso: Centros educativos, San Agustín Y Centro Pedagógico Creativo del Cauca, ante escenarios de amenaza por sismo**



**Angélica María Cuellar Varela  
Daniel Alejandro Díaz Mora**

**Directora  
María Isabel Turbay Varona**

**Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gestión de Riesgo de Desastres  
Orientado a la Planificación Territorial**

**Fundación Universitaria de Popayán  
Facultad de Arquitectura  
Especialización en Gestión de Riesgo y Desastres Orientado a la Planificación Territorial  
Popayán, Cauca  
2020**

## **Dedicatoria**

*Dedicamos este trabajo de grado en primer lugar a Dios y a nuestras madres, posteriormente a todos los niños del mundo, particularmente los que viven en contexto de pobreza y son altamente vulnerables a los desastres, experimentando sus efectos en forma desproporcionada y creciente.*

## **Agradecimientos**

Cada paso que damos en la vida va impregnado del amor eterno. Por ello damos gracias a Dios, por permitirnos alcanzar una experiencia más en nuestras vidas; por contar con el apoyo altruista de nuestras familias, por permitirnos descubrir amistades que aportaron instantes de trabajo y también de ocio; por haber contado con los espacios del claustro que nos acogió por mucho tiempo y a las acertadas orientaciones de docentes que lograron inquietarnos para dibujar nuestras pasiones, pero también para construir más allá del límite de la imaginación. En una formación como la nuestra, no existen modelos; son muchos los caminos que se pueden transitar y cada uno de ellos tiene sus propios aciertos y también sus deslices. Sólo esperamos tener la oportunidad de llevar a la práctica todo este conocimiento recibido de experimentados estudiosos, de tal manera que tengamos la sazón de servir aportando al desarrollo territorial a través de la gestión de riesgo de desastres

Un trabajo de investigación es también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen personas puntuales que nos estiman, sin el que no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales. Es por eso que nada sería posible sin la supervisión y el acompañamiento de la arquitecta María Isabel Turbay Varona a quien nos gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento por ser nuestro guía en el perfeccionamiento de este estudio además de agradecer su paciencia tiempo y dedicación.

### Agradecimientos de Angélica María Cuellar

A Leonardo Palomino quien dedicó también parte de sus horas para guiarnos, apoyarnos y motivarnos a que el desarrollo de este documento fuera exitoso.

A mi madre, María Aidé Varela, quien donde quiera que se encuentre, dejó en mí los mejores valores y el sueño de estudiar una carrera profesional que a día de hoy ya he hecho realidad. A mi padre, José Elías, quien aportó su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A la tía Zoraida Cuellar, quien es un ejemplo de mujer a seguir y ha sido la persona encargada de llenar de apoyo y motivación cada instante de mi formación profesional.

A Daniel Alejandro Palomino y José Gabriel Palomino por ser parte de mi vida, de mis momentos tristes y alegres, y enseñarme que se puede amar sin condiciones, no esperar recompensas, el significado y la alegría de ganar complicidad, amistad y amor eterno son incondicionales y, sobre todo, enseñarme que la obra más importante que realizas en la vida, es la que haces dentro de los muros de tu hogar.

Agradecimientos de Daniel Alejandro Diaz Mora

A mi madre, Ana Judit Mora Quiguanas, por ser esa persona trabajadora y valiente que me ha dado Dios y la vida, además de sus incesantes oraciones y buenos consejos que me dieron la fortaleza y la energía para culminar un nuevo escalón en mi formación académica.

## **Resumen**

En este trabajo se realiza una aproximación a la vulnerabilidad física de dos edificios del sector histórico de la ciudad de Popayán, cuyo uso actualmente es educativo. En estos edificios los sistemas constructivos, épocas de construcción, implementación de la norma, entre otras características, que han demostrado un alto grado de susceptibilidad frente al fenómeno sísmico.

La metodología empleada para la valoración de la vulnerabilidad física es creada por los autores y se enmarca dentro de la categoría de vulnerabilidad observada, teniendo en cuenta que aún para realizar cualquier análisis físico de un edificio, la inspección visual es tomada como el primer acercamiento para diagnosticar acciones futuras.

Es así que, mediante el análisis de variables, se realizó en primera fase el diagnóstico de los inmuebles, permitiendo proyectar los puntos críticos de cada edificación y que necesitan una intervención de forma prioritaria. De acuerdo a los datos analizados en campo y teniendo en cuenta los métodos creados por expertos en la materia como referentes, se realizó la creación de un modelo de estudio cuantitativo y cualitativo, que consiste en la elaboración de una matriz que asignó a las variables evaluadas un rango o valor, obteniendo finalmente, resultados de vulnerabilidad moderada, pero con la exigencia de realizar estudios y análisis más detallados.

De otro lado, se identificó en los dos edificios que los factores más notables de vulnerabilidad física son las cubiertas pesadas y el sistema de soporte, principalmente los muros, lo que ha ocasionado daños graves en edificaciones con características constructivas similares.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	1
1. ÁREA DE ESTUDIO .....	3
2. PROBLEMA .....	8
3. OBJETIVOS .....	11
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos.....	11
4. JUSTIFICACIÓN .....	12
5. ESTADO DEL ARTE .....	14
5.1 Marco Conceptual: .....	14
5.2 Marco Teórico:.....	21
5.3 Marco Normativo:.....	23
5.4 Marco Referencial:.....	25
5.5 Marco Histórico: .....	14
5.6 Marco contextual:.....	30
6. METODOLOGÍA.....	34
6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de la información. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
6.1.1 Diagnóstico del estado de las edificaciones .....	35
6.1.2 Fase 2: propuesta metodológica .....	42
6.1.3 Fase 3: factores que inciden en la vulnerabilidad física de los edificios estudiados ....	53
7. CAPÍTULO I - DIAGNÓSTICO FÍSICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES .....	55
7.1 Descripción de cada variable..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
7.1.1 Variables vulnerabilidad estructural.....	35
7.1.2 Variables de vulnerabilidad no estructural .....	37
7.1.3 Variables vulnerabilidad funcional.....	38
7.1.4 Organización y análisis de la información .....	41
7.2 Resultados de la información .....	56
7.2.1 Institución educativa San Agustín .....	68
7.2.2 Centro Pedagógico Creativo del Cauca .....	69

8.	CAPÍTULO II - PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD FÍSICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS OBJETO DE ESTUDIO	72
8.1	Descripción de los criterios de calificación para el análisis de la vulnerabilidad física	
	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
8.2	Resultados obtenidos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
8.2.1	Caso 1 - Institución Educativa San Agustín .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
8.2.2	Caso 2 - Centro Pedagógico Creativo del Cauca.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
9.	CAPÍTULO III - ANÁLISIS DE LOS FACTORES MÁS RELEVANTES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS EDIFICIOS	75
9.1	Generalidades .....	75
9.2	Factores físicos que inciden en la vulnerabilidad.....	76
9.3	Factores que inciden en la vulnerabilidad física de los edificios objeto de estudio .....	77
9.3.1.	El tipo de cubierta.....	77
9.3.2	Estado de las cubiertas.....	78
9.4.	Sistema de soporte: muros.....	81
9.5	Análisis de los factores que inciden en la vulnerabilidad física asociada a la opinión social .....	87
9.5.1	Sensibilización y conceptos básicos.....	88
9.5.2	Vulnerabilidad física: mapeo.....	89
9.5.3	Socialización de los mapas realizados.....	92
9.5.4	Conclusiones del taller.....	94
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	96
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	98
12.	ANEXOS .....	101

## Lista de Tablas

Tabla 1. Valor patrimonial de acuerdo al criterio de protección. .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 2. Ponderaciones por factor para calcular vulnerabilidad para cada amenaza.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3. Valores de las variables aplicadas. ....	43
Tabla 4. Ponderación de vulnerabilidad física aplicada.....	52
Tabla 6. Matriz de calificación factores de vulnerabilidad estructural. ....	46
Tabla 7. Matriz de calificación factores de vulnerabilidad no estructurales.....	48
Tabla 8. Matriz de calificación factores de vulnerabilidad funcionales. ....	49
Tabla 9. Matriz de calificación global institución educativa San Agustín. ....	73
Tabla 10. Matriz de calificación global Centro Pedagógico Creativo del Cauca. ....	74
Tabla 11. Peso asociado al tipo de cubierta. Campos (1992) .....	78
Tabla 12. Temas producto del taller realizado.....	95

## Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.....	3
Figura 2. Iglesia San Agustín antes del terremoto. ....	6
Figura 3. Cuadra de la calle 5. ....	7
Figura 4. Daños en el Templo y claustro de Santo Domingo por el terremoto del 31 de marzo de 1983. (Alcaldía de Popayán; Universidad del Cauca, 2017) .....	8
Figura 5. Centro Comercial Anarkos Plaza (Manzana 99), que actualmente presenta fallas estructurales por modificaciones en ausencia de planificación y control. ....	9
Figura 6. Expresión matemática para el cálculo del riesgo. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 7. Tipo de amenazas. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 8. Inmuebles según su vulnerabilidad respecto de cada componente. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 9. Número de eventos sísmicos encontrados por año.....	15
Figura 10. Plan GRD.....	17
Figura 11. Frente de la ficha para recolección de información.....	40
Figura 12. Reverso ficha para recolección de información. ....	40
Figura 13. Plantilla de calificación desarrollada en Microsoft Office Excel.....	52
Figura 14. Variables objeto de análisis en el trabajo de campo.....	35
Figura 15. Zonas de mayor vulnerabilidad física en la institución educativa san Agustín.....	68
Figura 16. Zonas de mayor vulnerabilidad física: Centro pedagógico Creativo del Cauca. ....	70
Figura 17. Esquema de factores que inciden en la vulnerabilidad global.....	75
Figura 18. Variables con mayor afectación. ....	76
Figura 19. Cubierta del centro pedagógico Creativo del Cauca. ....	78
Figura 20. Elementos de adición en Cubierta del Centro Pedagógico Creativo del Cauca. ....	79
Figura 21. Fallas de los elementos en cubierta y cielos falsos.....	79
Figura 22. Deterioro de cubierta área de la iglesia de San Agustín.....	80
Figura 23. Estado de cielos falsos institución educativa San Agustín.....	80
Figura 24. Fuente manual ASIS.....	81

Figura 25. Detalle constructivo de los muros en adobe. ....	82
Figura 26. Muro interno, patio 3 Centro Pedagógico Creativo del Cauca.....	83
Figura 27. Luces de muros y estructuras divisorias.....	83
Figura 28. Muros en deterioro. ....	84
Figura 29. Adicción de nuevas estructuras. ....	85
Figura 30. Tomado de manual ASIS.....	85
Figura 31. Tomado de manual ASIS.....	85
Figura 32. Tomado de manual ASIS.....	86
Figura 33. Tomado de manual ASIS.....	86
Figura 34. Tomado de manual ASIS.....	86
Figura 35. Tomado de manual ASIS.....	87
Figura 36. Tomado de manual ASIS.....	87
Figura 37. Análisis de conceptos taller participativo.....	88
Figura 38. Mapeo y grafismo de zonas de vulnerabilidad física en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca.....	89
Figura 39. Mapeo y grafismo de zonas de vulnerabilidad física en la institución educativa San Agustín.....	89
Figura 40. Resultado de algunos mapas elaborados por la comunidad educativa en la institución educativa San Agustín.....	91
Figura 41. Resultado algunos mapas elaborados por la comunidad educativa en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca. ....	91
Figura 42. Mapeo de zonas de vulnerabilidad física por parte de la comunidad.....	92
Figura 43. Socialización de los trabajos realizados en la institución educativa San Agustín.....	93
Figura 44. Socialización de los trabajos realizados en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca. ....	94



## Introducción

La presente investigación se refiere al primer acercamiento que se puede realizar a un edificio patrimonial con el propósito de evaluar su vulnerabilidad física, definida como la capacidad que tiene una estructura para soportar las solicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo.

Las patologías principales de los edificios se ven reflejadas en lesiones físicas como: humedades, erosión, agrietamiento, deformaciones, desplomes, desprendimientos, eflorescencias, oxidación y corrosión, entre otros.

Para analizar estas problemáticas es necesario mencionar sus causas, entre las que se encuentran: la antigüedad del edificio, sistemas constructivos empleados, materialidad de las edificaciones, la generación de cambios en el uso, el incumplimiento de las normas, las intervenciones realizadas a los inmuebles e incluso la falta de mantenimiento adecuada del mismo; situaciones que contribuyen al deterioro progresivo, presentando una condición de riesgo para la población que los habita.

Muchas de las ciudades colombianas conforman áreas accedidas por edificaciones que son vestigio de su desarrollo urbano. En estos lugares convergen diversas manifestaciones arquitectónicas y constructivas propias de cada época, que con el paso del tiempo han sido transformadas, mediante intervenciones de tipo constructivo que muchas veces ocasionan agudos procesos de deterioro.

La investigación de esta problemática surgió del interés por conocer si algunas de las edificaciones que hacen parte del sector histórico de la ciudad de Popayán y que en el sismo de 1983 (uno de los más catastróficos de la historia de la ciudad) sufrieron afectaciones, siguen aún presentando condición de vulnerabilidad ante eventos de esta índole. Lo anterior teniendo en cuenta que dentro del contexto urbano - en el sector centro- se han evidenciado hechos complejos como el del Centro Comercial ANARKOS, pues el grado de intervenciones realizadas a su estructura de forma incorrecta ha puesto a la población en riesgo.

En el ámbito profesional como arquitectos, el interés versó en conocer la situación real de las edificaciones en el contexto de la planificación territorial, patrimonio y gestión del riesgo de desastres; profundizando en la investigación integral de estas áreas aplicadas a cada edificio estudiado.

En el marco de la metodología observada como instrumento de análisis, la investigación se realizó bajo la inspección visual y el método Heurístico, el cual está basado en la utilización de reglas empíricas para llegar a una solución. La palabra Heurística proviene de la palabra griega heuriskein que significa descubrir, encontrar.

A través de una serie de variables se realizó un primer acercamiento a los inmuebles estudiados y se hizo un diagnóstico real de cada construcción; de igual forma se asignó un rango o valor a cada variable, por consiguiente, la ponderación nos llevaría a determinar el tipo de vulnerabilidad que afronta cada edificio, aspecto indispensable para la toma de acciones de intervenciones prioritarias y futuras. Así mismo se realizó un análisis técnico de los factores que tienen mayor incidencia en la vulnerabilidad de las instituciones estudiadas, además mediante un taller se contó con la opinión social de las personas que habitan los inmuebles, obteniéndose una percepción integral de los factores que acrecientan notablemente la vulnerabilidad física en estas instituciones.

Durante la investigación en campo y documental, uno de los obstáculos fue la carencia de planos arquitectónicos y estructurales, que permitieran conocer de forma técnica el origen de cada edificio y así identificar de manera clara sus modificaciones a través del tiempo, sistema constructivo, entre otros aspectos. Ante esta situación fue necesario realizar el levantamiento arquitectónico de cada uno de los inmuebles.

A partir de los resultados obtenidos en cada fase de esta investigación, se realizó un diagnóstico físico del estado actual de las edificaciones estudiadas, se desarrolló una propuesta metodológica para determinar la vulnerabilidad física en los casos de estudio y se determinaron los factores más relevantes que inciden en la vulnerabilidad física de las edificaciones estudiadas.

## 1. ÁREA DE ESTUDIO

### Ubicación geográfica

“El municipio de Popayán se encuentra localizado en el valle de Pubenza, entre las cordilleras Occidental y Central al suroccidente del país, en las coordenadas 2°26'39" Latitud Norte y 76°37'17" Longitud Oeste con una extensión de 464 Km<sup>2</sup>, una altura promedio de 1760 m.s.n.m y en su cabecera municipal es de 1735 m.s.n.m. (IGAC, 2019)



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

**El relieve:** se clasifica en montañas y cordilleras con un (30,1%); valles con el (50,0%) y mesetas con (19,9%). Las máximas alturas que presenta el municipio, en las cordilleras Central y Occidental son: Los Cerros Puzná (3.000 msnm), San Rafael, Canelo, Santa Teresa, Tres Tulpas y La Tetilla Guabos, Munchique, Alto del Trueno y la Cadena de Volcanes (Puracé, Sotará y Coconuco).

Presenta un relieve ondulado donde alternan pendientes menores del 10% con otras superiores al 30%, siempre en longitudes cortas. Esta configuración se altera bruscamente hacia

las hoyas de los ríos que la bañan, los cuales van encañonados, presentando, por lo tanto, fuertes pendientes tanto en grado como en longitud.

**Geología y morfología:** la Meseta de Popayán básicamente es una formación (vulcano) sedimentaria, conocida como el piso de Popayán, compuesta por bancos de arcilla de coloraciones oscuras, gris oscura, verdosa y hasta oliva, areniscas que se presentan desde grano fino hasta grueso y conglomerados, los que en su mayoría son andesíticos y riódacíticos (Riodacitas). Toda esta extensa zona fue recubierta posteriormente por diferentes deposiciones de ceniza procedente de las erupciones de los volcanes de Puracé y Sotará que variaron la fisiografía original, presentando en la actualidad relieve ondulado con sectores casi planos. Las cenizas depositadas en algunas áreas no cubrieron suficientemente el material subyacente y en consecuencia se perdió por efectos erosivos, por lo que en parte del área afloran los materiales del piso Popayán en Grosse, 1935 (POT, 2002)” (Alcaldía de Popayán; Universidad del Cauca, 2017, pp. 12-21)

**Historia:** el proceso de expansión de la Ciudad de Popayán se presenta en diversas etapas caracterizadas por crecimientos poblacionales y urbanísticos diferenciales. Un análisis de la evolución de la población y de la malla urbana, con base en planos y fotografías aéreas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en adelante IGAC, detectó siete (7) momentos de la historia relevantes en el proceso de crecimiento urbano de la ciudad, determinados desde la época de la colonia en 1537 hasta 1810, donde se inicia el trazado reticular en torno a la plaza mayor. Posteriormente, en 1906, se concluye la primera etapa del periodo moderno, destacándose la creación de la vía panamericana Popayán - Pasto y el ferrocarril; a continuación, en 1946 y 1958 viene el periodo de “la violencia” en Colombia, caracterizado por una fuerte migración del campo a la ciudad. Más adelante, desde 1958 hasta 1974 se construyeron importantes obras de infraestructura como el acueducto y el terminal aéreo, destacándose este periodo como un periodo de gran actividad edificatoria, en el que se urbanizaron grandes terrenos a lo largo de los ejes viales de la ciudad. (Alcaldía Municipal de Popayán, 2002)

Con posterioridad viene el periodo pre-terremoto, a partir de 1974 hasta 1983, donde prima la consolidación de las áreas antiguas al núcleo central; y ya en la época del periodo post-terremoto, donde el protagonista central es el sismo de 1983, que no sólo destruye una gran parte del sector histórico y algunas construcciones modernas, sino que ocasiona la inmigración de unas 26.400 personas, incrementándose de esta manera la magnitud del desastre. Ya en el periodo post terremoto, comprendido entre los años 1994 y 1999, se concluyen las obras de reconstrucción de

la ciudad y continúa la expansión urbana a tasas mayores en relación al incremento poblacional. En términos generales, se consolida la ciudad y se evidencia desarrollo de asentamientos en las periferias, sin ningún tipo de planificación urbana. (Alcaldía Municipal de Popayán, 2002)

Por otro lado la resolución número 2432 de 2009, emitida por el Ministerio de Cultura, por la cual se aprueba el Plan Especial de Manejo y Protección del Sector Antiguo de Popayán, en adelante PEMP, declarado como Bien de Interés Cultural del Ámbito Nacional, el cual establece las acciones necesarias para garantizar la protección, conservación y sostenibilidad del sector determinando tres niveles de tratamiento específico para los edificios según su catalogación teniendo en cuenta que durante muchos años han hecho parte de la cultura urbana de la ciudad.

La arquitectura colonial de Popayán es uno de los principales atractivos. Las hermosas casonas que por siglos ocuparon las familias más destacadas de la ciudad, hoy han sido rehabilitadas en su mayoría por diferentes usos. Existe una impresionante profusión de templos coloniales, lo que recuerda el papel protagónico de la iglesia en la formación de la ciudad a lo largo de la historia.

Popayán cuenta actualmente con 6 claustros que son un reflejo de la vida conventual de la ciudad y que están al servicio de la educación y del estado siendo un claro referente de la riqueza arquitectónica, el renacimiento, el neoclasicismo, el barroco y el republicano son estilos que narran un discurso que se evidencian en cada uno de estos edificios. (Fundación Universitaria de Popayán, 2018)

La ciudad y en especial el sector histórico recobran un referente de identidad no solo por su arquitectura sino por las bondades educativas que se ofrecen en ella. Contando con más de 20 instituciones universitarias y más de 15 colegios y centros de estudio técnico que regocijan un número significativo de estudiantes que habitan a diario la ciudad y sus centros de enseñanza.

### **Institución educativa San Agustín**

Las familias muy distinguidas de la sociedad payanesa, motivaron a las Hermanas Vicentinas, procedentes de Francia, a conseguir una casa en el centro de la ciudad, cerca de la Iglesia San Agustín y que llamarían “Escuela San Agustín”, por estar cerca de la Iglesia. Fue construida sobre las ruinas del templo original, destruido por el terremoto de 1736, y es así como en esta nueva sede abrieron matrículas el 8 de octubre de 1888 bajo la dirección de Sor Antonieta La Fay. (Mosquera, 2004). La labor comenzada por las hermanas con tanto amor, buscó otros campos de servicio para la juventud de escasos recursos, creando la <<Escuela Complementaria>>

como complemento de la primaria en donde se aprendieron todo tipo de artes, además obteniendo una preparación académica en diversas áreas. Esta complementaria dio origen al bachillerato. En vista de la acogedora labor de las Hermanas Vicentinas, los funcionarios del Gobierno y de la educación de esa época, consideran la importancia de ampliar la cobertura educativa de la Escuela San Agustín. En el año de 1955, por el cual se destina el producto de impuesto de la lotería del Cauca a la ampliación y construcción de la Concentración Escolar San Agustín. Se realiza en los años 1948, 1963, 1964, 1965 y 1966 la compra de inmuebles, adecuado ya el terreno, se procede a terminar la construcción de un edificio, con capacidad para albergar alumnas de primaria y bachillerato.



**Figura 2.** Iglesia San Agustín antes del terremoto.<sup>1</sup>

### **Centro Pedagógico Creativo Del Cauca**

El Centro Pedagógico Creativo Del Cauca es una institución educativa de carácter privado, que inicio sus labores hace 17 años aproximadamente, prestando en sus inicios los servicios de preescolar y que actualmente cuenta con alrededor de 290 alumnos entre pre escolar, básica primaria y básica secundaria.

Su sede actual se encuentra localizada en el sector histórico de la ciudad de Popayán, sobre la calle 5, en una casona antigua que fue construida a mediados del siglo XVII, que fuera propiedad de la familia Cabal, Energética de Coconuco y finalmente adquirida en 1960 por el señor Gerardo Garrido, miembro de una de las familias más distinguidas de la ciudad, proveniente de la ciudad de Cali; cumple un papel importante de emplazamiento por su cercanía al parque de Caldas,

---

<sup>1</sup> Recuperado de: <http://giocas.tripod.com/id79.htm>

la torre del reloj y la Iglesia de San José, tres de los principales atractivos representativos y simbólicos de la ciudad.

La casona donde funciona actualmente el Centro Pedagógico ha sido rehabilitada y modificada en su mayoría para presentar diferentes usos, y a pesar de sus modificaciones se puede contemplar la lectura urbana colonial del centro histórico en sus fachadas; cobrando gran importancia histórica el haber resistido a los sismos más impactantes que se han generado en la ciudad.



**Figura 3.** Cuadra de la calle 5.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Recuperado de: <http://giocas.tripod.com/id79.htm>

## 2. PROBLEMA

Históricamente el territorio colombiano se ha visto sometido a una serie de movimientos sísmicos que han ocasionado un gran número de víctimas y han dejado altas cifras de pérdidas materiales, afectando principalmente las edificaciones más vulnerables.

De acuerdo con el estudio general de Amenaza Sísmica de Colombia desarrollado por la asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (1996 y actualizado al 2009) es conocida que toda la región del departamento del Cauca está sometida a una alta Amenaza Sísmica lo que obliga a considerar el sismo como una de las hipótesis críticas de diseño para cualquier tipo de obra de infraestructura y como el fenómeno catastrófico más probable.

La ciudad de Popayán ha sido escenario de 126 eventos sísmicos a través de la historia, según estudios de la unidad de Gestión de riesgo de desastres (GRD) del municipio. Particularmente el terremoto del 31 de marzo de 1983, dejó cerca de “300 muertos y 508 heridos, además de 4.694 edificaciones destruidas y 13.796 viviendas con daños.” (Radio Nacional de Colombia, 2016)



**Figura 4.** Daños en el Templo y claustro de Santo Domingo por el terremoto del 31 de marzo de 1983. (Alcaldía de Popayán; Universidad del Cauca, 2017)

La reconstrucción de la ciudad llevó más de 5 años y a día de hoy, Popayán ha tenido un gran crecimiento urbano y poblacional, donde se ha evidenciado un rol de centralidad en el sector colonial, destacándose los edificios gubernamentales y de educación, como los principales focos de concentración urbana, lo que ha generado un cambio muy significativo en el uso de suelo en

las edificaciones, especialmente en los claustros que actualmente son los que albergan un alto número de población estudiantil.

Los claustros y las casonas de la ciudad son vestigios que hacen remembranza al pasado y que definen parte del presente, ya que actualmente comprenden temas económicos, gubernamentales, judiciales, universitarios, educativos y religiosos de alta importancia para Popayán, exponiéndose a vulnerabilidades físicas que pueden generar nuevos escenarios de riesgo, que ante un sismo pueden verse más susceptibles a sufrir daños o pérdidas.

El desarrollo, Las actividades de ciudad y las tendencias urbano regionales, así como la necesidad de contemplar esquemas modernos, exigen la incorporación de capacidades de planificación con las que se pueda hacer frente a las exigencias del desarrollo urbano y de su interacción con el territorio, pues todos los cambios a los que se ha enfrentado la ciudad han llevado a la generación de problemáticas tales como el vehículo, la especulación con el suelo (invasión de espacio público y comercio informal), el cambio del uso del suelo, la contaminación, cambios en la estructura de las edificaciones, entre otros aspectos, que van en contra de la sostenibilidad, permitiendo que progresivamente se desarrollen nuevos escenarios de riesgo.

La no planificación y el déficit de control de desarrollo urbano pueden llegar a constituir una problemática paulatina en el crecimiento del municipio; como se ha evidenciado en los últimos años en algunas edificaciones que han sido escenarios potenciales del riesgo.



**Figura 5.** Centro Comercial Anarkos Plaza (Manzana 99), que actualmente presenta fallas estructurales por modificaciones en ausencia de planificación y control.

De esta manera, se hace necesario contextualizar la vulnerabilidad física de algunos edificios educativos del sector histórico, teniendo en cuenta la carencia de estudio referente al tipo de estructura, muros, cubiertas, materiales constructivos y su calidad, reformas, adiciones,

mutilaciones e intervenciones realizadas al edificio, lo que podría generar debilitamiento estructural ante eventos físicos amenazantes.

La riqueza educativa de Popayán reúne mucha población dentro de su infraestructura, representando un foco de problemáticas ante la no planificación y análisis de la misma.

Por esto la antigüedad de la construcción, y el contexto, son aspectos que podrían intervenir en la confluencia de factores amenazantes por el entorno, el debilitamiento y deterioro de la edificación, por la antigüedad e incluso la falta de mantenimiento.

Ante esto podemos decir que los edificios educativos podrían llegar a contribuir y a intensificar los efectos de los desastres si la deficiencia de los estudios integrados en la construcción (reformas improvisadas, deterioro de las edificaciones, mutilaciones, adiciones etc.), la planificación del territorio (uso del suelo), y los sistemas de gestión locales (vigilancia, control, normativa y apropiación del territorio) no son capaces de prevenir y mitigar el riesgo latente.

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Realizar un acercamiento al análisis de la vulnerabilidad física ante escenarios de amenaza por sismo. Estudio de caso Colegio San Agustín y Centro Pedagógico creativo del Cauca.

#### **Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico físico del estado actual de las edificaciones seleccionadas para el estudio de caso.
- Desarrollar una propuesta metodológica para determinar la vulnerabilidad física en los casos de estudio.
- Determinar los factores más relevantes que inciden en la vulnerabilidad física de las edificaciones estudiadas.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Hay varios factores progresivos y aparentemente insignificantes que pueden aumentar la vulnerabilidad del patrimonio ante diversas amenazas. Por esa razón, la Gestión del Riesgo y Desastres (GRD) para el patrimonio no sólo se ocupa de la protección de los bienes frente a las grandes amenazas, sino, también de la reducción de los factores de vulnerabilidad subyacentes, como son la falta de mantenimiento, la gestión inadecuada y el deterioro progresivo, que pueden hacer que las amenazas acaben convirtiéndose en desastres (Unesco, 2010)

Por esta razón, los estudios de la estimación de la vulnerabilidad y el daño sísmico probable en las instituciones de la ciudad de Popayán, que además hacen parte de su patrimonio, son un componente imprescindible en cualquier plan de mitigación y gestión del riesgo.

Lo anterior cobra mayor importancia teniendo en cuenta que, dentro de los antecedentes históricos, se ha encontrado un gran número de sismos que afectaron notablemente las edificaciones de la ciudad, especialmente las del sector histórico, lo que ha llevado a la implementación estricta de la norma NSR 10 en los sistemas constructivos y, a la generación de planes de contingencia ante este tipo de eventualidades.

Pese a la introducción de normativas y políticas urbanas, el crecimiento poblacional y las nuevas dinámicas, han llevado a la ciudad a dar respuesta a los índices altos de demanda académica, lo que ha generado grandes cambios en los usos originales de los edificios de la zona centro conllevando a la creación y modificación de espacios que dan respuesta a otros usos y que actualmente albergan gran cantidad de población estudiantil en su mayoría vulnerable por ser población menor de edad, ante esto se hace necesario implementar estudios que nos lleven a un acercamiento en la evaluación o estimación de la vulnerabilidad para así tomar decisiones futuras que ayuden a mitigar el riesgo.

Dentro de los índices de ofertas de instituciones de educación básica primaria y secundaria, con alta calidad y que hacen parte del sector colonial, se registran dos colegios que albergan una cifra significativa de estudiantes menores de edad y que cobran gran importancia por su emplazamiento y época de construcción. Éstos fueron objeto de estudio para la presente investigación, además se tiene como un aspecto de gran importancia que los edificios donde funcionan estas instituciones tienen un alto valor arquitectónico, puesto que en ellas converge gran parte de las manifestaciones arquitectónicas que han caracterizado el desarrollo urbano de la ciudad en diferentes épocas.

Aunque el patrimonio cultural no suele incluirse en las estadísticas mundiales sobre el riesgo de desastres, la afectación a los bienes culturales por las modificaciones e intervenciones realizadas, principalmente por el cambio de uso, ha tenido un alto crecimiento, llevando a una pérdida progresiva del inmueble y a la generación de nuevos espacios de riesgo, convirtiéndose en un gran motivo de preocupación.

## **5. ESTADO DEL ARTE**

Teniendo en cuenta la información obtenida en referencias bibliográficas descritas a lo largo del texto, se han planteado diversos términos y escenarios que permiten ahondar en la determinación de los índices de vulnerabilidad, así como en la elaboración de un modelo matemático propio que, mediante la generalización de escenarios de riesgo y especificaciones técnicas del proceso constructivo, permita obtener valores numéricos que en rangos determinados indique mayor, menor o riesgo intermedio para una edificación determinada.

### **5.1 Marco Histórico:**

El resultado de la búsqueda realizada por la Oficina Asesora De Gestión Del Riesgo De Desastres De Popayán, donde se recopila el número de eventos sísmicos encontrados por año, cubriendo el periodo entre 1566 y 2017, con el fin de identificar la mayor cantidad de eventos sísmicos que han sido relevantes para la ciudad ( Figura 1), arrojó 126 eventos sísmicos relevantes, donde se evidencia que el periodo de tiempo comprendido entre 1827 y 1841 (círculos rojos), es donde más sismos se presentaron en la ciudad, sin embargo, los que han sido más destructivos no ocurrieron en estos años, con excepción del sismo de 1827, que dejó en ruinas gran cantidad de iglesias de la ciudad.

## NUMERO DE NOTICIAS DE EVENTOS SÍSMICOS ENCONTRADOS POR AÑO

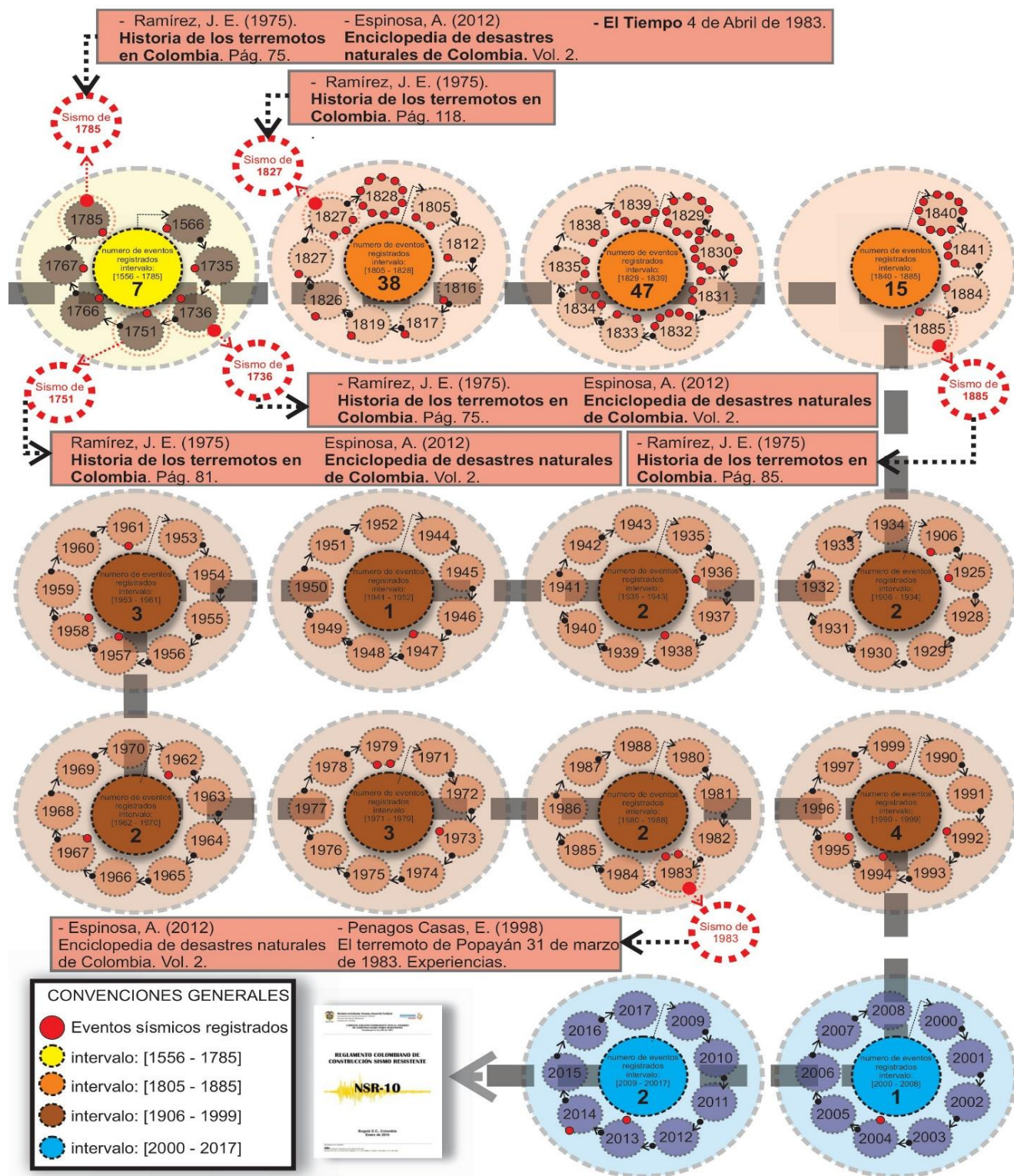


Figura 6. Número de eventos sísmicos encontrados por año.

No obstante, el sismo de 1983 cambió la historia de Popayán y el país, debido a su fuerte impacto, pues la alta cantidad de pérdidas humanas y materiales, causó una gran preocupación en la industria de la construcción, llevando a la formulación y preparación del código de construcción sismo resistente que tuviera en cuenta los aspectos propios del país.

De acuerdo con la Alcaldía de Popayán y la Universidad del Cauca (2017), Espinosa (2012) menciona que “varios edificios colapsaron y la mayoría de construcciones coloniales sufrieron daños severos, en particular las iglesias. La cúpula de la catedral se desplomó, causando numerosos muertos.”

Christian Gros, en su boletín socioeconómico número 17 *“Popayán dos años después autopsia de un desastre”* afirma que *“en 18 segundos, la capital del cauca se encuentra convertida en un montón de ruinas: 13.650 viviendas (70% del total) se ven afectadas. Entre estas 2.470 son totalmente destruidas y 6.680 quedan gravemente averiadas, el sismo destruye igualmente la mayor parte de edificios públicos, iglesias, centros administrativos, museos, instalaciones universitarias, escuelas, 650 locales comerciales, 250 edificios de oficinas situadas en el centro de la ciudad quedan inutilizables”*

Inmediatamente después de tal desastre la solidaridad nacional e internacional se manifiesta, convirtiendo los colegios, centros médicos y salones comunales aun en pie en centros de acopio de víveres, la ciudad quede totalmente paralizada por casi un año de sus actividades diarias para intentar resurgir de esta tragedia. La educación en ese entonces se vio interrumpida por un periodo largo a falta de instalaciones de igual forma el sismo había propiciado una inmensa migración millones de personas habían abandonado el centro devastando y las casas de inquilinato para instalarse en las afueras de la ciudad en terrenos no urbanizados de particulares. (gros, 1986)

El plan de reconstrucción de la ciudad destina para la educación cerca del 14 % de todos los recursos que llegaron al municipio según la CRC en el plan de desarrollo P 327, la mayoría de instituciones que en ese entonces funcionaban en la ciudad quedaron derribadas por el sismo y a partir de la reconstrucción de la ciudad muchos de los edificios educativos se construyeron sobre las ruinas de algunos monasterios como en el caso de la institución educativa San Agustín.

“En el estudio de microzonificación sismo geotecnia de Popayán (1992) se muestra un mapa regional de isosistas que muestra el patrón de la distribución e intensidades para el sismo de del 31 de marzo de 1983. Se puede observar claramente que, en la zona de influencia del municipio

de Popayán, se concentran los valores más altos de intensidad generados por el sismo.” (Alcaldía de Popayán; Universidad del Cauca, 2017)

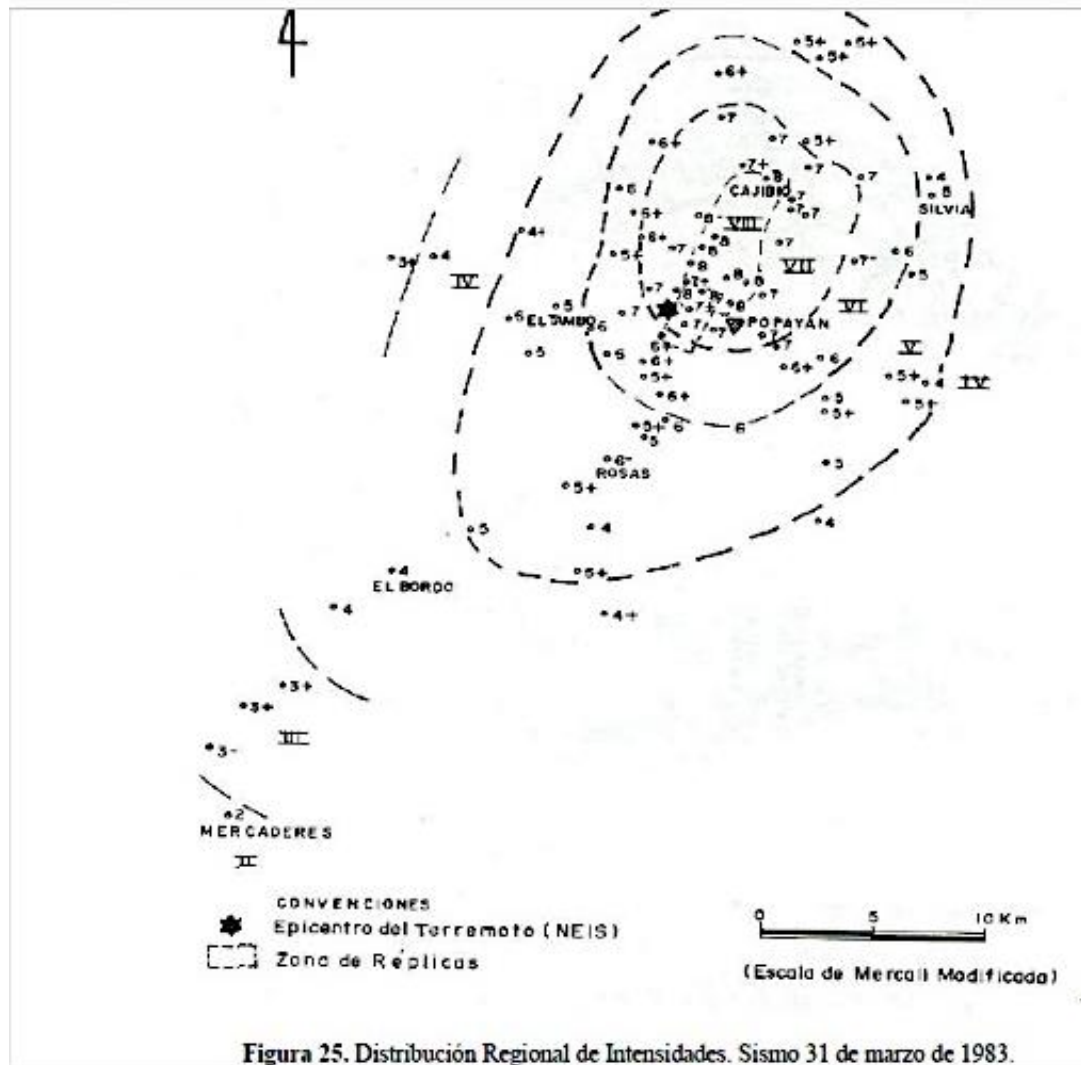


Figura 7. Plan GRD.

El documento de Historicidad sísmica también hace referencia al mencionar Espinosa (2012) que

*“Prácticamente toda la arquitectura colonial que se conserva en la tradicional Popayán es posterior a 1736, en razón de que el terremoto ocurrido el 2 de febrero de ese año destruyó casi totalmente la ciudad El temblor ocurrió a la 9 de la mañana y en unos pocos segundos permaneciendo en pie solamente la Capilla de la Ermita (Sebastián, 1965). La Catedral, las iglesias y claustros de Santo Domingo, San Agustín, San Francisco, La Compañía y La Encarnación quedaron*

*destruidas. Los edificios oficiales y muchas de las casas particulares corrieron con la misma suerte”*

En los inmuebles objeto de estudio se tiene una perspectiva mucho más superficial, pues no se encuentran textos que hablen exactamente de cómo estos edificios afrontaron la ocurrencia de los movimientos sísmicos a través de la historia, y el comportamiento estructural de los mismos. Sin embargo, al dialogar con las personas que han hecho parte de estas instituciones a través del tiempo se puede obtener información histórica valiosa sobre el desarrollo de los inmuebles, incluso, desde su construcción.

La institución educativa San Agustín, siempre se ha dedicado a proceso de educación para la niñez de la clase media popular de la ciudad de Popayán, fue así como el 8 de octubre de 1888, se dio apertura a su sede en una casa en el centro de la ciudad, cerca de la iglesia de San Agustín, afrontando desde ese entonces aproximadamente cerca de veintidós (22) sismos registrados a través de la historia, siendo el sismo de 1983 el más catastrófico para el sector, ocasionado graves daños a la iglesia colindante a esta institución, emblemática para la ciudad. El edificio educativo en el año de 1955, contó con que se destinara el producto de impuestos de la Lotería del Cauca a la ampliación y construcción de la Concentración Escolar San Agustín. Se realiza en los años 1948, 1963, 1964, 1965 y 1966 la compra de inmuebles y, adecuado ya el terreno, se procede a terminar la construcción de un edificio con capacidad para albergar alumnas de primaria y bachillerato. Construido entonces con materiales de concreto y ladrillo, tuvo una buena resistencia ante el fortísimo sismo de 1983, generando pérdidas mínimas en su infraestructura física.

Por otro lado, la casona donde funciona el Centro Pedagógico Creativo del Cauca es un edificio colonial construido a finales de siglo XVIII, cuyo uso originario fue la vivienda, según datos que suministró la familia propietaria y heredera del inmueble. Esta vivienda afrontó cerca de ciento veintidós (122) sismos a través de la historia. Según los datos proporcionados por la oficina de gestión del riesgo de desastres de la ciudad, el sismo de 1983 fue el que más daños causó a la estructura de la edificación, provocando el desplome de parte del edificio y grietas en algunos de sus muros, lo que conllevó a la reconstrucción parcial del inmueble. A día de hoy se rescata parte de su arquitectura colonial y se evidencian las intervenciones con materiales constructivos diferentes a los de la época de la colonia en las zonas donde fue necesario realizar adecuaciones.

## 5.2 Marco Conceptual:

**Vulnerabilidad:** es la capacidad para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro.

Susceptibilidad física o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir adversos en caso que un evento físico peligroso se presente (Ley 1523, 2012).

**Amenaza:** Peligro latente que un evento físico de origen natural, o causado o inducido por la acción humana de manera accidental se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vida, lesiones u otros impactos (Ley 1523, 2012).

**Riesgo:** confluencia de la amenaza y la vulnerabilidad.

**Escenarios de Riesgo:** son fragmentos o campos delimitados de las condiciones de riesgo del territorio presentes o futuras, que facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas.

**Exposición (Elemento expuesto):** se refiere a la presencia de personas, medidas de subsistencia, servicios ambientales, y recursos económicos y sociales, bienes culturales, e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Ley 1523, 2012)

**Grado de Exposición:** estado o valor que puede tener la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y por consiguiente están expuestas a experimentar pérdidas potenciales (UNGRD, 2009).

**Intervención correctiva:** proceso cuyo objeto es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación en el sentido de reducir las condiciones de amenaza y la vulnerabilidad de los elementos. (UNGRD, 2009)

**Intervención prospectiva:** Tomar decisiones para evitar nuevas situaciones de riesgo a futuro.

**Amenaza natural:** “Peligro latente asociada con la posible manifestación de un fenómeno físico cuya génesis se encuentra totalmente en los procesos naturales de transformación y modificaciones de la tierra y el ambiente” (Lavell, 2007)

**Sismo:** sacudida brusca del terreno causado por un proceso de liberación súbita de energía acumulada en la corteza terrestre. (UNGRD, 2009)

**Patrimonio cultural:** el patrimonio cultural de la nación está constituido por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana. (ley 1185 de 2018)

**Patrimonio cultural material:** que agrupa dos grandes áreas, la inmueble y la mueble, se caracteriza por tener un cuerpo físico que puede ser dimensionado y percibido sensorialmente.

**Patrimonio cultural inmueble:** se caracteriza por estar fijo en la tierra, tal como ocurre en las edificaciones, los conjuntos arquitectónicos, los asentamientos urbanos, las obras de ingeniería, los parques arqueológicos, y las obras de adecuación del territorio para fines de explotación, producción o recreación.

### 5.3 Marco Teórico:

En el contexto de la vulnerabilidad física, entendida como la afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada (Hernández y Ramírez, 2016), se puede afirmar que la vulnerabilidad está directamente relacionada con la capacidad que tiene una estructura de soportar las fuerzas a las que puede verse sometida en el momento de la ocurrencia de un sismo y la forma en la que dicha estructura responde ante los desplazamientos y los esfuerzos producidos por las fuerzas inerciales durante toda su vida útil. Según el Diccionario de la Real Academia Española (RAE), en su 23ª edición, vulnerabilidad es “cualidad de vulnerable”, en cuanto que vulnerable es: “que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente”. De lo que se puede interpretar que la vulnerabilidad sería la cualidad de algo (objeto, sujeto o grupo de sujetos), que puede ser herido.

Dentro de La vulnerabilidad estructural según (CAPRA) refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado.

Realizar cualquier estudio de vulnerabilidad de un edificio patrimonial implica un proceso complejo en el que están implicados muchos factores. La particularidad de este tipo de inmuebles implica la participación de numerosos agentes especializados en diferentes campos, de forma que los resultados de todos los trabajos conformen una importante fuente de conocimiento. Sin embargo, hay unas primeras actuaciones que deben realizarse al pretender establecer siquiera un acercamiento de la vulnerabilidad física, como por ejemplo conocer la realidad del mismo, desde el inicio de su ejecución hasta el momento en el que se comienza a realizar el estudio. Es importante conocer las circunstancias de la época, así como el desarrollo a través de su vida útil. (Martin, 2013)

Los métodos de análisis constituyen un instrumento básico para la conservación de edificios, ya que intentar frenar o corregir el deterioro de las construcciones sin un diagnóstico de sus problemas o un pronóstico sobre su evolución, es un riesgo con un alto porcentaje de probabilidades de fracaso. La inspección, en los casos de reparaciones parciales o de urgencia, se basa en un método de análisis y de conceptos bien asentados. Toda acción de conservación debe contemplar el conjunto de factores que actúan sobre la vida útil de la construcción y nada debe ser improvisado o abordado de forma superficial o rutinaria (Vega, 2005)

Y es el caso de Silvia Cirvini (2004) quien analiza el estado general del patrimonio y su relación con el sismo, introduce una mirada hacia las características propias de la materialidad y

las condiciones climáticas que afectan a las construcciones: “En el caso de Cuyo la alta sismicidad local, la predominancia absoluta de los materiales y tecnologías del material tierra y las condiciones del clima ubican a los nuestros monumentos históricos en una situación de particular vulnerabilidad.(p.17)“ Refiriéndose a la arquitectura en tierra como monumentos históricos.

A través de la historia las afectaciones al patrimonio cultural por eventos sismológicos han sido innumerables y las consecuencias de los mismos han marcado la historia de los edificios, teniendo en cuenta que el patrimonio cultural es en su más amplio sentido un producto y un proceso que suministra a las sociedades un caudal de recursos que se heredan del pasado, se crean en el presente y se transmiten a las generaciones futuras para su beneficio. (UNESCO, 2016).

Los edificios patrimoniales que actualmente han cambiado su uso para prestar servicios institucionales, enfrentan en muchas ocasiones profundas alteraciones formales para su adecuación, dejando a un lado la respetuosa intervención del inmueble, generando además de daños irrevocables, la creación de un sinnúmero de escenarios de riesgo, los que necesitan de intervenciones correctivas y prospectivas para evitar generar una tragedia futura.

El caso del patrimonio arquitectónico es algo único, posiblemente por su valor inmobiliario, está condenado a convivir con la constante amenaza de la proyección de intereses sobre su uso, aunque paradójicamente esta condición es indispensable para su correcta conservación, mantenimiento y durabilidad. La arquitectura necesita ser útil y vivida; de otra manera queda obsoleta y muere, convirtiéndose en una pieza arqueológica.

Según UNICEF, de acuerdo a la información de los desastres en el último quinquenio en nuestra región, podemos determinar que uno de los grupos más vulnerables es la población escolar, no sólo por el impacto psicológico que producen los desastres, sino, además, por la pérdida de las instalaciones escolares, espacios de recreación, programas de alimentación, salud y otros que se desarrollan en una institución.

Un edificio estudiado y “preparado” puede hacer la diferencia en el momento de responder ante un evento adverso y reducir los impactos del mismo, no solamente entre la pérdida o no de vidas humanas, sino, también en los procesos de rehabilitación y reconstrucción del mismo.

Actualmente tanto la ocurrencia de desastres, como la existencia de las condiciones de riesgo, no sólo están determinadas por la amenaza, sino fundamentalmente por la existencia de condiciones de vulnerabilidad que sufren las edificaciones, por tanto, es necesario identificar,

analizar y entender estas condiciones, con el fin de eliminar y disminuir la probabilidad de que ocurra un desastre. (EIRD.ORG, s.f.)

#### **5.4 Marco Normativo:**

Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. expresa la necesidad de comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones relativas a la exposición, la vulnerabilidad y características de las amenazas; el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres, incluidas las plataformas nacionales; la rendición de cuentas en la gestión del riesgo de desastres; la necesidad de prepararse para “reconstruir mejor”; el reconocimiento de las partes interesadas y sus funciones; la movilización de inversiones que tengan en cuenta los riesgos a fin de impedir la aparición de nuevos riesgos.

El marco del Sendai aporta a esta investigación las directrices para la prevención de los desastres naturales, la preparación para casos de desastre y la mitigación de sus efectos, así como un conjunto de principios rectores, incluida la responsabilidad primordial de los Estados de prevenir y reducir el riesgo de desastres y la participación de toda la sociedad y todas las instituciones del Estado.

**LEY 1523 DE 2012** (abril 24), por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones., esta ley aporta a este trabajo las políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

**LEY 388 DE 1997**, dentro de sus objetivos se define el establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

La ley de desarrollo territorial permite a esta investigación abordar los temas normativos municipales que garantizan la utilización del suelo y el correcto uso de éste.

**Decreto 1807 de 2014**, por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

Este decreto aporta a la investigación las directrices de trabajo en la incorporación de la gestión del riesgo al plan de ordenamiento territorial del municipio de Popayán, así como las directrices que corresponden al análisis del área urbana.

**La Ley 400 de 1997**, se reglamenta las construcciones sismorresistentes planteando como objetivo en su artículo 1 "criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos".

Una edificación diseñada siguiendo los requisitos consagrados en las normas que regulan las construcciones sismo resistentes, debe ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural (posiblemente con algún daño en elementos no estructurales) y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso.

**NSR 10**, es el reglamento colombiano encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

Esta norma guía a esta investigación para establecer los criterios y rangos de evaluación ante la vulnerabilidad física de las estructuras objeto de estudio.

**Ley 397 de 1997**, se dictan normas sobre el Patrimonio Cultural y se crea el Ministerio de Cultura. Ley 1185 de 2008 que modifica la Ley 397 de 1997. Ley 163 de 1959 se dictan medidas sobre defensa y conservación del Patrimonio. Aporta a la investigación las directrices y conceptos para el análisis de la vulnerabilidad desde el punto de vista patrimonial.

**Ley 1185 de 2008**, que modifica la Ley 397 de 1997. Esta ley define un régimen especial de salvaguardia, protección, sostenibilidad, divulgación y estímulo para los bienes del patrimonio cultural de la Nación que sean declarados como bienes de interés cultural en el caso de bienes materiales y para las manifestaciones incluidas en la Lista Representativa de Patrimonio Cultural

Inmaterial, conforme a los criterios de valoración y los requisitos que reglamente para todo el territorio nacional el Ministerio de Cultura. Principios rectores que aportan conceptos básicos para determinar los criterios de análisis en edificios patrimoniales.

**Resolución número 2432 de 2009**, por la cual se aprueba el plan especial de manejo y protección del sector antiguo de Popayán, declarado como Bien de Interés Cultural del Ámbito Nacional. Ilustra la investigación mediante el establecimiento de los criterios de análisis aplicados a las variables de vulnerabilidad en los edificios patrimoniales objeto de estudio. Criterios concernientes a adecuaciones, ampliaciones, sobreelevaciones, aislamientos subdivisiones, conservación, obras permitidas, etc. y a la aplicación rigurosa de esta normatividad en su desarrollo a través del tiempo.

**Artículo 7 de la ley 1115 de 2008**, señala el régimen especial de protección de los Bienes de Interés Cultural (BIC) y determina que la declaratoria de un BIC incorpora un plan de especial manejo y protección PEMP cuando se requiera de conformidad a la ley. Imprescindible para el desarrollo de esta investigación, debido a su aportación en los lineamientos de protección para los inmuebles evaluados.

**La carta italiana del restauro**, la carta de restauro de 1992 es una instrucción italiana redactada para la salvaguardia y restauración de todas las obras de arte de todas las épocas en la aceptación más amplia. Nutre la investigación con normas o pautas relevantes para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad física de una edificación patrimonial.

## **5.5 Marco Referencial:**

### **la vulnerabilidad física del patrimonio arquitectónico en Mendoza.**

En el trabajo realizado por el segundo Congreso Iberoamericano y X Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”, se propone un método de análisis y evaluación de la vulnerabilidad, por medio de una definición de variables que permitan especificar los peligros presentes en un edificio y a través de los mismos generar un estudio cuantitativo.

Con el objeto de proponer un método, se define nuevamente que los peligros que afectan la vulnerabilidad física del patrimonio arquitectónico construido pueden ser contenidos en dos grandes grupos. Por un lado, los peligros que afectan a las construcciones de manera externa a través de su acción en el entorno inmediato y por sus condiciones morfológicas y climáticas; por el otro los riesgos que afectan directamente la estructura material por su propio estado de

conservación e integridad estructural, estos serán denominados riesgos internos. En esta instancia se considera para la evaluación que la vulnerabilidad física ( $V_n$ ) es la suma de los riesgos externos ( $R_x$ ) y los internos ( $R_n$ ). Lo que representado en una expresión polinómica en forma general es:

$$V_n = \Sigma (R_x + R_n)$$

Los Riesgos Externos ( $R_x$ ) son: - Riesgos provocados por el efecto de acciones y cargas externas. Las acciones que pueden afectar a los edificios son el sismo, el viento (principalmente la acción del viento zonda predominante en la zona) e impactos puntuales (producto de un accidente vial que provoque el impacto en forma directa sobre algún edificio, por ejemplo). En este trabajo se considera el sismo según su intensidad.

Los Riesgos Internos ( $R_n$ ), se caracterizan por: - Riesgos por el deterioro del estado de conservación de la materialidad, interpretado como síntesis del estado de patologías presentes en cada edificio y la gravedad de las mismas; junto a esto, se adiciona el efecto que puede provocar la intromisión o modificación de la estructura originaria, y presencia de sobrecargas extraordinarias, lo que provoca cambios en el comportamiento estructural ante los riesgos externos, Riesgos inherentes de los materiales, entre otros.

### Variables e Indicadores

En cuanto al Riesgo Externo: Intensidad sísmica depende de los estudios sismorresistentes y según las normativas vigentes, para este caso toda el área analizada se encuentra en la Zona 4, con alto riesgo sísmico.

En cuanto a los riesgos internos manejan las variables de materialidad, estructura y estado de conservación.

En relación a lo desarrollado en este trabajo se puede reconocer que el diseño de una metodología para identificar, medir y ponderar la vulnerabilidad física es posible. La identificación de las variables e indicadores permite reconocer y particularizar la manifestación de los riesgos en el objeto material. Este avance significa una aproximación a reconocer la viabilidad que este trabajo de investigación representa para su incorporación al campo disciplinar de la conservación, pero requiere más estudio en cuanto a la medición y ajuste de las variables para próximas investigaciones y trabajos en este tema. La incorporación de este concepto de vulnerable del

patrimonio arquitectónico por medio del estudio de los riesgos permite obtener datos que representan la importancia 2do. Congreso Iberoamericano y X Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio” 9 de los mismos. De la misma forma es aconsejable reconocer que existen aspectos que afectan a los edificios patrimoniales de forma inmaterial por lo que la vulnerabilidad de los mismos no solo depende de los riesgos externos e internos, sino también de la protección y reconocimiento que el edificio posee por ser un elemento patrimonial, o la falta del mismo. (Congreso Iberoamericano, 2014)

### **Restauración de un edificio patrimonial por Liliana Gonzales Díaz**

Dentro del marco referencial también es analizado el estudio de caso realizado por Liliana Gonzales Díaz, donde se establece como objetivo general la restauración de un edificio patrimonial para convertirse en un instituto universitario, manteniendo su originalidad constructiva.

Antes de centrarse en la fase de diseño se realiza un estudio de vulnerabilidad sísmica estructural, no estructural y funcional. Factores que se centran primero, en cuantificar las poblaciones humanas expuestas en términos totales por sexo, edad u otra variable relevante (análisis funcional). Después de esta etapa se desarrolla un estudio histórico documental y sociológico, para proceder posteriormente a evaluar de manera general el estado de la edificación (análisis estructural). En toda esta fase se evalúa la intervención total de la estructura, estudiando el estado del edificio respecto de las masas, reforzamientos y fachadas.

En términos generales este estudio aporta a la investigación bases para realizar el análisis de variantes a identificar dentro del proceso de peritaje, que finalmente permiten establecer el nivel de vulnerabilidad de cada claustro de qué factores han llevado a esta situación.

### **Métodos para analizar el riesgo por Daniela Díaz**

Daniela Díaz fuentes analiza los métodos para evaluar el riesgo sísmico y priorizar los bienes culturales en Santiago de Chile.

Teniendo en cuenta que en la actualidad se crea una gran necesidad de generar planes integrales de gestión del riesgo para la conservación y protección del patrimonio cultural inmueble en zonas altamente propensas a fenómenos naturales asociados con catástrofes de la índole que sea, se plantea una evaluación y mapeo de amenazas, así como la ponderación de vulnerabilidad sísmica; del mismo modo, la implementación de una metodología en su aplicación a seis casos de estudio: antiguas Iglesias de mampostería en piedra y adobe en Chile.

Fuentes (2017) señala que la metodología propuesta por Diaz (2015) cuenta con tres herramientas, usadas como referente para la implementación de su metodología en el desarrollo de la investigación. La primera herramienta prioriza la atención del patrimonio cultural del inmueble en función del valor patrimonial, herramienta que se elabora en base a su valor cultural. Aquí la investigadora destaca el uso e implementación de la norma y los procedimientos específicos para proteger el patrimonio, basándose en las tipologías de valores señalados y si se considera que algunas de ellas se traslapan en sus significados, la metodología articula una matriz que prevé la valoración del bien cultural, dependiendo de las siguientes variables: valor de antigüedad, valor histórico, valor simbólico-significativo, valor estético, valor científico y valor de uso. Una segunda herramienta describe y jerarquiza las amenazas del patrimonio cultural inmueble. La ponderación de la vulnerabilidad sísmica se da teniendo en cuenta un análisis que determina las amenazas que eventualmente podrían afectar un bien cultural, definiendo el peor escenario de todos sobre la magnitud e intensidad de los fenómenos, teniendo en cuenta la gravedad de los daños las amenazas son priorizadas y finalmente, la herramienta 3 crea una ficha de evaluación y cuantificación de la vulnerabilidad sísmica en los bienes culturales inmuebles.

Los parámetros de la tercera herramienta se dividen en tres tipos de vulnerabilidad a saber: por la posición del edificio, la inherente a la estructura y por el estado de conservación.

Fuentes (2017) afirma en su investigación que, en la cuantificación de la vulnerabilidad sísmica, cada uno de los parámetros tiene un peso, acorde con su relevancia, en la vulnerabilidad total del edificio, que se pondera en una escala A, B, C y D; donde A indica una muy baja y D, una muy alta. Los valores y el peso de cada parámetro se basaron en la ficha y tabla para la cuantificación de la vulnerabilidad desarrollada por la antes mencionada Direzione Generale delle Politiche Territoriale e Ambientali (DGPTA 2003).

En virtud de la evaluación del riesgo sísmico en los casos de estudio, es posible determinar la aplicabilidad de este procedimiento en América Latina, primero, por su efectividad en términos numéricos, ya que todas las iglesias con una vulnerabilidad sísmica superior a 44 colapsaron con un terremoto de magnitud 7.8 e intensidad IX-X. Este puntaje, multiplicado por un índice de amenaza alto, como en los casos de estudio (0.9), da como resultado un riesgo sísmico máximo cercano a 100 (Fuentes, 2017).

La ponderación y asignación de valores de peso a variantes o determinantes a evaluar, evidenciándose que son efectivos para determinar un diagnóstico acertado en el momento de

buscar los factores que inciden en que un edificio sea más frágil o no, lo que puede aportar y enriquecer la investigación, permitiendo la obtención de datos integrales del estado de la edificación.

Dentro de la búsqueda de referentes de estudio también se encontraron metodologías basadas en la norma existente según sea el lugar de análisis en la que destacamos las siguientes:

### **Godoy Carrera, la problemática del patrimonio en Ecuador**

En su tesis de maestría estudió la problemática del patrimonio en Ecuador, enfocando lo sucedido después del Decreto de Emergencia del Patrimonio, aplicado en uno de los casos restaurados, el Antiguo Palacio Municipal estatal de Vinces, mediante el que se busca analizar la gestión que deben tener los bienes inmuebles al ser restaurados y, además, recalcar la importancia de considerar los riesgos no sólo naturales y de desastres, sino, también los riesgos antrópicos por falta de mantenimiento, abandono y malas intervenciones, para el correcto uso y función social de un bien patrimonial en Ecuador.

Los objetivos que se buscan en la consulta de las ponencias resumidas son:

Validar el modelo de aplicación de las diferentes metodologías expuestas con el fin de buscar unos resultados certeros del análisis de la vulnerabilidad en edificios con valor patrimonial alto.

A partir de lo mencionado, tener bases para aplicar un nuevo modelo utilizando diferentes variables útiles en el proceso de estimación de la vulnerabilidad física.

Analizar los distintos problemas que pueden que pueden ocurrir en la estimación de la vulnerabilidad.

La consulta y aplicación de resultados, postulados y metodologías expuestos en las anteriores ponencias, se justifica en la actual necesidad de generar planes integrales de gestión del riesgo para la conservación y protección del patrimonio cultural inmueble, en zonas altamente propensas a la ocurrencia de fenómenos naturales, particularmente sismos.

Las tres primeras investigaciones analizadas, se centran en el conocimiento del inmueble como un factor fundamental para establecer la ponderación y asignación de valores de peso a variantes o determinantes a evaluar; evidenciándose que estos factores son efectivos para determinar un diagnóstico acertado en el momento de buscar los componentes que inciden en que un edificio sea más frágil o no, lo que puede aportar y enriquecer la investigación, permitiendo la obtención de datos integrales del estado real del edificio.

La evaluación realizada por Claudia Gonzales Muzzio, hace énfasis en una variable considerada muy importante para nuestro proyecto, como es la relacionada con el valor patrimonial de acuerdo al criterio de protección del inmueble, donde un inmueble sin valor patrimonial entraría en un criterio de calificación bajo. De igual forma, se toma en consideración lo planteado en todos los casos de estudio mencionados donde el deterioro y mantenimiento de un inmueble cumplen un papel bastante relevante en el momento de medir y cuantificar la estimación del inmueble, ya que las intervenciones inadecuadas o el abandono pueden llegar a generar nuevos escenarios de riesgo dentro del mismo inmueble.

De esta manera podemos concluir que todos los casos de estudio revisados y analizados, se basan en la evaluación de variables que han sido escogidas de acuerdo al criterio y pertinencia de cada autor, según sea el caso del inmueble a evaluar, ponderando de esta manera cada una de estas variables y generando un porcentaje general, que finalmente lleva a la aproximación del conocimiento de datos reales del edificio.

### **5.6 Marco contextual:**

Popayán en la actualidad tiene uno de los más grandes centros históricos coloniales del país y América. En el 2005 la UNESCO le otorgó el título de ciudad UNESCO de la gastronomía, por ser una de las ciudades que ha conservado sus métodos tradicionales en la cocina a través de la tradición oral, luego en el 2009, como obra maestra del patrimonio oral e inmaterial de la humanidad por su semana santa, caracterizada por sus procesiones que han sido realizadas de forma ininterrumpida desde el siglo XVI.

El casco antiguo es considerado uno de los mejor conservados de Colombia, ya que la ciudad a través de la historia ha logrado que su arquitectura sea uno de los principales atractivos turísticos, pues sus iglesias y las grandes casonas, que varios siglos ocuparon las familias de la ciudad, a día de hoy, se han convertido en museos, centros educativos importantes y edificios gubernamentales, llevando a que estas edificaciones no caigan en el deterioro progresivo de los años y así mismo, reactiven la ciudad con nuevas dinámicas; factor importante para la conservación del patrimonio y de la memoria histórica y colectiva de la ciudad blanca.

Popayán en este momento tiene un gran número de dinámicas que han intervenido en el desarrollo del sector histórico, entre los que se pueden encontrar, por ejemplo, el desmedido crecimiento causa de la migración poblacional, el conflicto armado, la búsqueda de nuevas oportunidades y otros factores que han venido presentándose a partir del terremoto de 1983.

Actualmente estas dinámicas han hecho de la ciudad un hito y nodo de concentración urbana departamental, convirtiéndose en foco de concentración poblacional de diferentes municipios y ciudades que rodean el departamento. Todo esto ha llevado a que la ciudad se localice dentro de las ciudades con mayor cantidad de población y al Cauca en uno de los departamentos con mayor índice de desarrollo (Alcaldía Municipal de Popayán, 2002).

Una dinámica característica de la ciudad en la actualidad, que además a lo largo del tiempo ha estado presente en la transformación y conservación del sector histórico, es la influencia del sector educativo, que de manera escalonada a través del tiempo ha ocasionado la población local y regional le hallan denominado ciudad universitaria. En primer lugar, se encuentran los primeros monasterios que de manera general hacían parte de la traza, o núcleo poblado de ciudades, teniendo en cuenta que el mundo intelectual de la época se encontraba estructurado por la fe en las jurisdicciones del Nuevo Reino de Granada y la Gobernación de Popayán. La creación de monasterios y de templos hacían parte de los mandatos de la corona, quienes se autodenominaban los fundadores, patronos y seculares religiosos, que, según sus contemplaciones como una orden religiosa, se instalara en la población en la que residía. Además de evidenciar algunas características espaciales de esas estructuras, así como la misión doctrinal, tanto laica y religiosa, que fomentaron, se resaltarán que eran espacios dinámicos que estaban conectados con la sociedad.

En segundo lugar, aparecen los colegios, que fueron establecidos a partir del siglo XVII, estando su fundación asociada directamente a los patronos, y teniendo además, sus espacios arquitectónicos afines a los monasterios, consistiéndose en edificaciones con claustro que generalmente estaban acompañadas de una iglesia, como es el caso de la Institución Educativa San Agustín, primer caso de estudio, y que se fundó como escuela por parte de las hermanas Vicentinas, oriundas de Francia, y que con los años se convirtió en institución educativa gracias a la motivación de las familias distinguidas de la ciudad, que reconstruyeron sobre las ruinas del templo original de San Agustín en el sector histórico de la ciudad.

Por otro lado, el Centro Pedagógico Creativo del Cauca, segundo caso de estudio, institución educativa de carácter privado y con una trayectoria de 17 años de funcionamiento, corresponde al acondicionamiento de una casona construida a mediados del siglo XVII<sup>3</sup>. El Centro

---

<sup>3</sup>El marco exterior de la puerta principal refleja la fecha en la que fue construido (1827), sin embargo, la casona tiene características propias de las edificaciones construidas para los miembros de la corona y familias españolas

Pedagógico Creativo Del Cauca se acondiciono a una estructura que como uso original tuvo el de vivienda, sin embargo, teniendo en cuenta la distribución de las manzanas del sector histórico de la ciudad dispuestas en Damero, y la influencia del modelo constructivo de los monasterios, las casonas del sector histórico comprenden detalles característicos de sus edificaciones, como lo son la materialidad, el lenguaje arquitectónico, siendo semejantes particularmente al de los monasterios del siglo XVII, siendo casonas que cuentan con patios centrales y las galerías perimetrales similares a las de los monasterios. El Centro Pedagógico del Cauca, se acondicionó a esta morfología de casona para poder funcionar, partiendo por el uso de suelo que se transforma de vivienda a institucional, en el que debe cumplir con algunos requisitos que en la actualidad establecen los mandatos legales emanados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN); en segundo lugar, para poder proponer intervención o modificaciones en el inmueble, se necesita de un análisis especializado, debido a su nivel de conservación y, por tanto, también existe un nivel de vulnerabilidad por deterioro además de la intervención y adecuación.

Para abordar el tema de la Gestión de Riesgos del Patrimonio Cultural, en adelante GRPC, se parte por delinear ciertos conceptos cruciales sobre patrimonio cultural, pues la teoría formulada al respecto es dinámica, cambiante y resulta de gran importancia para la sociedad actual. Para abordar la temática central se han utilizado conceptos vinculados con los riesgos, el patrimonio cultural y su gestión, para posteriormente integrarlos con mayor detalle al enfoque aquí abordado. Finalmente, se han incluido los aspectos más relevantes de la metodología desarrollada por el Instituto Canadiense de Conservación (CCI), el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM), y la Agencia de los Países Bajos para el Patrimonio Cultural (RCE). La gestión de riesgo abarca la evaluación, análisis, propuestas, planes y otros aspectos vinculados a la práctica de una organización pública/privada, con el objetivo de minimizar el riesgo en el momento de la toma de decisiones sobre la gestión del patrimonio cultural. (Santander, 2017)

Después de realizar el análisis de toda la información se propone una metodología de baremación los baremos son una tabla de cálculos que permiten dejar establecidos unos parámetros o criterios que permiten Valorar un bien inmueble educativo y patrimonial.

---

distinguidas de la época, que se asentaron en los alrededores de la plaza principal, lo que evidencia que su construcción es propia del siglo XVII.

El objetivo será obtener unos puntajes y categorías con los que se podrá determinar el nivel de vulnerabilidad de los inmuebles estudiados. El propósito de esta metodología de baremación es que también podría aplicarse a varios inmuebles, y la calificación final permitiría escoger la alternativa más viable. Finalmente, ésta sería una herramienta que ayudaría a la toma de decisiones para intervenciones futuras en cada inmueble.

## 6. METODOLOGÍA

Considerando que no existe una metodología estándar para la evaluación de la vulnerabilidad física ante sismos que se aplique a este contexto, fue necesario proponer y adaptar una metodología que responda a las condiciones particulares de las edificaciones estudiadas tomando como cimiento el método de investigación heurístico, mediante el que se desarrollan las siguientes etapas:

- a) Identificar el problema
- b) Definir y presentar el problema
- c) **Explorar las estrategias viables**
- d) Lograr la solución
- e) Y volver para evaluar los efectos de las actividades.

Se decide trabajar para cada objetivo un método con el fin de dar cumplimiento al objetivo general planteado en esta investigación. En este punto de la propuesta para estimar la vulnerabilidad física, donde ya se ha identificado, definido y presentado el problema, entramos en la etapa de exploración de estrategias viables para dar soluciones. Por lo anterior, se plantean propuestas para realizar el análisis de vulnerabilidad física de los edificios, estableciéndose ésta por objetivos.

### Métodos de investigación utilizados



**Figura 13.** Herramientas para obtener y analizar datos.

## Técnicas e instrumentos de recolección de la información

### 6.1 Fase 1: Análisis de variables

Para dar cumplimiento al primer objetivo de la investigación, se recurre al **análisis cualitativo** de los atributos de cada edificio. Por medio de la observación en campo se logra identificar de forma clara el estado real de cada inmueble. Esta etapa se ha denominado “diagnóstico del estado de las edificaciones” y corresponde a la FASE 1 de esta investigación.

Antes de realizar el trabajo de campo se realiza el análisis y escogencia de un número determinado de variables cualitativas que permitan reconocer de forma clara las patologías, características y atributos de los inmuebles; variables que se describen y evidencian adelante en el capítulo I.

#### Descripción de las variables de vulnerabilidad física. Método propuesto



Figura 8. Variables objeto de análisis en el trabajo de campo.

#### VARIABLES vulnerabilidad estructural

Definida como el grado de susceptibilidad en que pueden afectarse los elementos que componen el sistema de soporte de la edificación, se conforma de las siguientes variables:

- **Sistema de soporte:** se determina el sistema del que se encuentra construida la estructura del edificio (si es visiblemente notoria).

- **Materialidad de muros:** se refiere a la calidad de los materiales utilizados para la construcción, los que garantizan una adecuada resistencia y capacidad de la edificación para absorber y disipar la energía sísmica. Materiales frágiles y poco resistentes, con discontinuidades, se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Así mismo, los muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos (AIS, 2001).

Utilización de materiales como madera, barro, caña, pañetes de cal, entre otros, se consideran elementos constructivos con bajas capacidades para enfrentar un sismo por las carencias sismorresistentes en sus componentes.

- **Distribución de muros y continuidad vertical:** la dirección, la cantidad y la continuidad de los muros existentes en una edificación pueden llegar a incrementar o disminuir el colapso estructural en el momento de un sismo. Así mismo, se podría clasificar los muros como estructurales (aquellos que presentan continuidad vertical, desde la cimentación hasta el diafragma superior del nivel considerado, que no tienen ningún tipo de aberturas y que está confinado) o no estructurales (son aquellos muros que cumplen la función de separar espacios dentro de la casa y que no soportan ninguna carga adicional) NSR 10. TÍTULO E.
- **Estado de conservación de la construcción:** se analizan las condiciones de deterioro representadas en lesiones físicas (humedad, erosión, etc.), mecánicas (deformaciones, grietas, fisuras, desprendimientos, etc.) y químicas (eflorescencias, oxidaciones, corrosiones y organismos como plantas e insectos); que de acuerdo con el Colegio Oficial de Arquitectos (1991), pueden ocasionar la pérdida de las propiedades mecánicas y, por ende, la disminución de la resistencia de los elementos constructivos.
- **Configuración y forma de la edificación:** como lo indica Cardona (1989), uno de los aspectos de mayor incidencia en el comportamiento de las edificaciones frente a la amenaza sísmica, es su configuración en planta y en altura. Si una edificación posee una forma regular, simétrica y simple, horizontal y verticalmente, con plantas cuadradas o rectangulares no muy alargadas, su comportamiento será mejor que si su configuración es asimétrica, irregular y complicada, como, por ejemplo, plantas en forma de L, T, H, entre otras. En general, la asimetría y la falta de regularidad de la edificación puede causar torsiones, que a su vez producen concentraciones de

esfuerzos en la estructura, generando fallas o rompimientos locales que pueden llegar a comprometer la estabilidad global de la construcción (Cardona, 1989).

- **Fijación de instalaciones y Acabados:** los componentes de una edificación como tabiques divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas, e instalaciones, deben estar bien adheridos o conectados, de lo contrario, podrían llegar a desprenderse fácilmente ante un movimiento sísmico.
- **Número de pisos:** entre más pisos tenga una edificación su peso será mayor y por lo tanto las fuerzas inerciales se incrementarán.
- **Tipo de cubierta:** los elementos portantes de las cubiertas, de cualquier material, deben conformar un conjunto estable para cargas laterales, por tanto, se deben disponer sistemas de anclajes en los apoyos y suficientes elementos de arriostamiento como tirantes, contravientos riostras, etc., que garanticen la estabilidad del conjunto.  
De igual forma, el peso de la cubierta puede llegar a ocasionar un efecto de péndulo invertido causando grandes esfuerzos sobre los elementos de apoyo.

### **Variables de vulnerabilidad no estructural**

La vulnerabilidad no estructural está determinada por aspectos que no hacen parte de la estructura física del edificio pero que son de gran relevancia para el inmueble, pues la identificación de las mismas nos pueden llevar a conocer a fondo el diseño de la edificación, el tipo de arquitectura, la antigüedad y el contexto en el que se encuentra inmerso el edificio, puesto que el estado de conservación de una estructura y sus modificaciones a través del tiempo, pueden comprometer su integridad frente a un evento sísmico. Dentro de este grupo encontramos las siguientes variables.

- **Conservación tipológica:** aplica a los inmuebles que poseen valores arquitectónicos, de organización espacial y de implantación predial y urbana, que los hacen parte de un contexto a conservar por su importancia en el desarrollo arquitectónico y urbanístico de la ciudad y que son representativos de tipos arquitectónicos de la época en que se construyeron”.

Numeral 2. Artículo 4°. Decreto 606 de 2001.

Así mismo, se relaciona con los elementos compositivos y ornamentales del bien respecto de su origen histórico, su tendencia artística, estilística o de diseño, con el

propósito de reconocer su utilización y sentido estético (molduras, rejas en forja de hierro, aleros, zócalos, portones, cornisas).

- **Antigüedad:** determinada por la fecha o época de origen, fabricación o construcción del bien.
- **Contexto:** las alteraciones en fachada, intervenciones en el lenguaje formal, volumetrías y una lectura en conjunto del edificio, permiten ver las variaciones a través del tiempo, lo que en muchas ocasiones lleva al cambio de la estructura original de la edificación, haciendo que pierda sus propiedades de resistencia a través del tiempo.
- **Valoración del BIEN:** por medio de estos estudios se determinan los niveles de conservación del edificio, edificaciones originales y reconstruidas post terremoto, y el reconociendo de la implementación de la norma. De igual forma, el estado de conservación del inmueble y su evolución en el tiempo se relaciona con su constitución original y con las transformaciones e intervenciones subsiguientes, las cuales deben ser claramente legibles. Las transformaciones o alteraciones de la estructura original no deben desvirtuar su carácter.

#### **Variables vulnerabilidad funcional**

Están determinadas por el uso, los accesos, recorridos, permanencias y la implementación de la norma en su diseño, ya que estos son factores determinantes en el momento de decidir si el inmueble puede seguir prestando el servicio para el que fue construido. Aunque las edificaciones desarrollen un buen desempeño estructural frente a las solicitaciones sísmicas, se puede presentar un "colapso funcional" (Cardona, 1989), que puede ser aún más grave que una falla en los elementos de la propia estructura. En este apartado encontramos las variables enunciadas a continuación.

- **Usos del suelo:** la edificación cuya destinación inicial fue vivienda, y han sufrido importantes transformaciones, principalmente subdivisiones y adiciones para habilitar espacios adicionales que cumplan con el uso actual, como servicios educativos, pueden llegar a generar un tipo de colapso en el momento de un sismo.
- **Función del edificio:** es evidente que el cambio del uso del suelo conlleva a la transformación obligatoria de los edificios, por tanto, pueden llegar a ser modificados los accesos, recorridos y las estancias de los mismos, siendo obstruidas y el hilo

perceptivo que vincula los espacios en un momento de evacuación puede llegar a generar colapso.

- **Norma:** la implementación de la normatividad a través de la historia. Mediante esta variable se pueden las características constructivas de cada inmueble y su nivel de diseño.

### **6.1.2 Trabajo de campo**

Es importante aclarar que, para realizar un diagnóstico físico a una edificación, es necesario contar con mecanismos de análisis avanzados que permitan realizar apiques o sondeos, entre otros, para así conocer el funcionamiento y la conformación estructural del inmueble, sin embargo, los costos de este tipo de estudios son demasiados elevados. Debido a ello se optó por la técnica de la inspección visual como un primer acercamiento a la vulnerabilidad del edificio, pues es evidente que aun para saber si es necesario un análisis estructural o un modelo matemático avanzado, se requiere en primera instancia de una inspección que permita diagnosticar acciones futuras. La inspección visual también contribuye a conocer de una manera global el estado de las edificaciones para la toma de decisiones relacionadas con la intervención de los inmuebles.

Para hacer un reconocimiento del estado real del inmueble, fue necesario realizar varias visitas a los edificios, en las que se evidenció y registró las variables propuestas para el análisis de los inmuebles estudiados. Para registrar en campo toda la información requerida fue necesario realizar una ficha para recolección de la información, como se muestra a continuación:

**Ficha para recolección de información.**

NOMBRE DEL EDIFICIO	Institución educativa San Agustín	ALTURA EDIFICACION	3 pisos	Comuna 4
NOMBRE DE GUIA	Hipólito rivera (conserje)	USO ACTUAL	Educativo	
FECHA VISITA	08/julio/2019	Número de personas: 1.500	USO ORIGINAL	Educativo

**Variables estructurales**

1. Sistema de soporte.

Registro fotográfico N°

2. Muros .

Registro fotográfico N°

3. Estado de conservación de la edificación

Registro fotográfico N°

3. Fijación de instalación y acabados

Registro fotográfico N°

5. cubierta

Registro fotográfico N°

Datos generales del edificio

Datos de la estructura del edificio y del estado actual del mismo.

numero del Registro fotográfico

**Figura 9.** Frente de la ficha para recolección de información.

**Ficha para recolección de información.**

**Variables no estructurales.**

1. Conservación tipológica.

Registro fotográfico N.

**OBSRVACIONES.**

Datos de fachada y contexto.

**Figura 10.** Reverso ficha para recolección de información.

La ficha permite recopilar los datos básicos y necesarios de forma escrita, entre los que se encuentran fecha de visitas, comuna a la que pertenece el inmueble, uso actual y uso original, nombre del guía o número de pisos, así como las variables objeto de análisis (sistema de soporte, estado de conservación de la edificación, tipo y estado de cubierta, fijación de instalaciones y acabados, conservación tipológica, etc.).

Equipo requerido. Para desarrollar las actividades en campo fue necesario utilizar una cámara fotográfica, registrando el estado actual de los inmuebles, una cinta métrica para hacer las respectivas mediciones de manera precisa, los formularios para el levantamiento de información en el sitio de trabajo, lápices y borrador.

### **6.1.3 Colección de documentos**

Colección de documentos (fotografía y video). Para comparar el estado del inmueble con los registros anteriores, fue importante tener un registro de los antecedentes del edificio con el fin de evidenciar el estado de la edificación a través del tiempo, para lo que se acudió al archivo histórico y a los propietarios de los inmuebles.

Gestión y chequeo de planos existentes. Fue importante hacer un reconocimiento del lugar por medio de los planos arquitectónicos de los edificios a evaluar, lo que facilitó la diagramación de los espacios, sin embargo, en este ítem nos encontramos que ninguno de los inmuebles tenía planos arquitectónicos de su edificación, obligando a la realización del levantamiento arquitectónico de cada una de los edificios objeto de estudio.

### **6.1.4 Organización y análisis de la información**

Teniendo en cuenta que gran parte de la información obtenida en campo, requería ser analizada, clasificada y procesada, se decidió crear una segunda ficha para evidenciar el trabajo realizado y así dosificar y seleccionar de una mejor manera la información conseguida y cuyos resultados se muestran en el anexo A.1 de igual manera se evidencia en el desarrollo del capítulo I de este documento los resultados o el diagnóstico de la información obtenida de la siguiente manera.

- Levantamiento en 3D. El levantamiento de los inmuebles en 3D es el principal medio para aproximarse al conocimiento profundo de un edificio histórico y una herramienta básica para poder desarrollar el análisis del edificio. No es posible hablar de una edificación histórica si no se conocen de una manera precisa todos sus detalles geométricos, dimensionales y figurativos. Para el desarrollo del levantamiento en 3D se utilizaron herramientas digitales como AUTO CAD y SKETCHUP.

- Ficha del estado real del edificio. Una vez compilados los datos en campo mediante la ficha de trabajo y la obtención del registro fotográfico se procede a elaborar una ficha digital para filtrar, organizar, entender y diagnosticar la información de las variables recolectada de forma cualitativa. Ver anexo 1

Con los planos existentes y los levantamientos en 3D, así como el registro fotográfico obtenido hasta el momento, se identificaron y detectaron zonas con graves problemáticas estructurales que afectan la integridad del edificio, ahondando su tratamiento e información más adelante en el Capítulo I.

### **Fuentes**

Las fuentes primarias de la investigación están basadas en archivos históricos para reconocer la evolución del inmueble, el plan de gestión de riesgo y desastre de la ciudad de Popayán y de cada claustro, para analizar así protocolos de respuesta ante sismos y el manejo de la vulnerabilidad física, si es que lo integran a su plan.

Para este caso serán entendidas como fuentes secundarias el inventario de trabajo de campo, entrevistas, fotografías, periódicos, libros y monografías sobre los edificios, así como el análisis de la vulnerabilidad física realizado por otras personas.

Una vez concluida la primera fase se inicia con el desarrollo del segundo objetivo, con el que se busca desplegar una propuesta metodológica para determinar la posible vulnerabilidad física de los inmuebles objeto de estudio.

## **6.2. Fase 2: propuesta metodológica para determinar la vulnerabilidad física.**

Para dar cumplimiento al segundo objetivo planteado en el presente trabajo de investigación, que se centra en crear una metodología para el análisis de la vulnerabilidad física, recurrimos al **método de baremación**, enmarcado dentro del análisis cuantitativo de investigación. este método implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas y matemáticas para obtener resultados.

### Calificación de las variables para el análisis de la vulnerabilidad física

Recurriendo al baremo, que consiste en establecer un rango de evaluación asignado a cada variable escogida y presentada anteriormente, así como realizando la asignación de una categoría de calificación según los criterios técnicos encontrados a través de la investigación y los conocimientos adquiridos en la academia, se tiene que:

Matriz de criterios de calificación para aplicar a las variables

10	Criterios que señalan que la variable <b>NO cumple</b> con las condiciones técnicas necesarias para que su estructura pueda afrontar un sismo.
5	Criterios que indican que en la variable analizada puede llegar a generar inconvenientes de manera parcial en el momento de una eventualidad sísmica.
1	La variable muestra condiciones visuales que señalan que puede afrontar un sismo sin generar daños graves o parciales a su estructura.

**Tabla 1.** Valores aplicados a cada variable.


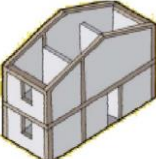
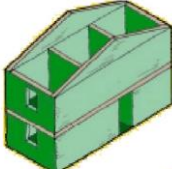
La ponderación se realizó asignando tres (3) niveles de calificación a cada variable, de la siguiente manera:

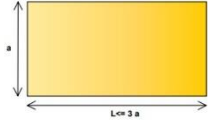
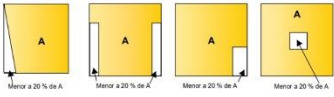

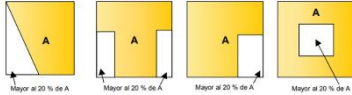
Cada uno de los indicadores explicados recibe una calificación que puede ser de 1, 5 o 10, aplicado a cada variable, siendo éste el último la condición más desfavorable para el edificio, haciéndose necesaria la atención e intervención inmediata, La segunda calificación (5) corresponde a los parámetros intermedios de resistencia del elemento analizado y la primera calificación (1) a una condición favorable para la descripción de los criterios de calificación para el análisis de la vulnerabilidad física aplicado a las variables

Cada uno de las variables escogidas para el análisis de la vulnerabilidad física ante escenarios de amenaza por sismo, son relevantes en el comportamiento sísmico de una edificación, y su incidencia varía de manera considerables de acuerdo a los siguientes factores:

**Matriz de calificación de la Vulnerabilidad estructural.**

VARIABLE	DETERMINANTES		
<b><u>Sistema de soporte</u></b> se determina el sistema del que	<b>Mampostería confinada MC</b>	<b>Mampostería Parcialmente confinada (MPC)</b>	<b>Mampostería no confinada (MCN)</b>
	Norma NSR 10 vigente		

está construida la estructura del edificio.	 Edif. en mampostería confinada (MC)	 Edif. en mampostería parcialmente confinada (MPC)	 Edif. en mampostería no confinada (MNC)
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>
<b><u>Materialidad de muros</u></b>	<b>Concreto reforzado</b>	<b>Farol, bloque concreto y la mezcla de varios</b>	<b>Muros de ladrillo cocido, adobe, piedra pegada o tapias de tierra sin elementos de amarre o uniones fuertes</b>
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>
<b><u>Distribución de muros y Continuidad vertical.</u></b>	<b>No hay continuidad de muros</b>	<b>En algunas zonas del edificio hay continuidad de muros</b>	<b>Continuidad de muros</b>
	No hay continuidad en los muros, aumentándose las cargas o el peso sobre el primer piso sin contribuir a la resistencia global de la edificación.	Se aumentan las cargas o el peso hacia una sola zona.	Existe una continuidad vertical de los elementos de soporte del edificio, desde los cimientos hasta la cubierta.
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>
<b><u>Estado de conservación de la construcción</u></b>	<b>Buen estado</b>	<b>Estado regular</b>	<b>Estado malo</b>
	Cuando el inmueble presenta una buena conservación arquitectónica y estructural.	Cuando se evidencia el deterioro del edificio en su conservación representado en lesiones físicas	Cuando el inmueble está en un grado alto de deterioro de la estructura y la unidad arquitectónica se encuentra en estado ruinoso.

Condiciones de deterioro		que se pueden subsanar fácilmente.	
	<b>CALIFICACION</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACION</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACION</b> <b>10</b>
<b><u>Configuración y forma</u></b>	<b>Regularidad en planta</b>		<b>Irregularidad en planta</b>
	 <p>Una edificación es regular en planta si: a. <math>L \leq 3a</math> (Largo menor o igual a tres veces su ancho).</p>  <p>b. Su área en planta cumple alguna de las condiciones mostradas. Donde A es el área construida de la edificación.</p>	<p>No aplica criterios intermedios ya que una planta es o no irregular de esta forma de determina su estabilidad estructural.</p>	 <p>a. <math>L &gt; 3a</math> (Largo mayor a tres veces su ancho)</p>  <p>b. Su área en planta cumple con las condiciones graficadas.</p>
	<b>CALIFICACION</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACION</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACION</b> <b>10</b>
<b><u>Fijación de instalaciones y acabados</u></b>	<b>No hay Elementos sueltos, ni deformes en el edificio</b>	<b>Algunos elementos se encuentran sueltos.</b>	<b>Presencia de elementos sueltos y deformes en el edificio</b>
	El edificio cuenta con todos sus elementos arquitectónicos bien adheridos o conectados sin interactuar con la	Se evidencian alguna zona con problemática de fijación e instalaciones, así	El edificio NO cuenta con elementos arquitectónicos bien adheridos o conectados y estos interactúan con la estructura; mostrándose

	estructura, de manera que en el momento de un sismo no pueden ser desprendidos con facilidad.	como lesiones físicas en sus acabados	sensibles ante algún movimiento sísmico.
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>
<b><u>Número de pisos</u></b>	<b>1 piso</b>	<b>2 pisos</b>	<b>Mas de 2 piso</b>
Entre más pisos tenga una edificación su peso será mayor y, por tanto, las fuerzas inerciales se incrementarán.	Si el inmueble es de un piso se considera que el nivel de vulnerabilidad es bajo.	Si el inmueble es de dos pisos se considera que el nivel de vulnerabilidad es moderado.	Si el inmueble es de más de dos pisos se considera que el nivel de vulnerabilidad es alto.
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>
<b><u>Tipo de cubierta</u></b>	<b>Cubierta liviana</b>	<b>Cubierta de peso moderado</b>	<b>Cubierta pesada</b>
	Teja de zinc	Teja de asbesto cemento	Teja de barro, losas de entrepiso aligeradas o macizas y la combinación de teja de barro y asbesto cemento.
	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>1</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>5</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> <b>10</b>

**Tabla 2.** Matriz de calificación factores de vulnerabilidad estructural.

### Matriz de calificación de aspectos NO ESTRUCTURALES

<b>VARIABLE</b>	<b>DETERMINANTES</b>		
	<b>Autenticidad del bien</b>	<b>Intervenciones al inmueble</b>	<b>Alteraciones y modificaciones en fachada</b>

<b>Conservación tipológica.</b>	Manejo de proporciones y eje simétrico en el conjunto de la fachada y su contexto, lo que conduce a determinar la originalidad del bien o su conservación adecuada en el transcurso del tiempo. (aleros, zócalos, portones, cornisas, molduras, color. etc)	Se detecta la reconstrucción física, pero con pérdida de los valores arquitectónicos significativos a través de la renovación o construcción adecuada o inadecuada a través del tiempo. Esta condición requeriría de estudios más detallados	Rompe con el contexto y la tipología arquitectónica por la intervención inadecuada en el tiempo, debilitando la estructura original del edificio.
	<b>CALIFICACIÓN 1</b>	<b>CALIFICACIÓN 5</b>	<b>CALIFICACIÓN 10</b>
<b>Antigüedad (año de construcción)</b>	<b>Periodo NORMALIZADO</b>	<b>Post terremoto</b>	<b>Pre terremoto</b>
	A partir del año 2010 se enmarca con la adopción del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NRS 10. La anterior norma reglamenta las condiciones con las que se debe contar en las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable. Además de la adopción del PEMP y su rigurosidad para la protección de los inmuebles con catalogación de bien de interés cultural (BIC)	Inicia en el año 1983 hasta 2010, en este periodo se inicia la concientización y un riguroso proceso normativo dirigido a las construcciones, que con el transcurso del tiempo ha sufrido diversas actualizaciones periódicas basadas con los avances de las ciencias y la ingeniería.	Según el POT, se entiende por preterremoto a lo Colonial, de 1537 a 1810 y republicano de 1810 a 1906. Se forma el núcleo inicial en torno a la plaza mayor, hoy Parque de Caldas. La urbanización es compacta, de carácter rustico y responde a un sistema simple pero ordenado de agrupaciones de las funciones urbanas. Sin embargo, debido a la antigüedad de la construcción, cuyos materiales posiblemente han perdido sus propiedades resistentes, y una

			probable baja calidad inicial de los mismos, así como la falta de control y la dudosa calidad de mano de obra, no permiten garantizar un nivel de sismo resistencia alto.
	<b>CALIFICACIÒN 1</b>	<b>CALIFICACIÒN 5</b>	<b>CALIFICACIÒN 10</b>
<b><u>Valoración del bien</u></b> Se propone su conservación obligatoria y rigurosa en el tiempo.	<b>Conservación integral</b>	<b>Contextual</b>	<b>Arquitectónico</b>
	Permite la conservación del inmueble de forma rigurosa.	Precede algunos de los valores en el contexto, los que deben ser conservados, obligando a su conservación rigurosa en fachada, sin embargo, permite ser intervenido de manera parcial.	Puede ser intervenido bajo parámetros de diseño, sin embargo, la población altera la estructura inicial sin ningún tipo de criterio técnico.
	<b>CALIFICACIÒN 1</b>	<b>CALIFICACIÒN 5</b>	<b>CALIFICACIÒN 10</b>

Tabla 3. Matriz de calificación factores de vulnerabilidad no estructurales.

### Matriz de calificación de aspectos funcionales

<b>VARIABLE</b>	<b>DETERMINANTE</b>		
	<b>Conserva uso original</b>	<b>Conserva parcialmente su uso original</b>	<b>No conserva su uso original</b>
<b>Usos del edificio.</b>	Sigue prestando el servicio para el que fue creado el edificio.	A pesar de haber un cambio en el uso del suelo, no hay modificaciones espaciales, arquitectónicas, ni estructurales en el inmueble que representen un daño significativo a la estructura del mismo.	Conlleva a generar modificaciones espaciales y estructurales del inmueble, además de la incrementación de cargas al edificio, lo que generaría algún tipo de colapso en el momento de un sismo.
	<b>CALIFICACIÒN 1</b>	<b>CALIFICACIÒN 5</b>	<b>CALIFICACIÒN 10</b>

<b>Función del edificio</b>	<b>Accesos recorridos y permanencias claros</b>	<b>Hay accesos y recorridos claros, pero se encuentran intervenidos.</b>	<b>No hay accesos recorridos y permanencias claros</b>
	El inmueble presenta todos sus recorridos y accesos de forma clara y no intervienen en el flujo de población permanente del mismo, estableciéndose circulaciones claras.	El edificio cuenta con todos los recorridos y acceso definidos, sin embargo, éstos se encuentran intervenidos debido a modificaciones en su estructura que podrían permitir volver a su originalidad fácilmente.	Las circulaciones se ven obstruidas y el hilo perceptivo que vincula los espacios dentro de la edificación, así como los accesos no cumplen con los parámetros idóneos de diseño.
	<b>CALIFICACION 1</b>	<b>CALIFICACION 5</b>	<b>CALIFICACION 10</b>
<b>Normativa</b>	<b>Con norma</b>		<b>Sin norma</b>
	El edificio ha sido intervenido con el fin de adaptarse a la normativa vigente		El edificio no contempla ninguna regla constructiva actualizada.
	<b>CALIFICACION 1</b>	<b>CALIFICACION 5</b>	<b>CALIFICACION 10</b>

**Tabla 4.** Matriz de calificación factores de vulnerabilidad funcionales.

Así mismo, se asignó una calificación global, para que, una vez obtenidos los valores individuales, al calcular la sumatoria de valores de las variables se pueda tener el nivel de criticidad de la edificación.

#### **Modelamiento para el cálculo del porcentaje de vulnerabilidad física global.**

Una vez obtenida la calificación global, se ha diseñado un modelo matemático con el fin expresar la vulnerabilidad física del inmueble de forma porcentual, esto con miras a que el modelo propuesto sea fácilmente aplicable a cualquier inmueble, sin importar la cantidad de variables analizadas o el tipo de inmueble objeto de estudio. De igual forma, se busca que a través de una expresión porcentual sea mucho más fácil la lectura o interpretación de los resultados del análisis de la vulnerabilidad física del inmueble, por parte de cualquier persona.

El modelo matemático propuesto es el siguiente:

$$\%V_f = \frac{c_g}{\sum_{imáx=1}^n C_{imáx}} * 100\% \quad (1)$$

Donde:

$\%V_f$ : Porcentaje de vulnerabilidad física

$c_g$ : Calificación global del inmueble (sumatoria de todas las variables)

$C_{imáx}$ : Calificación máxima en cada variable

$n$ : Cantidad de variables

En la expresión propuesta se establece el cociente entre la calificación global obtenida al realizar el análisis del inmueble y la sumatoria del puntaje máximo que se puede obtener en cada variable, obteniendo como resultado una razón de vulnerabilidad que se encuentra entre cero puntos cero (0.0) y uno punto cero (1.0). Finalmente, se aplica un producto entre el resultado anterior y el ciento por ciento (%100), de tal manera que se exprese un resultado final en términos porcentuales que haga mucho más fácil la lectura de la vulnerabilidad física del inmueble.

Para los casos de estudio y el método de análisis propuesto,

$$n = 14 \quad (2)$$

$$\sum_{imáx=1}^n C_{imáx} = 140$$

De esta manera la expresión propuesta tomará la siguiente forma:

$$\%V_f = \frac{c_g}{140} * 100\% \quad (3)$$

Ahora bien, con finalidad de acotar y establecer intervalos porcentuales que permitan clasificar el porcentaje de vulnerabilidad física como bajo, moderado o alto, se aplicarán a la

expresión anterior los valores mínimos y medios posibles para la calificación global del inmueble, de la siguiente manera.

Cuando se consigue la calificación mínima posible en cada una de las catorce variables analizadas, se obtiene que  $c_g = 14$ , si reemplazamos este valor en la expresión (3), se obtiene

$$\%V_f = \frac{14}{140} * 100\%$$

$$\%V_f = 0.1 * 100\%$$

$$\%V_f = 10\% \quad (4)$$

Por otra parte, cuando se consigue una calificación donde cada una de las catorce variables analizadas son calificadas con el puntaje intermedio, se obtiene que  $c_g = 70$  y si reemplazamos este valor en la expresión (3), se obtiene

$$\%V_f = \frac{70}{140} * 100\%$$

$$\%V_f = 0.5 * 100\%$$

$$\%V_f = 50\% \quad (5)$$

Con la información obtenida en las expresiones (4) y (5), se ha establecido la siguiente Matriz de calificación global de vulnerabilidad física porcentual en edificios históricos educativos.

Método propuesto

Vulnerabilidad alta	Alta probabilidad de que la estructura del edificio sufra daños ante un sismo	> 50%
Vulnerabilidad moderada	(Dudoso) Requiere estudios más detallados	> 10% – ≤ 50%
Vulnerabilidad baja	Edificación segura	≤ 10%

**Tabla 5.** Ponderación de vulnerabilidad física aplicada.

El objetivo de la matriz de calificación global no es la evaluación exacta del nivel de vulnerabilidad de las edificaciones, sino, el nivel de planteamiento de un mecanismo de calificación rápida (anexo ficha desarrollada en la aplicación Microsoft Office Excel) que utilice la información básica y de fácil lectura visual de un inmueble; y que de esta manera se prioricen acciones o se tomen decisiones en el momento de gestionar el riesgo o plantear acciones futuras de mayor envergadura.

La plantilla programada en Microsoft Office Excel (ver anexo 2) se creó con el objetivo de generar facilidad y rapidez en las operaciones aritméticas. En la hoja de cálculo se introdujeron los datos numéricos de calificación basados en los criterios técnicos y científicos encontrados a lo largo de esta investigación, lo que permite calcular el tipo de vulnerabilidad del inmueble de manera rápida y eficaz.

VARIABLES ESTRUCTURALES		VARIABLES NO ESTRUCTURALES	
VARIABLE	ALIFICACIÓN	VARIABLE	ALIFICACIÓN
Sistema de soporte	5	Conservación tipológica	1
Materialidad de muros y continuidad vertical	1	Antigüedad, año de construcción	5
Distribución de muros y continuidad vertical	5	Valoración del bien	5
Conservación de la tipología	1	<b>Total</b>	<b>11</b>
Instalaciones y equipos	1	VARIABLES FUNCIONALES	
Configuración y forma	10	VARIABLE	ALIFICACIÓN
Número de pisos	10	Uso del suelo	1
Tipo de cubierta	10	Función del edificio	10
<b>Total</b>	<b>43</b>	Aplicación de normativa sísmica resistente en el proceso de construcción	5
		<b>Total</b>	<b>16</b>

VARIABLE	SUMEN CALIFICACIÓN
VARIABLES ESTRUCTURALES	43
VARIABLES NO ESTRUCTURALES	11
VARIABLES FUNCIONALES	16
<b>CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL BIEN</b>	<b>70</b>

$$n = 14 \quad \sum_{i=1}^n C_{max} = 140 \quad C_g = 70$$

$$\%V = \frac{C_g}{\sum_{i=1}^n C_{max}} \times 100\%$$

$$\%V = 50\%$$

**ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA: VULNERABILIDAD MODERADA.**

**Figura 11.** Plantilla de calificación desarrollada en Microsoft Office Excel.

Es así como se logró identificar de forma cuantitativa los elementos que hacen referencia al estado físico de la edificación, comprendidos entre las variables de lo estructural, no estructural y lo funcional, así como en el nivel en que se encuentra (malo, bueno, regular).

Es importante aclarar que el nivel de vulnerabilidad fue correspondiente a los elementos que presentan mayor deterioro o representan zonas de peligro, constituyéndose como escenario de riesgo dentro del propio inmueble.

- Herramientas. Fichas de trabajo de la fase 1 y Microsoft Office Excel.

Una vez desarrolladas las matrices, se procedió al desarrollo del tercer objetivo específico del trabajo de investigación.

### **6.3 Fase 3: factores que inciden en la vulnerabilidad física de los edificios estudiados**

Esta última fase consistió en dar cumplimiento al tercer objetivo de la investigación y se centró en analizar los resultados obtenidos con las matrices y el diagnóstico de los inmuebles para así identificar de manera general, los factores que tienen mayor incidencia en la vulnerabilidad de cada institución y sus efectos ante un evento sísmico. Así mismo, se desarrolló un taller grupal con la comunidad educativa de cada establecimiento, con el objetivo de tener la opinión de las personas que habitan y recorren constantemente los espacios y de esta manera tener una mirada y percepción global del comportamiento de las edificaciones.

#### **Herramientas e ítems desarrollados**

- **Primero: análisis de factores.**

Para desarrollar este ítem se cuenta con las fichas diagnóstico (ver anexo 1) y las matrices desarrolladas en el capítulo II, donde se recopila toda la información trabajada y los resultados finales de los inmuebles analizados, detectando así factores puntuales que acrecientan la vulnerabilidad física de los inmuebles y los posibles efectos ante los eventos sísmicos.

- **Segundo: taller grupal “Recorriendo y Analizando mi espacio”**

Con el objetivo de ampliar, indagar, conocer y acercarnos más a la realidad de cada edificio, se desarrolló un taller participativo por fases mediante la metodología de análisis de la vulnerabilidad por colores. Que de una manera general y cualitativa permitió desarrollar el análisis de los factores vulnerables de cada edificio desde la perspectiva de la comunidad, con el fin de establecer zonas que la población, de acuerdo a sus vivencias, considera un riesgo para el inmueble y para ellos mismos ante la ocurrencia de un sismo. Para el desarrollo del taller se prepararon los siguientes temas por fases.

Fase 1. Conceptos previos.

Antes de abordar la temática de mapeo sobre los planos de cada institución fue importante aclarar algunos conceptos concernientes a la vulnerabilidad general, donde se recalcó en el concepto de vulnerabilidad física. Paralelo a esto se trabajaron los conceptos básicos de amenaza y riesgo.

De igual manera se contextualizó el tema del sismo y mediante un video del terremoto de 1983 de la ciudad de Popayán, se sensibilizó a la comunidad de cada institución y se puso en contexto.

#### Fase 2. Mapeo y grafismo de las zonas de vulnerabilidad física.

Se realizaron grupos de 3 a 5 personas a quienes se les entregó un juego de planos correspondientes a cada institución, la actividad consistió en que cada grupo enmarcara en los planos de su institución, mediante la asignación de colores, las zonas que consideraban críticas dentro de la infraestructura de cada inmueble o que, en algún momento dado, habían generado una situación de peligro para las personas que recorren constantemente los espacios.

Los colores a trabajar se determinaron así: el color rojo corresponde a zonas o espacios con nivel crítico en su estructura. El color amarillo fue asignado a las zonas o espacios con nivel medio y verde a zonas con nivel bajo. Del mismo modo, mediante flechas señalaron por qué consideraban que la zona escogida representaba un nivel de vulnerabilidad físico para el inmueble y los podría poner en condición de peligro en el momento de la ocurrencia de un sismo.

#### Fase 3. socialización del mapeo.

Una vez trabajados los planos de cada inmueble de forma grupal, se realizó una socialización de los mismos en mesa redonda, donde cada uno de los integrantes expresa y justifica las zonas enmarcadas con cada color, llevándolos a reflexionar acerca de cómo el edificio se comporta ante las variaciones a través del tiempo.

#### Herramientas para desarrollar el taller:

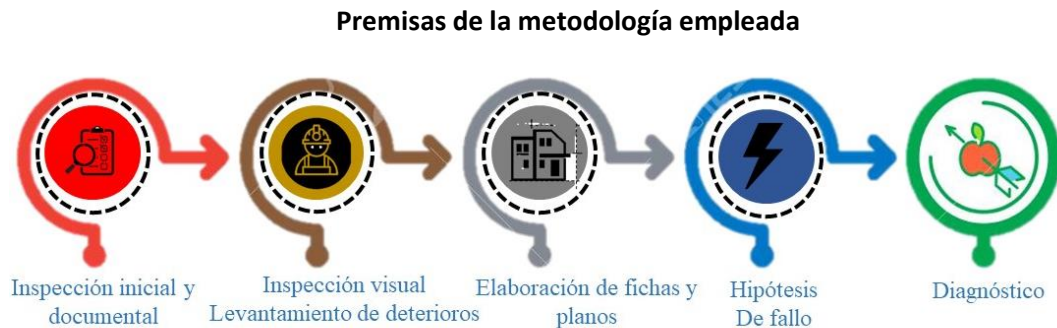
- Planimetría del inmueble actual.
- Lápices y marcadores.
- Video Beam.

## 7. CAPÍTULO I - DIAGNÓSTICO FÍSICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES

### Generalidades

Para elaborar un diagnóstico físico a un inmueble y determinar el grado de vulnerabilidad del mismo, debe intervenir un profesional en el área, quien realizará apiques, sondeos, muestras de suelo, etc. de tal manera que pueda determinar la capacidad portante, asentamientos, entre otros, de la edificación y así establecer el grado de susceptibilidad del inmueble; para lo anterior, además, es de vital importancia contar con planos de diseño arquitectónico y estructurales.

En el caso particular, no se cuenta con información referente a su diseño, que pueda ser usada como insumo para su evaluación, ni con los recursos económicos para realizar análisis avanzados, por tanto, es necesario contar con evaluaciones que, si bien no son tan rigurosas, permitan realizar una valoración cualitativa de cada edificio tal como se explico en la fase metodológica.



**Figura 15.** Guía para el diagnostico

Es por eso que tomamos la **inspección visual**, como método principal para desarrollar este capítulo, siendo ésta la técnica más antigua entre los ensayos no destructivos y también la más usada por su versatilidad y su bajo costo. Aún para saber si es necesario un análisis estructural o un modelo matemático, primero se requiere de una inspección visual para diagnosticar acciones futuras, ésta también contribuye a conocer de una manera global el estado de las edificaciones para la toma de decisiones relacionadas con la intervención del inmueble.

## 7.2 Resultados de la información

- **Diagnostico**

Teniendo como base el esquema de la figura 15 y lo planteado hasta el momento se elabora una ficha con la recopilación de lo encontrado hasta el momento en cada edificio la cual se adjunta en el anexo 1 de este documento.

De igual forma se presenta a continuación las conclusiones de la fase diagnostica de los edificios.

### **Institución educativa San Agustín.**

- Visualmente se evidencia la utilización de concreto dejando a un lado el adobe que es el sistema característico de las construcciones de la zona centro de la ciudad, sin embargo, se encontraron zonas que posiblemente requieren de análisis más detallados debido al problema de esbeltez y luces entre columnas además de deformaciones en zonas de entresijos, Evidenciándose grietas notables y ondulaciones.



- El inmueble evidencia un grado de conservación bastante bueno sin embargo hay zonas específicas en las que se detectó deterioro alto especialmente en la cubierta lo que puede llegar a generar desprendimiento de la misma en caso de un sismo, Así mismo se encontraron materiales constructivos muy antiguos que de no ser sustituidos con refuerzos resistentes generarían colapso en la estructura.



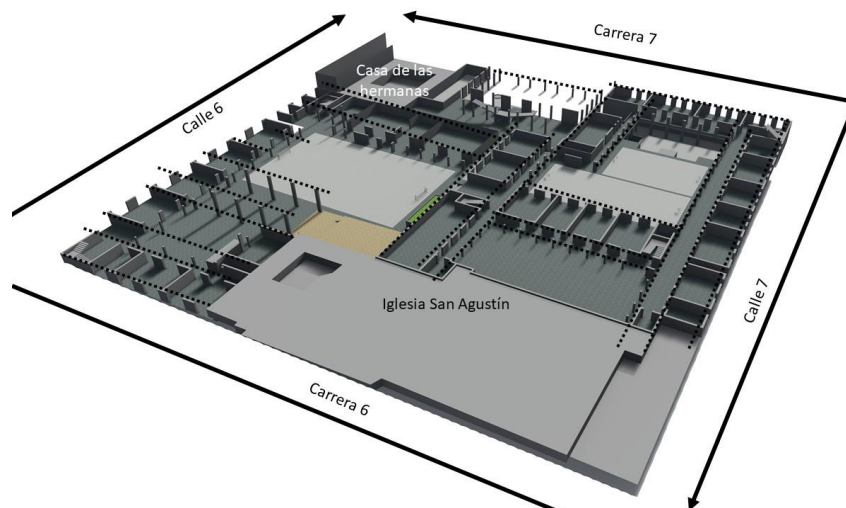
- El edificio muestra algunas zonas puntuales con deformaciones, grietas y desprendimientos de elementos, así como humedades los cuales no han sido intervenidos para su mejoramiento a través del tiempo Lo que ha llevado al debilitamiento y deterioro de la estructura en las zonas donde se presenta esta problemática.



- Se han generado subdivisiones espaciales para crear nuevos usos según la necesidad de la población estudiantil, subdivisiones realizadas de manera improvisada sin elementos estructurales fuertes que se adhieran a la estructura existente. También es importante mencionar que las adiciones generadas alteran la conformación espacial y funcional del edificio sobre todo en tercer piso que es donde más se presenta esta problemática.



- La configuración en planta como se evidencia en el render del primer piso es de forma regular, y la configuración de la forma en las divisiones que tiene como uso las aulas educativas son rectangulares (no muy alargadas) conformándose así módulos internamente simétricos con respecto a los ejes lo que indica que su comportamiento será mucho mejor ante un sismo, llevando a que se genere una estabilidad global del edificio. Así mismo no se evidencian cambios de secciones internas



- Teniendo en cuenta el año de construcción del edificio y la antigüedad de los materiales utilizados hay algunos que necesitan ser sustituidos e intervenidos para su mejoramiento por ejemplo hay puertas en las zonas de baños que por su antigüedad se encuentran desprendidas, ventanales podridos por la humedad, espejos quebrados, fichas de cerámicas sueltas, cableado expuesto y sobretodo desprendimientos en cielos falsos, los cuales en el

momento de un sismo se pueden desprender facilmente y causar lesiones graves en la poblacion que se encuentre en dicho sitio.

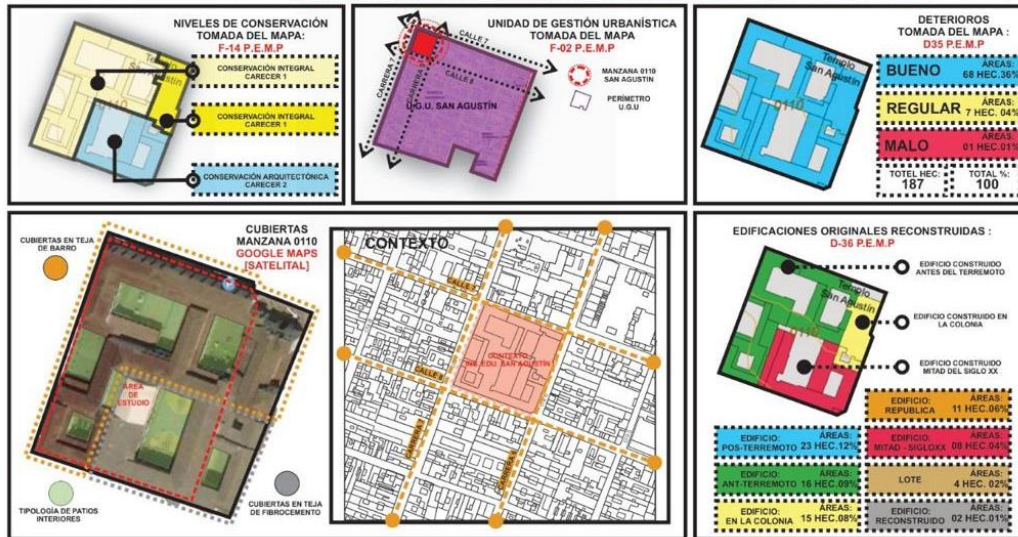


- Los valores arquitectónicos de organización espacial, se destacan por elementos de fachada significativos como molduras, aleros, arcos de medio punto y sócalos. Estos elementos reflejan una autenticidad en el transcurso del tiempo, pues se han mantenido a través de las épocas y su mantenimiento no ha desvirtuado el carácter original del bien. Las fachadas enmarcadas por tres cuerpos y tres niveles, se ven estéticamente separadas por molduras, marcando el cambio de nivel de cada piso. La carpintería de ventanales no presenta elementos faltantes, por el contrario, una buena presentación arquitectónica. Presenta un eje de simetría en la composición de fachada principal y el manejo de proporción en ella, se evidencia el manejo de la cubierta inclinada en buen estado.

Lo anterior evidencia de manera general el buen uso y mantenimiento del inmueble a través del tiempo.



- Dentro de los documentos del plan especial de manejo y protección patrimonial (PEMP), es catalogado por ser un inmueble de conservación integral y arquitectónica, y en los niveles de deterioro tomados del mapa expuesto en la imagen a continuación, presenta un buen estado, y así mismo se puede evidenciar que el uso de este edificio no ha sido alterado ni modificado a través del tiempo, presentando un buen manejo en su conservación según el PEMP.



- La institución educativa san Agustín fue creada para prestar servicios educativos , y hasta la fecha su uso no ha sido modificado, lo que representa una gran beneficio, pues los edificios que prestan un servicio para el que no fueron creados, pueden generar colapso estructural y funcional por el sobrepeso de las cargas vivas y muertas de la edificación.

### Centro pedagógico creativo del Cauca

- De acuerdo al registro fotográfico, se evidencia que el inmueble se construyó con muros en tapia pisada (presencia de nichos), con un espesor de 70 cm aproximadamente; este es un método de construcción con tierra utilizado en la época de la colonia. De acuerdo a la normativa NSR 10, los muros deben ser en bahareque encementado para alcanzar la resistencia adecuada ante movimientos sísmicos, en caso de manejarse esta materialidad como método constructivo para una vivienda.
- El inmueble presenta muros que se han adicionado según la necesidad del uso en materialidades como panel yeso y madera, lo que ha alterado espacialmente la estructura del edificio.



- El inmueble presenta varios tipos de columnas, todas con continuidad vertical, sin embargo, las columnas en madera presentan nivel de deterioro y espesores mínimos para las cargas que recibe, haciéndose necesario un análisis más exhaustivo para determinar posibles fallas.

Así mismo, se evidencia pandeos en las vigas, representando un debilitamiento en la estructura de soporte en el patio 2 de la institución.



- Patio 2: Se evidencia intervenciones con materiales nuevos en pisos e implementación de cerámica.

- Patio 1 : la edificación ha sido alterada y se han reemplazado materialidades en piso por ceramica, sin embargo, se permite la lectura general de la estructura espacial original del inmueble.



- Pasillo acceso patio 3. Se evidencia la utilización de vigas y columnas en madera con nivel de deterioro (pandeo, grietas y malformaciones).



- Cubierta en teja de Barro española con canales metálicos que han sido reemplazados y cambiados hace poco por su alto nivel de deterioro.



- Utilización de la madera como elemento divisorio presenta buen estado de conservación



- Escalinatas en piedra con pasamanos en madera que presentan desajustes en su estructura.



- Utilización de la caña en estructuras internas de desagües.



- La losa de entrepiso en algunas zonas presenta pandeos y agrietamientos.



- En el primer patio se evidencia un nivel de conservación bueno, en general, se puede hacer una lectura clara de la construcción del edificio referido a su estilo colonial. Sin embargo, se encuentra una notable estructura de un extractor de aire industrial que sobresale sobre la cubierta.



- Algunas zonas de Cielo raso y terminales de canales de agua lluvia presentan fracturas.
- Se evidencia la conservación de elementos ornamentales en el primer patio.

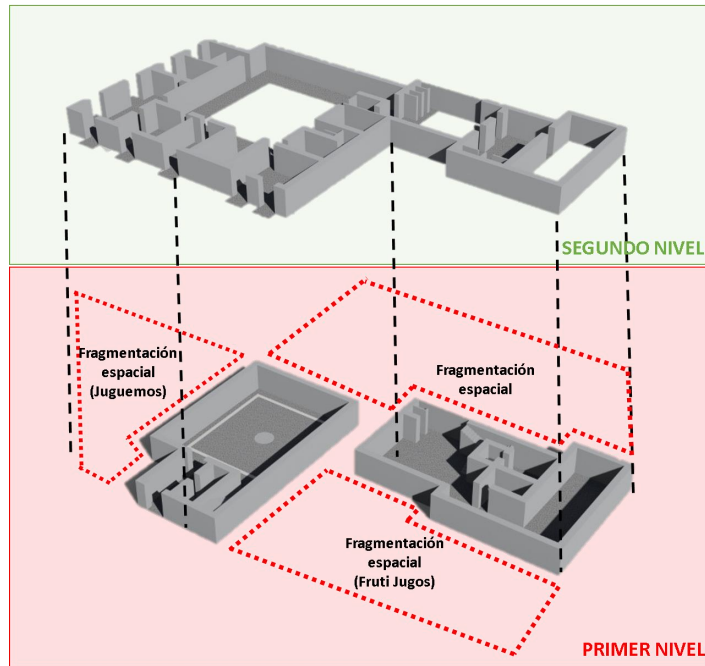
- Instalaciones eléctricas sin recubrimientos.



- Humedad en las edificaciones colindantes que afectan notablemente el edificio objeto de estudio.
- Discontinuidad en la estructura de la edificación y la de sus vecinos, lo que pone en condición de riesgo el patio 3 del inmueble.



- LA configuración en planta como se evidencia en el render es de forma regular y la configuración de la forma en las divisiones que tienen como uso las aulas educativas, son rectangulares (no muy alargadas) conformándose así módulos internamente simétricos con respecto a los ejes, así mismo no se evidencian cambios de secciones internas. Se puede evidenciar una notable fragmentación del espacio el cual corresponde a usos diferentes y las modificaciones para dar función a estos usos, han alterado notablemente la edificación a pesar de que se conservan las formas de los patios interiores coloniales.
- Las fragmentaciones espaciales correspondientes al área de locales comerciales (primer nivel) pueden llegar a generar una condición de riesgo para la misma área en segundo nivel teniendo en cuenta las posibles modificaciones realizadas (discontinuidad de muros y columnas) para lo cual se hace necesario estudios y pruebas más detalladas del inmueble.



- Se evidencian unas notables modificaciones en fachada en primer piso, con la apertura de vanos para dar respuesta a la necesidad del comercio, lo que desvirtúa el carácter formal de la fachada urbana colonial.
- Como se evidencia en la imagen, la edificación ha sido fuertemente alterada y modificada, se identifican sustracciones y adiciones en los volúmenes sin ningún manejo de proporción.



Con base en la información recogida en campo la cual se filtró y sistematizo en la ficha (ver anexo 1), se trabajó en la proyección volumétrica de los edificios para remodelar sobre ellos las zonas críticas dentro de cada institución, estos modelos nos permiten registrar la forma real de los inmuebles, así como todas aquellas particularidades que pueden aportar una información impórtate de mapeo para determinar el diagnostico general del edificio y las áreas que están siendo afectadas considerablemente, evidenciándose de esta manera la necesidad de una intervención puntual inmediata.

En los modelados presentados a continuación, no se han aplicado ficheros digitales ráster. Las vistas se limitan a representar los espacios y los volúmenes, únicamente recurriendo a colores de carácter neutro. Por último y mediante el motor de renderizado Vray y la modificación de los parámetros de luminosidad, se define el color rojo para representar las zonas que presentan un alto nivel de vulnerabilidad física según los hallazgos encontrados en la fase I de este capítulo, cuyas evidencias se encuentran en el Anexo 1.

Es importante mencionar que para realizar los modelados en 3D fue necesario realizar el levantamiento arquitectónico de los dos inmuebles, ya que estos no contaban con planos de los edificios, y que una vez obtenidos fueron entregados a ca institución como insumo importante para desarrollar acciones futuras.

### **7.3 Levantamiento en 3D**

Con base en la información recogida en campo la cual se filtró y sistematizo en la ficha de diagnóstico (ver anexo 1), y se evidencio en el resultado de la información antes mencionado se trabajó en la proyección volumétrica de los edificios para remodelar sobre ellos las zonas críticas dentro de cada institución, estos modelos nos permiten registrar la forma real de los inmuebles, así como todas aquellas particularidades que pueden aportar una información impórtate de mapeo para determinar el diagnostico general del edificio y las áreas que están siendo afectadas considerablemente, evidenciándose de esta manera la necesidad de una intervención puntual inmediata.

En los modelados presentados a continuación, no se han aplicado ficheros digitales ráster. Las vistas se limitan a representar los espacios y los volúmenes, únicamente recurriendo a colores de carácter neutro. Por último y mediante el motor de renderizado Vray y la modificación de los

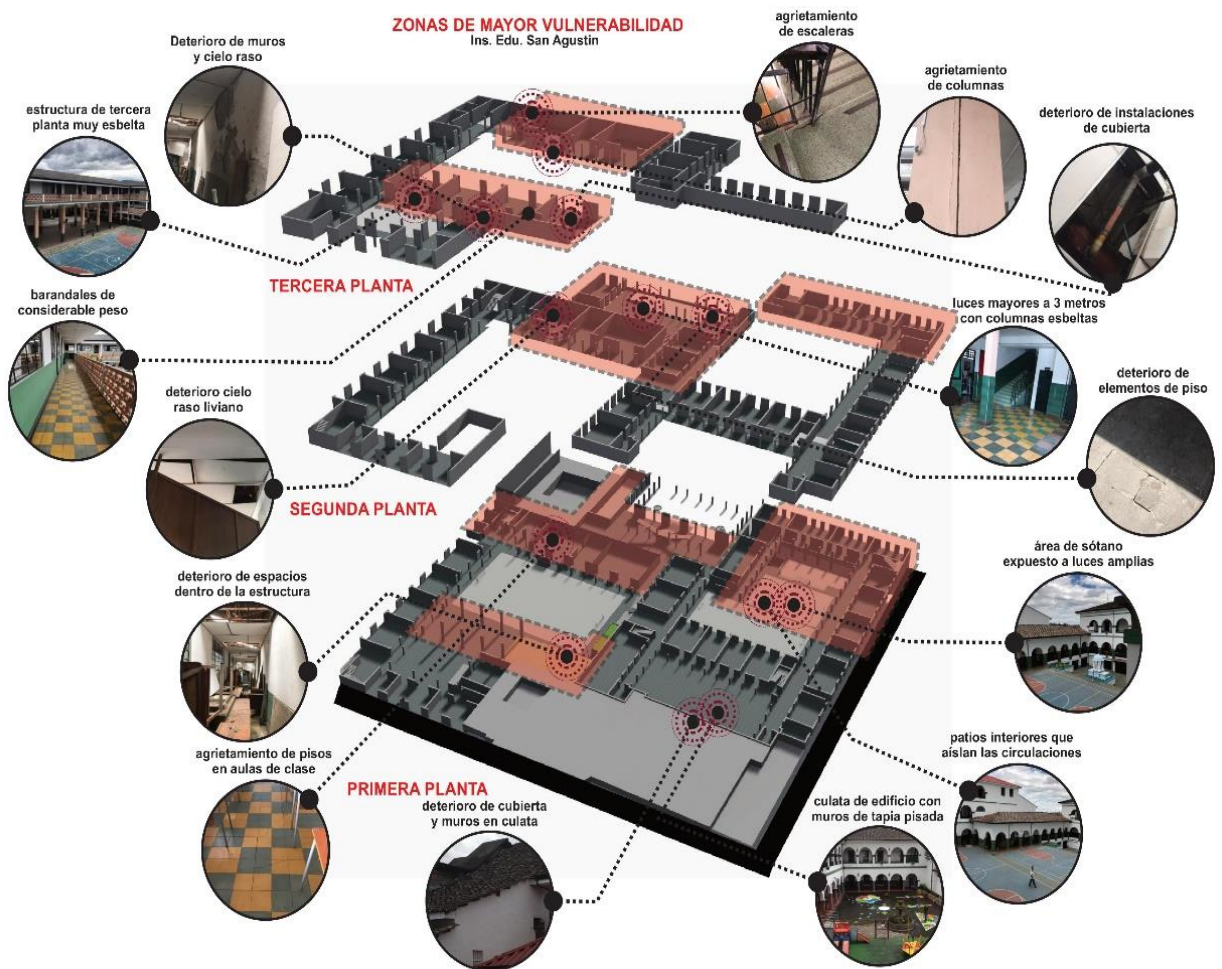
parámetros de luminosidad, se define el color rojo para representar las zonas que presentan un alto nivel de vulnerabilidad física según los hallazgos encontrados en la fase I de este capítulo, cuyas evidencias se encuentran en el Anexo 1.

Es importante mencionar que para realizar los modelados en 3D fue necesario realizar el levantamiento arquitectónico de los dos inmuebles, ya que estos no contaban con planos de los edificios, y que una vez obtenidos fueron entregados a ca institución como insumo importante para desarrollar acciones futuras.

### Institución educativa San Agustín

- **Levantamiento de zonas críticas**

Esta fase concluye con el levantamiento de daños o zonas críticas en cada institución la cual se representan a continuación.



**Figura 12.** Zonas de mayor vulnerabilidad física en la institución educativa san Agustín.

La Institución Educativa San Agustín es un edificio de tres niveles de estilo republicano que ocupan prácticamente toda una manzana del sector histórico, colinda con la Iglesia de San Agustín, uno de los templos religiosos más significativos para la ciudad y que se levantó sobre las ruinas del templo original que fue destruido por el terremoto de 1736.

Dentro de las zonas potenciales de vulnerabilidad alta, se enmarcan tres zonas en particular, las que se pueden observar de primer a tercer piso en color rojo. Estas zonas presentan un notable debilitamiento en su estructura y un nivel de deterioro considerable, por lo que deben ser intervenidas de forma inmediata, ya que en el momento de una acción sísmica podrían llevar a representar un foco de riesgo significativamente alto.

### **Centro Pedagógico Creativo del Cauca**

- **Levantamiento de zonas críticas**

El Centro Pedagógico Creativo del Cauca presta sus servicios en una sede cuyo emplazamiento cobra gran valor por encontrarse a unos metros de la torre del reloj y el parque de Caldas de la ciudad colonial, caracterizándose por los altos valores arquitectónicos urbanos y la riqueza arquitectónica que aporta al sector.

El edificio consta de dos niveles que se han visto notoriamente modificados, sobre todo en primer piso; denotándose una fragmentación espacial bastante considerable que se ve reflejada en agrietamientos en la estructura en segundo nivel.

Así mismo las cubiertas de zonas puntuales presentan deformaciones y materiales constructivos como vigas en madera con un grado de deterioro bastante alto.

Este edificio en general presenta zonas de alta vulnerabilidad física, de las que se estima provienen de las adiciones, modificaciones, o reformas que afectan el adecuado comportamiento estructural del inmueble. Por ejemplo, eliminación de muros en primer piso para ampliar espacios y la falta de un adecuado mantenimiento a través del tiempo, sobre todo en la cubierta correspondiente al patio 2.

De acuerdo con las visitas de inspección realizadas también se identificó inconvenientes con los muros colindantes, existiendo una mezcla en las unidades de mampostería en muros, debido a reformas que en el momento de un sismo podrían desplomarse hacia el interior del inmueble.

**ZONAS DE MAYOR VULNERABILIDAD**  
Centro Pedagógico Creativo del Cauca

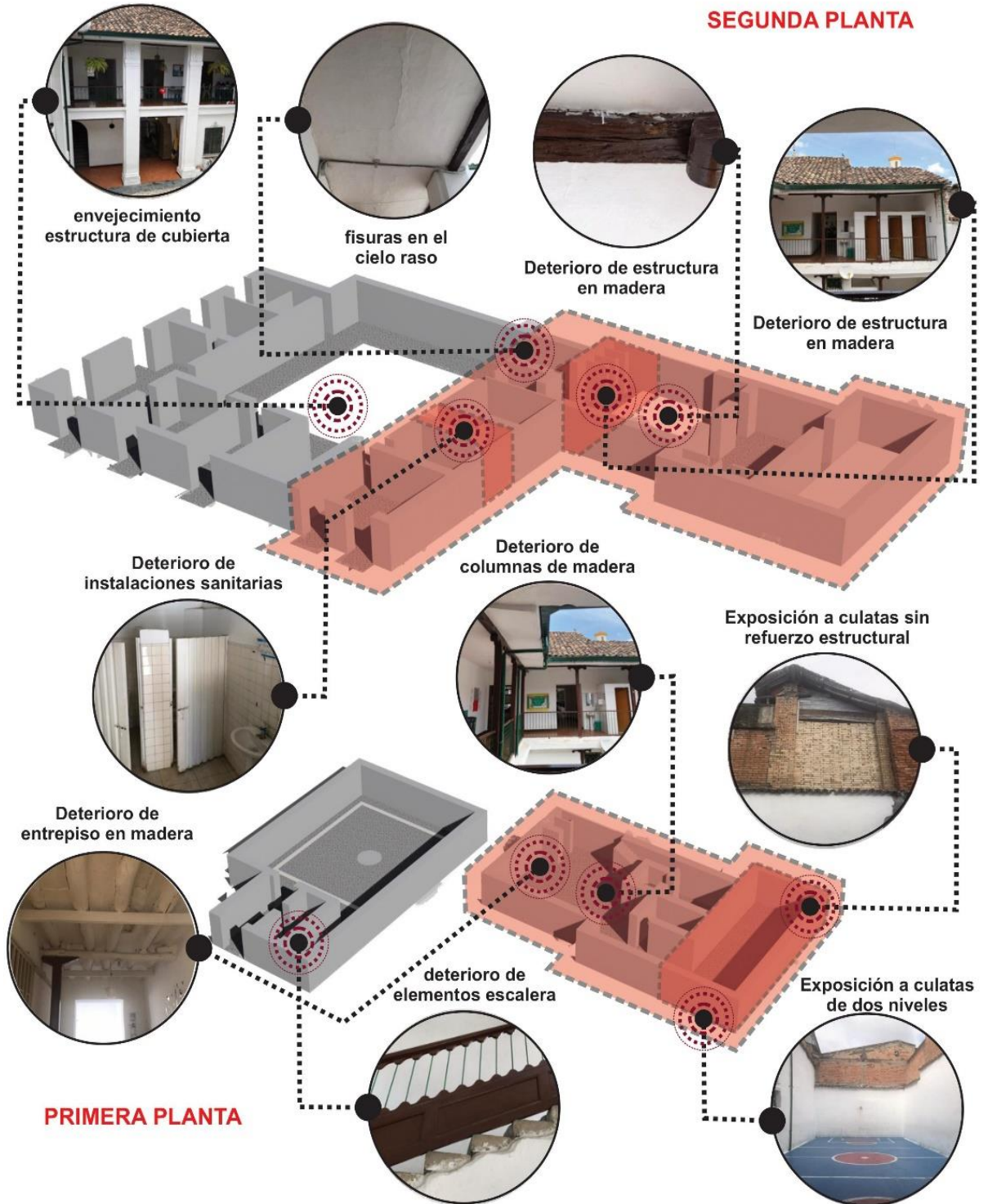


Figura 13. Zonas de mayor vulnerabilidad física: Centro Pedagógico Creativo del Cauca.

En general Se valoró que ambas instituciones cuentan con edificios que tienen un estado de conservación bueno, no obstante, tienen un grado de deterioro bastante notorio en zonas puntuales representado en patologías que se evidencian en deterioros en la estructura de cubierta, generalmente en los aleros, áticos con algunas deflexiones, pandeos y grietas notorias, así como humedades y pequeñas fisuras en muros.

## 8. CAPÍTULO II - PROPUESTA METODOLÓGICA APLICADA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS OBJETO DE ESTUDIO PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD FÍSICA.

Una vez realizado el reconocimiento en sitio de cada uno de los inmuebles objeto de estudio y su respectivo diagnóstico se procede a realizar la valoración planteada en la metodología. Y a establecer la calificación para cada variable.

De igual forma se anexa (anexo 2) la matriz de calificación en la plantilla de Microsoft Excel la cual genera de forma rápida el cálculo de datos obtenidos a continuación.

### Resultados obtenidos

#### 8.1 Calificación de Variables Institución educativa San Agustín

### MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

VARIABLES ESTRUCTURALES	
VARIABLE	CALIFICACIÓN
Sistema de soporte	5
Materialidad de muros	1
Distribución de muros y continuidad vertical	5
Estado de conservación de la construcción	1
Fijación de instalaciones y acabados	1
Configuración y forma	10
Número de pisos	10
Tipo de cubierta	10
<b>Total</b>	<b>43</b>

VARIABLES NO ESTRUCTURALES	
VARIABLE	CALIFICACIÓN
Conservación tipológica	1
Antigüedad, año de construcción	5
Valoración del bien	5
<b>Total</b>	<b>11</b>
VARIABLES FUNCIONALES	
VARIABLE	CALIFICACIÓN
Uso del suelo	1
Función del edificio	10
Aplicación de norma sismo resistente en el proceso de construcción	5
<b>Total</b>	<b>16</b>

VARIABLE	RESUMEN CALIFICACIÓN
VARIABLES ESTRUCTURALES	43

VARIABLES NO ESTRUCTURALES	11
VARIABLES FUNCIONALES	16
<b>CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL INMUEBLE</b>	<b>70</b>

$n = 14$	$\sum_{i_{máx}=1}^n C_{i_{máx}} = 140$	$C_g = 70$
$\%V_f = \frac{C_g}{\sum_{i_{máx}=1}^n C_{i_{máx}}} * 100\%$		
$\%V_f = 50\%$		

<b><u>ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA DEL INMUEBLE</u></b>	VULNERABILIDAD MODERADA
--	-------------------------

**Tabla 6.** Matriz de calificación global y estimación de la vulnerabilidad física institución educativa San Agustín.

## 8.2 Calificación de Variables Centro Pedagógico Creativo del Cauca

### MATRIZ DE CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

VARIABLES ESTRUCTURALES	
VARIABLE	CALIFICACIÓN
Sistema de soporte	10
Materialidad de muros	10
Distribución de muros y continuidad vertical	10
Estado de conservación de la construcción	5

VARIABLES NO ESTRUCTURALES	
VARIABLE	CALIFICACIÓN
Conservación tipológica	5
Antigüedad, año de construcción	10
Valoración del bien	5
<b>Total</b>	<b>20</b>

Fijación de instalaciones y acabados	5
Configuración y forma	5
Número de pisos	5
Tipo de cubierta	10
<b>Total</b>	<b>60</b>

<b>VARIABLES FUNCIONALES</b>	
<b>VARIABLE</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Uso del suelo	10
Función del edificio	10
Aplicación de norma sismo resistente en el proceso de construcción	10
<b>Total</b>	<b>30</b>

<b>VARIABLE</b>	<b>RESUMEN CALIFICACIÓN</b>
VARIABLES ESTRUCTURALES	60
VARIABLES NO ESTRUCTURALES	20
VARIABLES FUNCIONALES	30
<b>CALIFICACIÓN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL INMUEBLE</b>	<b>110</b>

$n = 14$	$\sum_{i_{m\acute{a}x}=1}^n C_{i_{m\acute{a}x}} = 140$	$C_g = 110$
$\%V_f = \frac{C_g}{\sum_{i_{m\acute{a}x}=1}^n C_{i_{m\acute{a}x}}} * 100\%$		
$\%V_f = \mathbf{79\%}$		

<b><u>ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD FÍSICA DEL INMUEBLE</u></b>	<b>VULNERABILIDAD ALTA</b>
--	----------------------------

**Tabla 7.** Matriz de calificación global Centro Pedagógico Creativo del Cauca.

## 9. CAPÍTULO III - ANÁLISIS DE LOS FACTORES MÁS RELEVANTES QUE INCIDEN EN LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS EDIFICIOS

### 9.1 Generalidades

El estudio de vulnerabilidad total efectuado en las instituciones educativas estableció que dentro de las variables trabajadas se evidencia un esquema repetitivo de los elementos de la vulnerabilidad estructural y funcional que afectan en alto grado, directa e indirectamente, las edificaciones como se representa en la imagen a continuación.



**Figura 14.** Esquema de factores que inciden en la vulnerabilidad global.

La aplicación de estudios de vulnerabilidad en entornos urbanos debe considerar tanto los aspectos estructurales, como los funcionales, operativos y urbanos, para que puedan proporcionar información útil para la prevención de desastres, la planificación y ordenación del territorio. En este sentido constituyen un importante punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con la rehabilitación o demolición de edificios peligrosos. (Díaz)

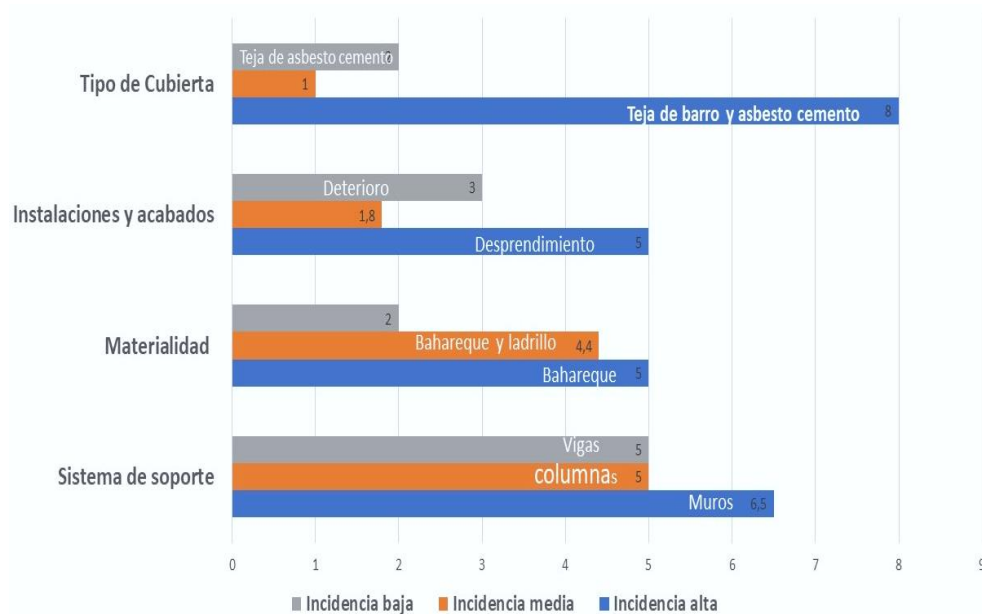
Poco se implementa en los edificios estudiados una adecuada y correcta forma de intervenir los inmuebles, del uso característico y adecuado de los espacios, de los sistemas constructivos empleados de manera idónea, de las pericias del lugar para convivir con las

necesidades del entorno y sus exigencias y, sobre todo, de las estrategias adoptadas para no generar nuevos escenarios de riesgo teniendo en cuenta su uso.

Tras lo expuesto, se puede considerar también que la gestión pública para la protección de los inmuebles del sector histórico tiene bastantes falencias, puesto que las intervenciones para la protección y mantenimiento se ven dilatadas por retrasos en los procesos de licencias que pueden tardar hasta cuatro (4) años en su aprobación, lo que lleva a un desgaste progresivo del inmueble, generando la intervención del mismo en muchas ocasiones de forma impropia.

### 9.2 Factores físicos que inciden en la vulnerabilidad

En el siguiente diagrama se presentan los factores físicos que, de acuerdo a las variables trabajadas, representan mayor vulnerabilidad física de forma repetitiva en diferentes zonas del mismo edificio y que además necesitan ser intervenidos con prioridad.



**Figura 15.** Variables con mayor afectación.

En el trabajo de campo realizado se evidenció que las cubiertas y el sistema de soporte son dos de los factores más relevantes que inciden en la vulnerabilidad física de los edificios, además de la materialidad, el deterioro de las instalaciones hidroeléctricas y acabados, representando un problema progresivo a través del tiempo para el inmueble, llevando a la pérdida de sus valores arquitectónicos.

El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente. A causa de sismos fuertes, es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión. En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas. Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión. (EDAM)

### **9.3 Factores que inciden en la vulnerabilidad física de los edificios objeto de estudio**

#### **9.3.1. El tipo de cubierta**

Las cubiertas construidas con teja de barro, cuyo soporte inicial es la madera, son quizá uno de los métodos constructivos más conocidos y difundidos a través de la historia de la ingeniería y la arquitectura. En Colombia han sido utilizados a través de cientos de años, desde la época de la colonia hasta el presente en todo tipo de construcciones.

Este tipo de cubiertas representan algunas de las zonas más visibles de las construcciones del sector histórico de la ciudad colonial, dándole un estilo único a sus calles y su conservación e implementación a través del tiempo son una exigencia dentro de los parámetros normativos del PEMP de la ciudad.

Durante el desarrollo de la investigación se evidenció que las cubiertas son las que presentan un deterioro más notable en toda la edificación, deterioro correspondiente a pandeos, grietas, malformaciones, desgastes etc. Como se expresa en la tabla 11, este tipo de cubierta corresponde a las más pesadas y su estado de conservación es un factor importante en la respuesta a las demandas de sobrecarga impuestas en la estructura. Es importante resaltar que la inexistencia de mecanismos de mantenimiento amplifica su vulnerabilidad, teniendo en cuenta que su colocación corresponde a las antiguas técnicas constructivas de la época colonial y probablemente

republicana, tiempo durante el que se construyeron estos edificios, lo que requiere aumentar el nivel de mantenimiento constante y la rigurosa supervisión en su estructura de soporte.

Tipo de cubierta	Característica	Peso ton/m <sup>2</sup>
<b>Cubiertas pesada</b>	Conformada por una placa de concreto reforzada maciza o aligerada y cualquier tipo de acabado.	<b>0.3</b>
	Conformada por teja de barro, con estructura de soporte y cielo raso.	<b>0.09</b>
	Conformada por teja de barro y teja de asbesto cemento.	<b>0.1</b>
<b>Cubierta moderada</b>	Conformada por teja de asbesto-cemento, con estructura de soporte y cielo raso.	<b>0.06</b>
<b>Cubierta liviana</b>	Conformada por hojas de zinc o latón, con estructura de soporte y cielo raso.	<b>0.03</b>

**Tabla 8.** Peso asociado al tipo de cubierta. Campos (1992)

### 9.3.2 Estado de las cubiertas

A continuación, se presentan imágenes que permiten realizar un acercamiento el estado real de las cubiertas y las condiciones en las que se encuentran actualmente los edificios objeto de estudio.



**Figura 16.** Cubierta del centro pedagógico Creativo del Cauca.



Adición de nuevos elementos e incremento en las cargas a la estructura de la cubierta

**Figura 17.** Elementos de adición en Cubierta del Centro Pedagógico Creativo del Cauca.



Grietas y ondulaciones



Problemas de estructura con cubiertas de colindantes



Malformaciones y sistemas de columnas y vigas débil para el soporte de la cubierta

**Figura 18.** Fallas de los elementos en cubierta y cielos falsos.



**Figura 19.** Deterioro de cubierta área colindante con la iglesia de San Agustín.



**Figura 20.** Estado de cielos falsos institución educativa San Agustín.

Según el manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada impartido por la Asociación Colombiana de ingeniería sísmica (ASIS), en estructuras con sistemas de entrepiso muy flexibles o con luces muy largas se presentan deflexiones verticales importantes

que pueden generar daños en los elementos no estructurales y adicionalmente se pueden presentar sobreesfuerzos en los elementos que conforman el sistema de entrepiso, provocando el colapso parcial o global en la estructura. También se pueden generar sobreesfuerzos en los muros portantes, en los puntos de apoyo con el eventual riesgo de falla en caso de sobrecarga o por la ocurrencia de un sismo.

De igual forma puede ocurrir cuando se presenta una inadecuada estructuración de la cubierta. Se presentan deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que la componen. En el caso de presentarse un terremoto, esto puede inducir al colapso de la cubierta y a daños importantes en los muros cargueros por las demandas horizontales generadas por las fuerzas laterales.



**Figura 21.** Fuente manual ASIS.

La falta de una adecuada intervención y un mantenimiento técnico riguroso de las cubiertas de las instituciones, es una situación que aumenta las probabilidades de generar condiciones de riesgo y, así mismo, se convierte en uno de los factores que cobran mayor atención puesto que incrementan la vulnerabilidad física de los inmuebles.

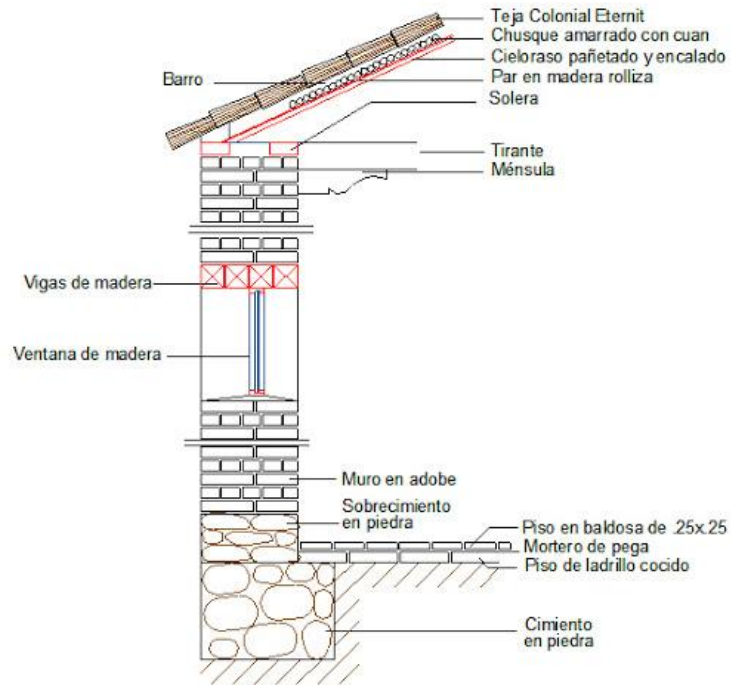
Las acciones y decisiones para la intervención a estas zonas de la estructura, tienen que planificarse de manera correcta para emplear elementos nuevos que mejoren la resistencia, y de esta manera, en el caso de un evento sísmico, se pueda evitar su colapso. Cabe mencionar que la ejecución a tiempo de las medidas correctivas disminuye de manera sustancial las condiciones de riesgo de los inmuebles estudiados.

#### **9.4. Sistema de soporte: muros**

En el trabajo de campo desarrollado fue posible detectar que los dos edificios corresponden a épocas y sistemas constructivos diferentes. Uno de ellos, por ejemplo, es correspondiente a la época colonial (Centro Pedagógico Creativo del Cauca) y es pertinente

afirmar que las edificaciones de estilo de tradición colonial en su gran mayoría, están construidas con unidades de mampostería de adobe (mezcla de barro, agua y paja) que utilizan como mortero el mismo material de los adobes.

Los muros pueden tener espesores que varían de 40 cm hasta 80 cm o 100 cm, de acuerdo con la disposición de los elementos mampuestos en soga y tizón, algunos conforman machones de adobe, como se expresa en la siguiente imagen.



**Figura 22.** Detalle constructivo de los muros en adobe. <sup>4</sup>

Los efectos de los terremotos en los últimos cincuenta (50) años han demostrado que las edificaciones de tierra construidas en adobe y tapia pisada, son estructuras que presentan una alta vulnerabilidad sísmica. Estas construcciones en la mayoría de los casos presentan un mal comportamiento en las fuerzas inducidas por los terremotos, colapsando en forma súbita, incluso, ante sismos moderados, lo que ha generado un gran número de pérdida de vidas humanas e importantes pérdidas económicas, culturales y patrimoniales. (AIS)

La intervención de muros en este tipo de edificaciones debe realizarse cuidadosamente manteniendo un adecuado equilibrio que permita conservar sus características arquitectónicas y la seguridad de sus habitantes. En el caso particular del edificio donde desarrolla sus actividades el

<sup>4</sup><http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4872/5675>

Centro Pedagógico Creativo del Cauca, éste se ha visto modificado en varias zonas, generando la adición de elementos nuevos y la apertura de vanos que ponen en condición de riesgo la población que habita el inmueble y su capacidad estructural para resistir un impacto sísmico. Igualmente se observaron muros que por su antigüedad y sistema constructivo representan un riesgo.



**Figura 23.** Muro interno, patio 3 Centro Pedagógico Creativo del Cauca.



**Figura 24.** Luces de muros y estructuras divisorias.

Para el caso del edificio donde funciona la Institución Educativa San Agustín, se evidencia un inmueble de estilo republicano, este tipo de construcciones a diferencia de las de tradición colonial, presentan mayor cantidad de vanos en sus muros, con dinteles de madera sobre puertas y ventanas.

En la historia de la arquitectura en Colombia, este estilo corresponde al tiempo comprendido entre 1850 y 1930 aproximadamente. Caracterizado principalmente por utilizar elementos formales de otros estilos del pasado clásico, gótico o influencias orientales. También fue importante en este periodo la utilización de nuevos materiales como el acero, el vidrio en grandes proporciones y el hormigón. (Ruiz, 2020)

La construcción de muros con materiales constructivos nuevos lleva a que la resistencia de los mismos sea mucho más alta ante las sollicitaciones sísmicas, sin embargo, las intervenciones posteriores de este tipo de elementos con el fin de adecuar nuevos espacios, al hacerse de manera incorrecta, sin seguir ningún criterio técnico, lleva al debilitamiento de la estructura y a crear condiciones de riesgos dentro del mismo inmueble.



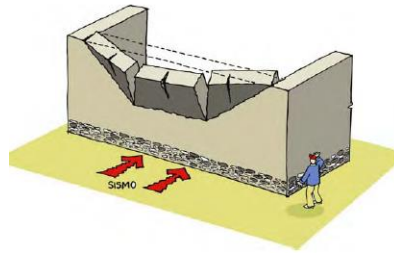
**Figura 25.** Muros en deterioro.



**Figura 26.** Adición de nuevas estructuras.

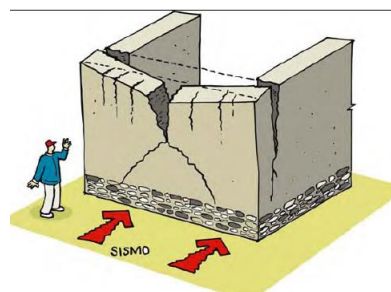
Los mecanismos de falla y tipo de agrietamiento respectivo más probables que se pueden presentar en las edificaciones convencionales de adobe según la ASIS son:

- Falla por flexión perpendicular al plano de muro con agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales.



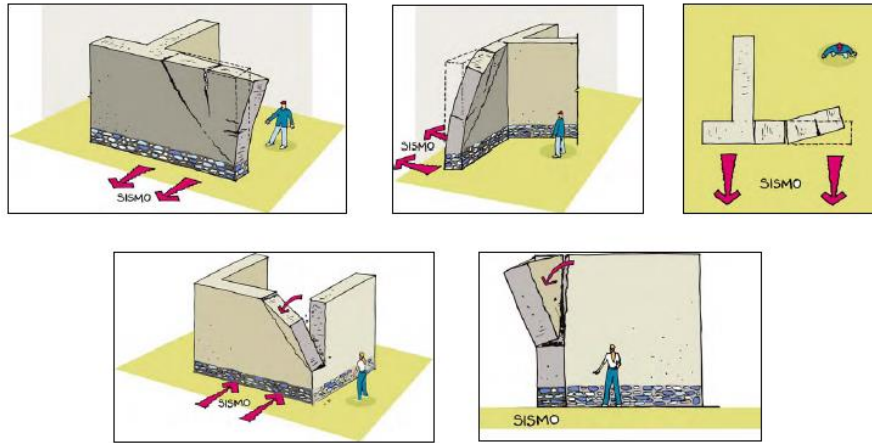
**Figura 27.** Tomado de manual ASIS.

- Falla por flexión perpendicular al plano con agrietamiento central, agrietamiento diagonal y fisuración en la parte superior.



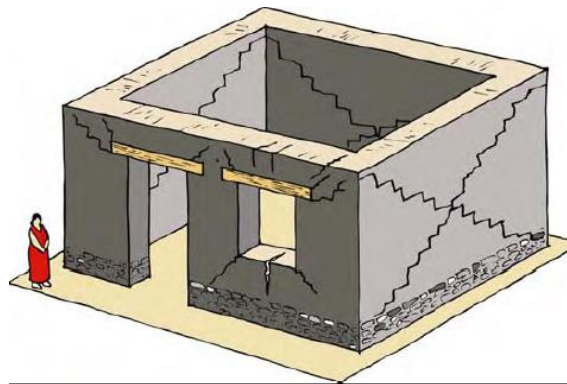
**Figura 28.** Tomado de manual ASIS.

- Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos.



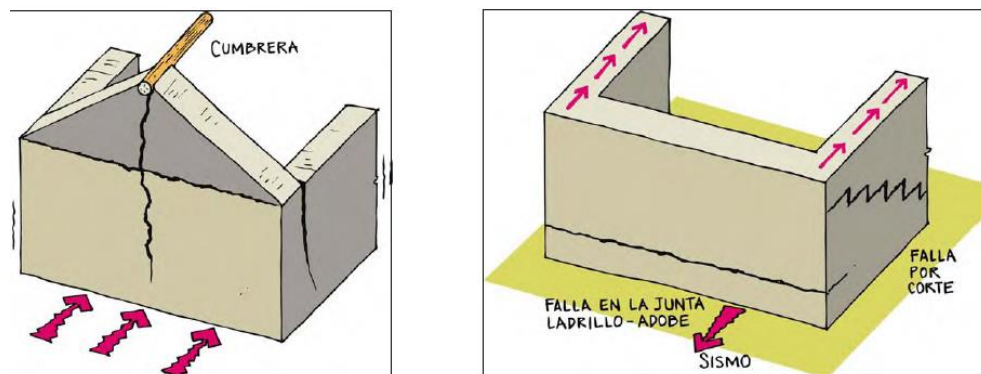
**Figura 29.** Tomado de manual ASIS.

- Falla por cortante en el plano del muro asociado a altos empujes horizontales.



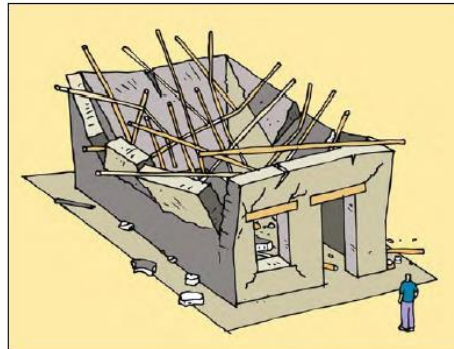
**Figura 30.** Tomado de manual ASIS.

- Combinación de dos o más elementos antes mencionados.



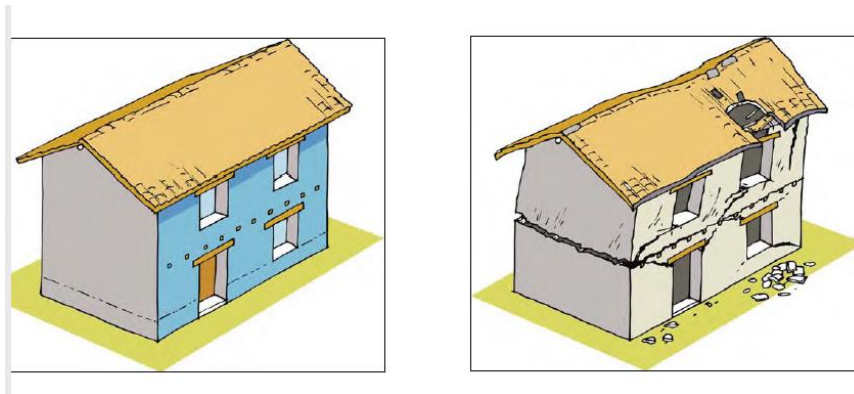
**Figura 31.** Tomado de manual ASIS.

- Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda por encontrarse mal apoyada sobre los muros o porque los muros presentan cualquiera de las deficiencias anteriores.



**Figura 32.** Tomado de manual ASIS.

- Falla por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo, el entrepiso rompe los muros principalmente en forma casi horizontal generando la inestabilidad del segundo piso.



**Figura 33.** Tomado de manual ASIS.

### **9.5 Análisis de los factores que inciden en la vulnerabilidad física asociada a la opinión social**

Una comunidad es un espacio geográfico, de mayor o menor extensión, la comunidad puede estar expuesta a determinadas situaciones constantes o transitorias dentro de un inmueble, que se evidencian al vivir y recorrer el espacio constantemente. Por esta razón, fue importante incorporar la visión o percepción de las personas que habitan las instituciones para tener una mirada global de la percepción de la vulnerabilidad física dentro de cada inmueble.

Mediante el grafismo sobre los planos de cada institución se buscó que la comunidad represente zonas de mayor problemática física, de acuerdo a sus vivencias a través de la historia dentro del inmueble.

Es vital resaltar que, en una primera instancia se apuntó a la generación de mapas de baja complejidad que permitan identificar de forma preliminar situaciones de vulnerabilidad física de cada uno de los edificios y posibles escenarios de riesgo.

### **9.5.1 Sensibilización y conceptos básicos**

Población: Comité de GRD de cada institución.



**Figura 34.** Análisis de conceptos taller participativo.

Antes de iniciar la fase de mapeos y grafismo fue necesario aclarar conceptos básicos y poner en contexto o situación, a la población objeto de trabajo, para lo que fue necesario emplear videos de sensibilización del terremoto de la ciudad de Popayán, parte del material de apoyo fundamental para el desarrollo del taller.

Conceptos básicos trabajados: planos, edificación, estructura, vulnerabilidad, riesgo y amenaza.

La primera fase de este taller arrojó que la población tiene muchos conocimientos acerca de los conceptos mencionados, pues las instituciones mediante su plan de gestión del riesgo interno, hasta el momento, han trabajado la mitigación y el conocimiento del peligro dentro de cada inmueble, así como lo que concierne a simulacros de evacuación. Por tal motivo, fue fácil abordar el tema de mapeos y llevar a cabo el desarrollo del taller.

### 9.5.2 Vulnerabilidad física: mapeo

Se refiere a la localización de las zonas de peligro por parte de la comunidad que habita el edificio y a el grafismo de áreas con deficiencia y deterioro visible en su estructura física para afrontar los efectos de la amenaza, en este caso particular, los eventos sísmicos.



**Figura 35.** Mapeo y grafismo de zonas de vulnerabilidad física en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca.



**Figura 36.** Mapeo y grafismo de zonas de vulnerabilidad física en la institución educativa San Agustín.

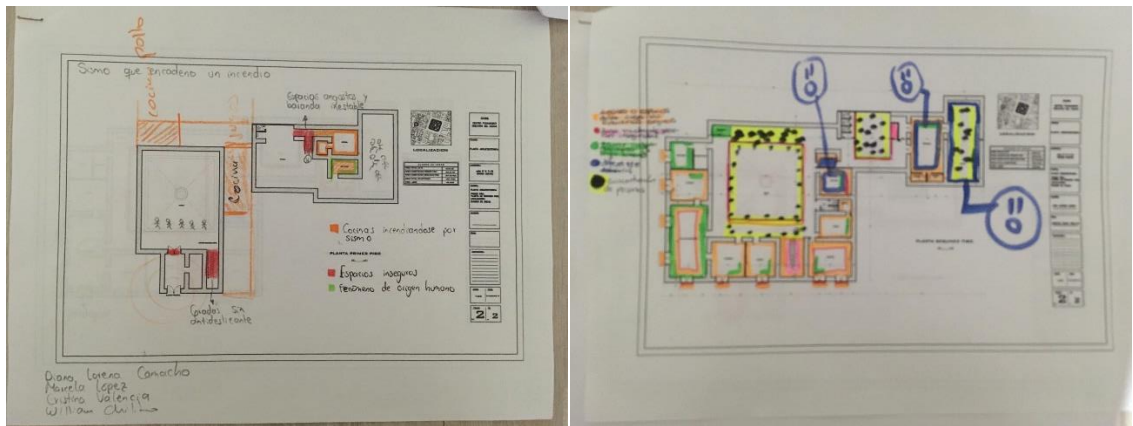
Esta fase del taller en la que el objetivo era “rayar” en los planos del edificio las zonas que, a su criterio representan una amenaza para la comunidad, debido a que generan una condición de inseguridad en su estructura física para las personas que habitan, arrojando como producto final que:

- Los espacios que estaban subrayados con color rojo, color asignado a las zonas de alto peligro o que generaban sensaciones de inseguridad en la institución, además de coincidir con las detectadas de forma visual- técnica, arrojó que dichas zonas son donde se está exponiendo a la población estudiantil de cada institución.
- La percepción de la comunidad en ciertos espacios como gradas o pasillos en momentos de mayor confluencia de personal, como son las horas de descanso, o en horarios de iniciación o terminación de la jornada escolar, generaba inseguridad ya que señalaban percibir vibraciones o movimientos de la estructura. Por tal motivo, fueron demarcadas con color rojo.
- Los salones que colindan con vías de alto flujo vehicular en las llamadas horas “pico”, según la población encuestada, son las zonas que mayores vibraciones en la estructura presentan, además de algunas grietas en los muros y en las losas de entrepiso. Usos que la comunidad de las instituciones demarcó con color rojo
- Por medio de los mapas se permitió reconocer relaciones espaciales de los usos que de alguna forma tenían relación con las cocinas de cada institución, salas de cómputo, y cafetería, las que por su función generaban una condición de alta vulnerabilidad física para otros usos.
- Los espacios funcionales que determinan el desplazamiento de la población a una zona u otra, también resultaron ser notablemente subrayados con color amarillo, color que fue asignado a las zonas de vulnerabilidad media, ya que la comunidad consideró que estos espacios en especial, se veían con grietas y ondulaciones pronunciadas cada vez más notorias, es decir, que han sido progresivas a través del tiempo.
- Algunas de las áreas pintadas de color verde, color asignado a las áreas con problemas de menor relevancia en la estructura física, coincidió con la variable de análisis en el ítem de cubierta, para el que mencionó la comunidad el desprendimiento de elementos pequeños de los techos en épocas de lluvias y vientos fuertes.

**Mapeo realizado por la comunidad de las instituciones educativas**



**Figura 37.** Resultado de algunos mapas elaborados por la comunidad educativa en la institución educativa San Agustín.



**Figura 38.** Resultado algunos mapas elaborados por la comunidad educativa en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca.



**Figura 39.** Mapeo de zonas de vulnerabilidad física por parte de la comunidad.

Este mapeo participativo para el análisis de la vulnerabilidad física en un edificio, puede representar un nuevo abordaje para la planificación, ejecución y seguimiento de iniciativas para detectar las falencias físicas de un inmueble educativo, sin generar grandes costos, debido a que la parte técnica puede colaborar con mayor eficacia gracias a la unificación de diferentes fuentes de conocimiento.

### **9.5.3 Socialización de los mapas realizados**

Cumple un papel fundamental la perspectiva de cada integrante en la visualización del entorno y la manera como percibe el espacio, así mismo la forma en la que expresa a las personas con las que convive diariamente su perspectiva del entorno, por lo que se decide socializar cada mapa realizado por los grupos de trabajo, en los que muchas de las zonas subrayadas o demarcadas en determinado color, coincide con otras áreas detectadas por otros grupos que desarrollaron el taller.



**Figura 40.** Socialización de los trabajos realizados en la institución educativa San Agustín.

Para el caso de la institución educativa San Agustín, en donde la población participante fueron las alumnas que conforman el comité de gestión del riesgo del colegio, se evidenció que la comunidad percibe de forma notoria las zonas que para el estudio técnico representan una grave problemática física. También se detectaron zonas que visualmente se ven bien adheridas a la estructura, pero que en el momento de su uso y el tránsito de grandes números de personas, presentan debilitamiento y fallencias, como por ejemplo, las barandas de las gradas; también se manifestó que a pesar de que las puertas tenían una dimensión considerable en el momento de realizar los simulacros de evacuación, éstas presentan problemas al momento de abrir, obstaculizando la salida a más de una persona a los puntos de encuentro.

Así mismo, se expresó la inconformidad con el acceso al tercer piso, donde se encuentra la biblioteca de la institución ya que, por la creación de adiciones para generar nuevos usos, se ha generado que los recorridos hacia este lugar sean confusos y reducidos en su dimensión.

Otro de los espacios que representa un alto grado de vulnerabilidad física para las estudiantes es el teatro de la institución, pues al ser un espacio muy cerrado con puertas demasiado reducidas, sin ventanas, con espacios de circulación mínimos y al albergar un gran número de personas, genera sensación de inseguridad, pues en el momento de un sismo la evacuación de este espacio sería bastante compleja.



**Figura 41.** Socialización de los trabajos realizados en el Centro Pedagógico Creativo del Cauca.

Para el caso del Centro Pedagógico Creativo del Cauca, la socialización del mapeo llevó a que los profesores, quienes fueron la población que participó del taller realizado, se visualizaran en el momento de vivir un sismo y pensarán en cuál sería la respuesta estructural del edificio, pues a pesar de tener desarrollado un muy buen plan de gestión de riesgos, es necesaria la intervención de algunas zonas en la infraestructura del inmueble para generar condiciones completamente seguras a la comunidad educativa.

En el mapeo se consideró que había una zona específica que generaba incertidumbre por las evidentes modificaciones realizadas en primer piso, pues al fragmentarse el inmueble para generar otros usos estaban creando debilitamiento en el segundo nivel y las vibraciones al momento de iniciar las actividades escolares eran demasiado notorias. Lo que llevó a concluir a los profesores que la sustracción de elementos en el edificio, más el aumento de las cargas vivas, en algún momento podrían llevar a generar colapso en la estructura.

#### **9.5.4 Conclusiones del taller**

Con este taller se logró comprender e identificar algunas de las condiciones de comportamiento de los edificios con la comunidad educativa, así como la percepción del espacio por parte de las personas que viven y recorren cada uso de los edificios en su cotidianidad.

El levantamiento de la cartografía significó un proceso educativo demasiado interesante, que de cierta forma permite que la comunidad empiece a apropiarse de espacio al que pertenece. Ante esto se pudo identificar nuevas variables que consideramos importantes mencionar y que pueden llegar a plantearse para futuros trabajos.

<b>1</b>	Uso y funcionamiento de instalaciones y acabados	Instalaciones y acabados
----------	--	--------------------------

2	Función por espacios	Función del edificio
3	Relaciones espaciales dentro de un inmueble	Función del edificio
3	Focos de concentración poblacional: para el análisis de las cargas vivas en un determinado espacio	Función del edificio
4	Impacto físico del entorno a través del tiempo	Contexto
5	Impacto de las vibraciones en una estructura	Uso y función del edificio

**Tabla 9.** Temas producto del taller realizado.

La relevancia de incorporar estrategias participativas para acercarnos al conocimiento de la vulnerabilidad física de un edificio, además de resultados tangibles, permite adquirir nuevos conocimientos en los que la población toma conciencia de la realidad actual del edificio, generando espacios de discusión y toma de decisiones pertinentes para las intervenciones futuras adecuadas de los inmuebles.

Es así como la opinión de las personas que “viven el lugar” dentro de su cotidianidad, nos pueden llevar a ver hacia otros puntos críticos que quizá no fueran considerados importantes o que simplemente se desconocen al ser, como investigadores, población flotante dentro del inmueble, pero que en el momento de un sismo se convierten en factores relevantes para salvar vidas.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Finalmente, el diagnóstico físico de los inmuebles responde a una espacialidad que se ha ido adaptando a través del tiempo a diferentes transformaciones, hecho que ha incidido en el deterioro de algunas zonas puntuales, generando una pérdida o alteración de su valor histórico, contribuyendo con esto al incremento de la vulnerabilidad física de los edificios. Se estimó que las edificaciones tienen un estado de conservación bueno, no obstante, tienen un grado de deterioro representado en patologías que se evidencian en la estructura de cubierta, con algunas deflexiones, así como humedades y pequeñas fisuras en muros.

- De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación y con la suma de las calificaciones de las variables de vulnerabilidad física en las edificaciones, se pudo determinar una vulnerabilidad global, en donde se obtuvieron resultados de vulnerabilidad moderada, pero con la exigencia de realizar estudios y análisis más detallados con sondeos, apiques y entre otras técnicas ingenieriles que determinen con exactitud el estado de la estructura.

- Se identificó en los dos edificios que los factores más notables de vulnerabilidad física son las cubiertas pesadas, y el sistema de soporte, principalmente los muros, lo que ha ocasionado daños graves en edificaciones con características constructivas similares. Este hecho se evidenció en terremotos como el de Popayán en 1983 y el de Cúcuta en 1981, entre otros. Por tanto, es muy probable que, si ocurren movimientos con condiciones e intensidades similares, se presenten de nuevo este tipo de daños en las edificaciones.

- Debido a que la metodología desarrollada para la estimación de la vulnerabilidad física fue diseñada para ser aplicada a cualquier inmueble a escala de este sector urbano, es pertinente que se realicen estudios de vulnerabilidad al resto de las edificaciones que no fueron analizadas en orden de prioridad de acuerdo con lo estipulado en la norma colombiana de diseño y construcción sísmo resistente NSR-10 ("edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento").

- En razón a que el método utilizado para el diagnóstico de la vulnerabilidad física está basado en apreciaciones subjetivas, se recomienda a partir de los resultados obtenidos en este estudio, como una primera aproximación, desarrollar trabajos con un mayor grado de detalle y refinamiento a las edificaciones prioritarias y/o a las edificaciones representativas de las tendencias arquitectónicas, en donde se involucren ensayos de materiales y modelamiento de las estructuras

de estas edificaciones, con el fin de evaluar con precisión los parámetros físicos que las hacen vulnerables y de esta manera plantear propuestas asertivas de reforzamiento.

- Se pudo constatar que los planes de conservación y recuperación se han enfocado más hacia el aspecto arquitectónico y urbanístico, es decir, que sería muy importante, en búsqueda de una conservación integral del conjunto patrimonial, la implementación, en primera instancia, de estudios más detallados que permitan un refinamiento de la información en lo concerniente a la vulnerabilidad sísmica y, posteriormente, la generación de un programa de reforzamiento o consolidación para la conservación de los inmuebles y de la vida de sus habitantes.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Popayán, Universidad del Cauca. (2017). DOCUMENTO DE HISTORICIDAD DE EVENTOS. *FORMULACIÓN DEL PLAN MUNICIPAL DE GESTIÓN DE RIESGO*. Popayán, Colombia.
- Alcaldía de Popayán, Universidad del Cauca. (Diciembre de 2017). *Documento de Historicidad de Eventos del Municipio de Popayán*. Popayán.
- Alcaldía Municipal de Popayán. (2002). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Popayán.
- Amanda, A. M. (18 de 07 de 2016). *ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO Y RESTITUCIÓN EN 3D DE LOS EDIFICIOS DEL LADO*. Cordoba. Obtenido de [https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/16540/anhgramas\\_2\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/16540/anhgramas_2_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ambiente, M. (3 de Agosto de 1994). *DECRETO 1743 DE 1994* . Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Decretos/dec\\_1743\\_030894.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Decretos/dec_1743_030894.pdf)
- Arboleda, D. C. (1986). *Muros de Papel*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Asociación Colombiana de ingeniería (AIS), Presidencia de la República red de solidaridad social. (2014). *MANUAL PARA LA REHABILITACION DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS*. Bogotá : Red solidaria.
- Blanco, J. B. (2016). *Elaboración de un proyecto de investigación*. ECO-EDICIONES. Bogotá, A. d. (2018). *Estudio de valoración patrimonial, San Bernardo*. Bogotá.
- Cardona, M. C. (2006). *Análisis de deformación tectónica en los piedemontes de las cordilleras Central y Occidental, Valle del Cauca, Colombia - contribuciones paleosísmicas*. Cali.
- Cardona, O. D. (s.f.). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. Bogotá.
- Castrillon, G. (enero de 2000). *Popayan en la WEB* . Obtenido de Popayan de antaño : <http://giocas.tripod.com/id79.htm>
- Colegio Mayor del Cauca. (2008). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/colmayorcauca/infraestructura-fisica-colegio-mayor-del-cauca>
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- corporación OSSO. (23 de 02 de 2018). *Desinventar* . Obtenido de Sistema de inventario de efectos de desastre: <https://www.desinventar.org/es/database>
- Díaz, R. B. (s.f.). *Vulnerabilidad y Daño sísmico :concepto y evaluación*.
- EDAM. (2014). *Estudio de vulnerabilidad estructural estudio San Bernardo de Bata*. Bogotá.

- Escobar, R. M. (2015). *Análisis de vulnerabilidad edificio central*. Villavicencio . Obtenido de <http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/MECI%20Calidad/Planes/SUBPROCESO%20RECURSOS%20HUMANOS/PLAN%20DE%20EMERGENCIAS%20Y%20EVACUACION/ANEXOS/ANEXO%20B.%201.%20>
- Fundación Universitaria de Popayán. (16 de Julio de 2018). *El Claustro Periodismo Universitario*. Obtenido de El Claustro Periodismo Universitario: <http://elclauastro.com.co/elclauastro/2018/07/16/popayan-te-abre-sus-puertas/>
- Godoy Carrera, I. M. (2014). *Gestión De Uso Y Riesgos Del Patrimonio Inmueble En El Ecuador: El Caso Del Palacio Municipal De Vinces*. Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Valencia.
- Gros, C. (1986). *Popayan dos años despues: autopsia de un desastre*. Paris.
- Gros, C. (1987). *Popayan dos años despues autopsia de un desastre*.
- Hermelin, M. (s.f.). *Entorno natural de 17 ciudades de Colombia*. Medellín : Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Herrera, G. p. (s.f.). *Análisis de Vulnerabilidad sísmica en viviendas urbano regionales*.
- ICCROM; ICOMOS; UICN; UNESCO;. (2014). *Gestión del riesgo de desastres para el patrimonio mundial*. París: Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228134>
- Jiménez., N. (2005). *Elementos históricos y Urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali, 1950-2000*. Cali: Corporación OSSO.
- Juan, J. (2013). *GESTION DEL PATRIMONIO CULTURAL*. Bogota .
- KOROIWA, J. (s.f.). *Gestión del riesgo de desastres en el siglo XXI*.
- Lavell, A. (2007). *Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo*. Lima, Perú.
- Martin, J. S. (2013). *Estudio integral de edificios patrimoniales*. Sevilla.
- Mateus, S. M. (s.f.). *La difusión preventiva del patrimonio cultural* .
- Ministerio de Cultura. (2009). *Resolución 2432*. Bogotá.
- Ministerio de Educación República del Perú, Soluciones Prácticas ITDG. (2009). *Gestión del riesgo en instituciones educativas*. Lima: Ministerio de Educación República del Perú. Obtenido de <https://www.eird.org/cd/herramientas-recursos-educacion-gestion-riesgo/pdf/spa/doc17358/doc17358-7.pdf>
- Moreno, J. A. (1996). *Simulación numérica de un Tsunami de origen lejano en su aproximación a la costa pacífica colombiana*.

- Mosquera, J. V. (2004). *Consideraciones sobre la Arquitectura en Popayán*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Muzzio, C. G. (2015). *Metodologías para la evaluación rápida de la vulnerabilidad de instalaciones esenciales y edificios patrimoniales*. Chile.
- Norte, U. C. (2013). *GESTION DEL RIESGO*.
- Peralta, H. A. (2002). *scenarios de vulnerabilidad y de daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio, Cali - Colombia*. Cali: Corporación OSSO.
- Popayán. (2019). Mapa turístico. Popayán.
- Popayan, F. U. (s.f.). Revista EScala.
- Prieto, A. V. (s.f.). *"Entorno natural de 17 ciudades de Colombia"*. Cali.
- Radio Nacional de Colombia. (28 de Noviembre de 2016). *Radio Nacional de Colombia*. Recuperado el Marzo de 2019, de Radio Nacional de Colombia: <https://www.radionacional.co/linea-tiempo-paz/popayan-destruido-terremoto>
- Ruiz, R. A. (2020). La casa republicana en el caribe Colombiano. *Credencial*.
- Santander, C. D. (2017). *Gestión de Riesgos del Patrimonio Cultural: Alcances Para el Patrimonio Histórico Inmueble*.
- UICN; UNESCO; ICCROM; ICOMOS;. (2014). *GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES PARA EL PATRIMONIO MUNDIAL*. Paris Francia: Organizacion de las Naciones Unidas. Obtenido de UNESCO: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228134>
- Unesco. (2010). *UNESCO*. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228134>
- UNESCO. (2017). *UNESCO*. Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- UNGRD. (2009). *UNGRD. COLOMBIA*.
- UNICAUCA. (s.f.). *UNICAUCA.EDU*. Obtenido de UNICAUCA.EDU: Tras el sismo del 31 de marzo de 1983, el claustro quedó muy averiado, por lo cual fue desocupado para su restauración. En este proceso se rescataron muchas de las características originales del edificio, recuperando gran parte de su estructura inicial, l
- Usero, J. S. (2013). *Estudio integral de edificios patrimoniales*. Sevilla.
- Viviana Aguilar, D. P. (2002). *Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia*. Armenia.

## 12. ANEXOS

### FICHA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO ACERCAMIENTO A LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICIOS PATRIMONIALES Y EDUCATIVOS ANTE AMENAZA POR SISMO

#### CASO 1. INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN AGUSTÍN

NOMBRE DEL EDIFICIO	Institución educativa San Agustín		ALTURA EDIFICACIÓN	3 pisos	Comuna 4
NOMBRE DE GUÍA	Hipólito Rivera (conserje)		USO ACTUAL	Educativo	
FECHA VISITA	08/julio/2019	Número de personas: 1.500	USO ORIGINAL	Educativo	



Imágenes de la Fachada principal de la institución educativa san Agustín

La institución educativa san Agustín se encuentra localizada en la zona centro de la ciudad de Popayán, inicio con un inmueble construido en el año 1888 en cabeza de las hermanas vicentinas, las cuales iniciaron con una pequeña casa de hogar, más adelante hacia los años 1948, 1963, 1964, 1965 y 1966 se realiza la compra del inmueble y se lleva a cabo las adecuaciones del mismo así como la ampliación del terreno y demás para construir la concentración escolar san Agustín, la cual es de estilo republicano y actualmente contempla un área de 6.831 m<sup>2</sup>, declarado dentro de los BIC como catalogación de conservación integral carácter 2 y conservación de tipo arquitectónico carácter 2.

El inmueble corresponde a un edificio de tres pisos que ocupan una manzana entera, y un templo de conservación integral carácter 1 el cual es muy representativo para la ciudad de Popayán.

## 1. ASPECTOS ESCTRUCTURALES

### SISTEMA DE SOPORTE



### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO

El edificio presenta muros de carga confinados estructurales (poco visibles a simple vista por sus acabados) y pantallas fundidas en concreto donde se encontraron luces de 3 hasta 8 metros y alturas aproximadas de 7 metros de altura. Algunos de los muros poseen grosores de 40 centímetros, lo que representa una gran esbeltez en los mismos.

### OBSERVACIONES

Visualmente se evidencia la utilización de concreto dejando a un lado el adobe que es el sistema característico de las construcciones de la zona centro de la ciudad, sin embargo, se evidencian zonas que posiblemente requieren de análisis más detallados debido al problema de esbeltez y luces entre columnas además de deformaciones en zonas de entrepisos, Evidenciándose grietas notables y ondulaciones.

## CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN (materialidad)



Cubierta en teja de barro o teja española



Ladrillo comun



Cielo raso laminar



Teja de fibrocemento y estructura en madera

### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO

El inmueble evidencia un grado de conservación bastante bueno sin embargo hay zonas específicas en las que se detectó deterioro alto especialmente en la cubierta lo que puede llegar a generar desprendimiento de la misma en caso de un sismo, Así mismo se encontraron materiales constructivos muy antiguos que de no ser sustituidos con refuerzos resistentes generarían colapso en la estructura.

**ESTADO DE CONSERVACIÓN**  
(Condiciones de deterioro)

			
<p>Grietas en columnas</p>	<p>Deformaciones, ondulaciones y grietas en gradería y losa de entrepiso</p>	<p>Instalaciones notablemente visibles</p>	<p>Levantamiento de piso</p>
			
<p>Ventanales y maderas sueltos y deteriorados</p>	<p>Desprendimientos de pañetes y cielos falsos. Humedad y erosión</p>	<p>Desprendimiento de estructuras livianas y adiciones de cerramiento en madera (subdivisiones espaciales)</p>	

### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO

El edificio muestra algunas zonas con deformaciones, grietas y desprendimientos de elementos, los cuales no han sido intervenidos para su mejoramiento. Lo que ha llevado al debilitamiento y deterioro de la estructura en las zonas donde se presenta esta problemática.

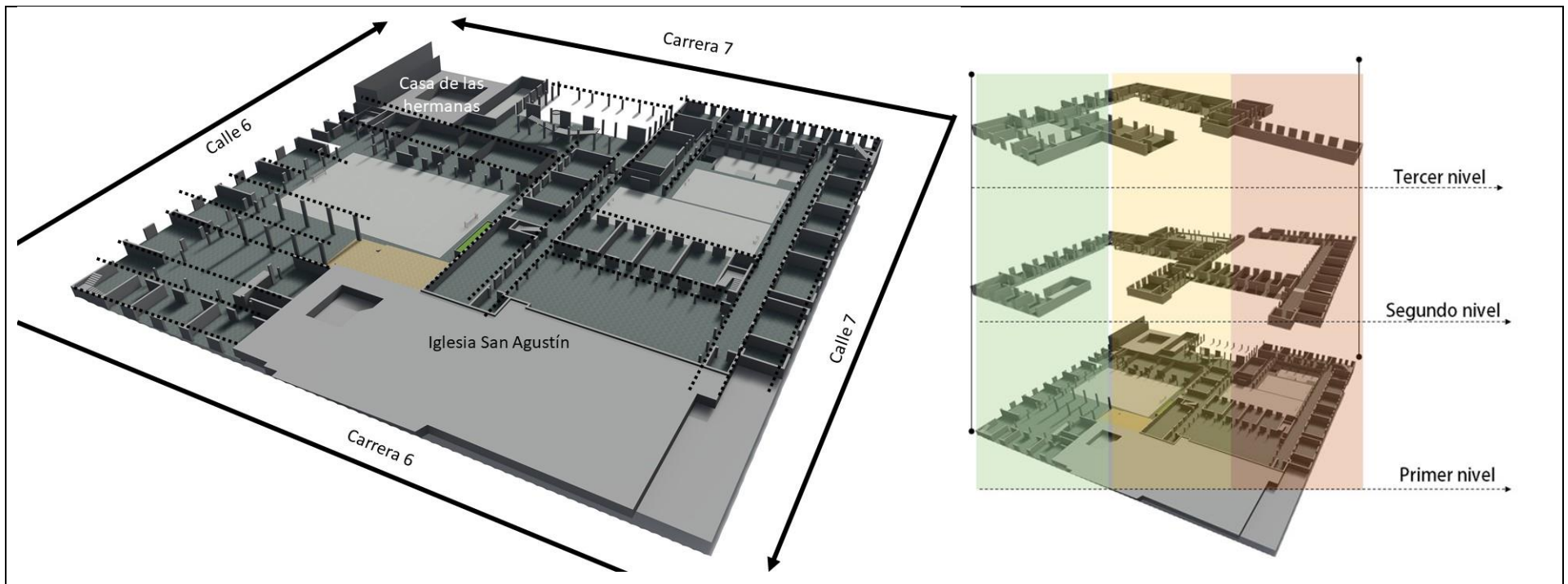
Así mismo se han generado subdivisiones espaciales para crear nuevos usos según la necesidad de la población estudiantil, subdivisiones realizadas de manera improvisada sin elementos estructurales fuertes que se adhieran a la estructura existente.

También es importante mencionar que las adiciones generadas alteran la conformación espacial y funcional del edificio sobre todo en tercer piso que es donde más se presenta esta problemática.

### CONFIGURACIÓN Y FORMA

La configuración en planta como se evidencia en el render del primer piso es de forma regular, y la configuración de la forma en las divisiones que tiene como uso las aulas educativas son rectangulares (no muy alargadas) conformándose así módulos internamente simétricos con respecto a los ejes lo que indica que su comportamiento será mucho mejor ante un sismo, llevando a que se genere una estabilidad global del edificio. Así mismo no se evidencian cambios de secciones internas.

El uso de muros en dos direcciones ortogonales, visto en planta y en lo posible la longitud de los muros debe ser igual en las dos direcciones, para que la edificación no presente esfuerzos a torsión debidos a la falta de rigidez de un muro con respecto a otro(s) que puedan generar este giro, o por efectos asimétricos. La cual se cumple en el edificio objeto de estudio.



Respecto a la continuidad vertical de muros en el primer, segundo y tercer piso debe añadirse que si no se presentan continuidad vertical en los muros estos tienden a presentar fallas en su estructura y la continuidad de las cargas hacia la cimentación se va a ver interrumpida en el caso que dichos muros sean estructurales.

En el caso en particular podemos observar que los muros tanto en segundo como tercer piso tienen a tener la misma continuidad del primero lo que genera que el edificio en el momento de un sismo tenga un buen comportamiento a los movimientos por consiguiente una mejor respuesta.

## FIJACIÓN DE INTALACIONES Y ACABADOS



Se evidencia desprendimiento de cielos falsos y estructuras livianas en deterioro.



Desprendimiento de puertas en zonas privadas (baño) así como baldosines de enchape y espejos rotos

Elementos en madera en estado de pudrición así como falta de mantenimiento de los mismos



Secciones de columnas dilatadas sin mantenimiento y cables sin proteccion



Instalaciones hidroelectricas a la interperie.

Teniendo en cuenta el año de construcción del edificio y la antigüedad de los materiales utilizados hay algunos que necesitan ser sustituidos e intervenidos para su mejoramiento por ejemplo hay puertas en las zonas de baños que por su antigüedad se encuentran desprendidas, ventanales podridos por la humedad, espejos quebrados, fichas de cerámicas sueltas, cableado expuesto y sobretodo desprendimientos en cielos falsos, los cuales en el momento de un sismo se pueden desprender fácilmente y causar lesiones graves en la población que se encuentre en dicho sitio.

## 2.ASPECTOS NO ESTRUCTURALES



**IMG. Niveles de conservación arquitectónica según PEMP**

### CONSERVACIÓN Y TIPOLÓGICA ESPACIAL

Los valores arquitectónicos de organización espacial, como se evidencia en la imagen, se destacan por elementos de fachada significativos como molduras, aleros, arcos de medio punto y sócalos.

Estos elementos reflejan una autenticidad en el transcurso del tiempo, pues se han mantenido en el tiempo y su mantenimiento no ha desvirtuado el carácter original del bien.

Las fachadas enmarcadas por tres cuerpos y tres niveles, se ven estéticamente separadas por molduras, marcando el cambio de nivel de cada piso. La carpintería de ventanales no presenta elementos faltantes, por el contrario, una buena presentación arquitectónica.

Presenta un eje de simetría en la composición de fachada y el manejo de proporción en ella, se evidencia el manejo de la cubierta inclinada en buen estado.

Lo anterior evidencia de manera general el buen uso y mantenimiento del inmueble a través del tiempo.

### ANTIGÜEDAD

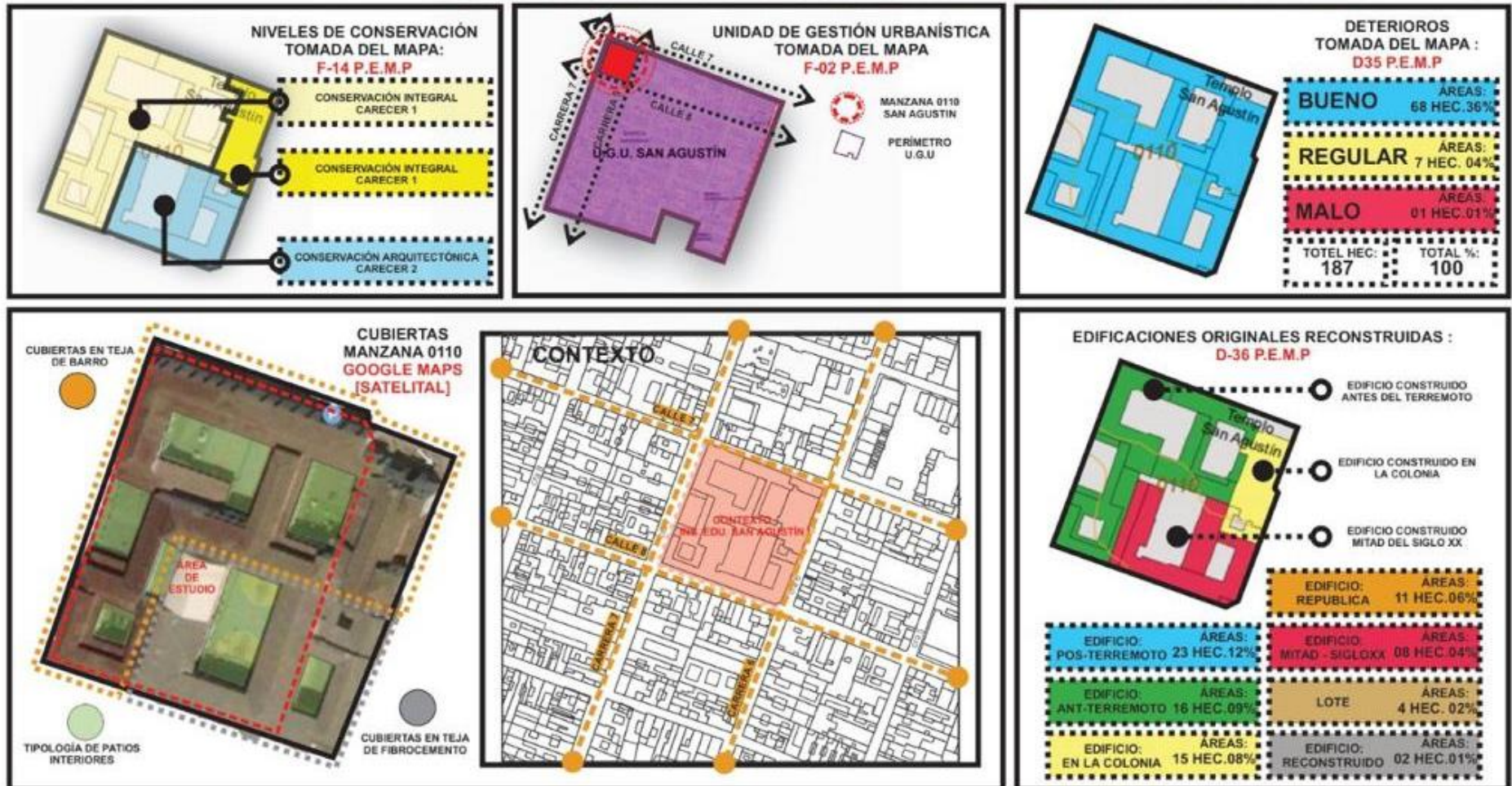
**AUTORÍA**

No se identifica el autor o grupo que haya dejado testimonio de la construcción del edificio.

## AÑO DE CONSTRUCCIÓN

De acuerdo a los documentos y testimonios, el inmueble se empezó a construir en el año de 1888, hace aproximadamente 140 años. Época en la que no se contaba con los avances ingenieriles y arquitectónicos para generar edificios 100% sismos resistentes.

## VALOR PATRIMONIAL DEL INMUEBLE



Dentro de los documentos del plan especial de manejo y protección patrimonial (PEMP), es catalogado por ser un inmueble de conservación integral y arquitectónica, y en los niveles de deterioro tomados del mapa expuesto en la imagen anterior, presenta un buen estado, y así mismo se puede evidenciar que el uso de este edificio no ha sido alterado ni modificado a través del tiempo., presentando un buen manejo en su conservación según el PEMP.

De acuerdo a la imagen de cubiertas se puede evidencia el manejo de los patios centrales y la utilización de cubiertas a dos aguas en materialidades características de la época de la colonia (teja de barro).

## 2. ASPECTOS FUNCIONALES.

### USO DEL SUELO



UNIDAD CARTOGRÁFICA O SÍMBOLO	USO DEL SUELO	ÁREA	
		Has	%
	Vivienda	40	21,6
	Equipamientos	19	10,2
	Parques y Zonas Verdes	17	8,9
	Servicios	8	4,5
	Comercio	8	4,2
	Lotes	4	2,2
	Parqueadero público	3	1,8
	Industria	1	0,6
	<b>Total área de estudio</b>	<b>187</b>	<b>100</b>

La institución educativa san Agustín fue creada para prestar servicios educativos , y hasta la fecha su uso no ha sido modificado, lo que representa una gran beneficio, pues los edificios que prestan un servicio para el que no fueron creados, pueden generar colapso estructural y funcional por el sobrepeso de las cargas vivas y muertas de la edificación.

#### **NORMATIVIDAD**

La institución educativa no tiene adoptado un plan de gestión de riesgo y aunque éste se encuentra en elaboración, es claro que la gestión de riesgos es un proceso social complejo, que requiere de estrategias, instrumentos y medidas que deben impedir, reducir y prevenir, fenómenos peligrosos para la comunidad educativa y la carencia de este tipo de elementos puede llevar a la mala preparación y al manejo inadecuado de la respuesta en el momento de afrontar un sismo, lo que podría generar pérdidas humanas, económicas y físicas graves. El cero (0) % de avance en la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo implica por tanto la inexistencia de Mapas de riesgos y mapa de recursos, plan de prevención, plan de mitigación y planes de contingencia.

- La institución no cuenta con planos de la edificación coherentes ni acordes a la estructura, ni con un plan de gestión de riesgo y desastres implementado.
- Se han realizado algunos simulacros de evacuación los cuales tienen tiempos de respuesta demasiado largos.
- No se evidencia señalética de evacuación ni puntos de encuentro claros y reconocidos por los estudiantes.

## CASO 2. CENTRO PEDAGÓGICO CREATIVO DEL CAUCA

NOMBRE DEL EDIFICIO	CENTRO PEDAGÓGICO CREATIVO DEL CAUCA		ALTURA EDIFICACIÓN	2 pisos	Comuna 4
NOMBRE DE GUÍA	Leonardo Palomino -Coordinador		USO ACTUAL	Educativo	
FECHA VISITA	05/Septiembre/2019	Número de personas: 300	USO ORIGINAL	Vivienda	



A la izquierda Imagen de la calle quinta sobre fachada principal del inmueble en la actualidad y a la derecha imagen de la calle quinta sobre fachada principal del inmueble en la época de la colonia.

El Centro Pedagógico Creativo Del Cauca es una institución educativa de carácter privado, que inicio sus labores hace 17 años aproximadamente, prestando en sus inicios los servicios de preescolar y que actualmente cuenta con alrededor de 290 alumnos entre pre escolar, básica primaria y básica secundaria.

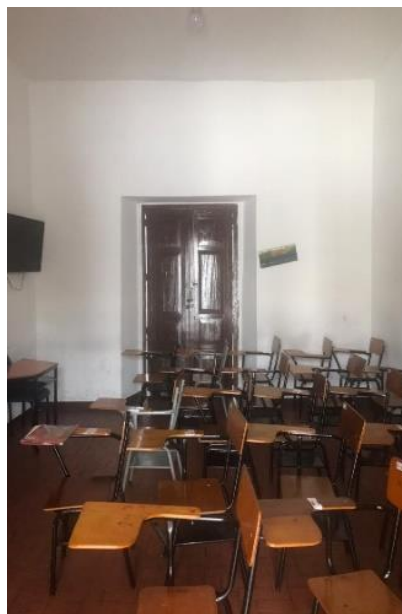
Su sede actual se encuentra localizada en el sector histórico de la ciudad de Popayán, sobre la calle 5, en una casona antigua que fue construida a mediados del siglo XVIII, actualmente propiedad de una de las familias más distinguidas de la ciudad, cumple un papel importante de emplazamiento por su cercanía al parque de Caldas, la torre del reloj y la Iglesia de San José, tres de los principales atractivos representativos y simbólicos de la ciudad.

La casona donde funciona actualmente el Centro Pedagógico ha sido rehabilitada y modificada en su mayoría para presentar diferentes usos, y a pesar de sus modificaciones se puede contemplar la lectura urbana colonial del centro histórico en sus fachadas; cobrando gran importancia histórica el haber resistido a los sismos más impactantes que se han generado en la ciudad.

Dentro de las catalogaciones de PEMP está denominado como conservación integral carácter 1, y según reconocimiento del mismo su estado de conservación es bueno.

## 1. ASPECTOS ESTRUCTURALES

### SISTEMA DE SOPORTE



### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO RESPECTO A LOS MUROS

De acuerdo al registro fotográfico, se evidencia que el inmueble se construyó con muros en tapia pisada (presencia de nichos), con un espesor de 70 cm aproximadamente; este es un método de construcción con tierra utilizado en la época de la colonia. De acuerdo a la normativa NSR 10, los muros deben ser en bahareque encementado para alcanzar la resistencia adecuada ante movimientos sísmicos, en caso de manejarse esta materialidad como método constructivo para una vivienda.

El inmueble presenta muros que se han adicionado según la necesidad del uso en materialidades como panel yeso y madera, lo que ha alterado espacialmente la estructura del edificio.

### **COLUMNAS Y VIGAS**



### **GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO RESPECTO A LAS CULUMNAS**

El inmueble presenta varios tipos de columnas, todas con continuidad vertical, sin embargo, las columnas en madera presentan nivel de deterioro y espesores mínimos para las cargas que recibe, haciéndose necesario un análisis más exhaustivo para determinar posibles fallas.

Así mismo, se evidencia pandeos en las vigas, representando un debilitamiento en la estructura de soporte en el patio 2 de la institución.

## CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN, ESTADO DE CONSERVACIÓN E INTERVENCIONES (MATERIALIDAD)



**Imagen. Patio 2**



**Imagen. Patio 1**



**Imagen. Pasillo acceso patio 3**

### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO (PATIOS)

Patio 2: Se evidencia intervenciones con materiales nuevos en pisos e implementación de cerámica.

Patio 1 : la edificación ha sido alterada y se han reemplazado materialidades en piso por cerámica, sin embargo, se permite la lectura general de la estructura espacial original del inmueble.

Pasillo acceso patio 3. Se evidencia la utilización de vigas y columnas en madera con nivel de deterioro (pandeo, grietas y malformaciones).



**Imagen. Cubierta del inmueble**



**Imagen. Pasillo principal**



**Imagen. Escalinatas acceso  
segundo nivel**



**Imagen. Intervención en pisos**

### **GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO (INTERIORES)**

- Cubierta en teja de Barro española con canales metálicos que han sido reemplazados y cambiados hace poco por su alto nivel de deterioro.
- Utilización de la madera como elemento divisorio presenta buen estado de conservación
- Escalinatas en piedra con pasamanos en madera que presentan desajustes en su estructura.
- Utilización de la caña en estructuras internas de desagües.

**Estado de conservación del inmueble. (condiciones de deterioro)**



**Pandeos en cubierta y entrepiso**



**Adición de estructuras nuevas a la cubierta (extractor de aire)**



**Grietas y pandeos**



**Instalaciones eléctricas sin protección**



**Muros colindantes en condición de deterioro, y la utilización de varios sistemas constructivos**



### GENERALIDADES ENCONTRADAS EN SITIO

- La losa de entrepiso en algunas zonas presenta pandeos y agrietamientos.
- En el primer patio se evidencia un nivel de conservación bueno, en general, se puede hacer una lectura clara de la construcción del edificio referido a su estilo colonial. Sin embargo, se encuentra una notable estructura de un extractor de aire industrial que sobresale sobre la cubierta.
- Algunas zonas de Cielo raso y terminales de canales de agua lluvia presentan fracturas.
- Se evidencia la conservación de elementos ornamentales en el primer patio.
- Instalaciones eléctricas sin recubrimientos.
- Humedad en las edificaciones colindantes que afectan notablemente el edificio objeto de estudio.
- Discontinuidad en la estructura de la edificación y la de sus vecinos, lo que pone en condición de riesgo el patio 3 del inmueble.

### FIJACIÓN DE INSTALACIONES Y ACABADOS



Se evidencia el deterioro en áreas de ventilación pequeñas



Abultamientos y agrietamiento de el cielo raso correspondientes al tercer patio del edificio.

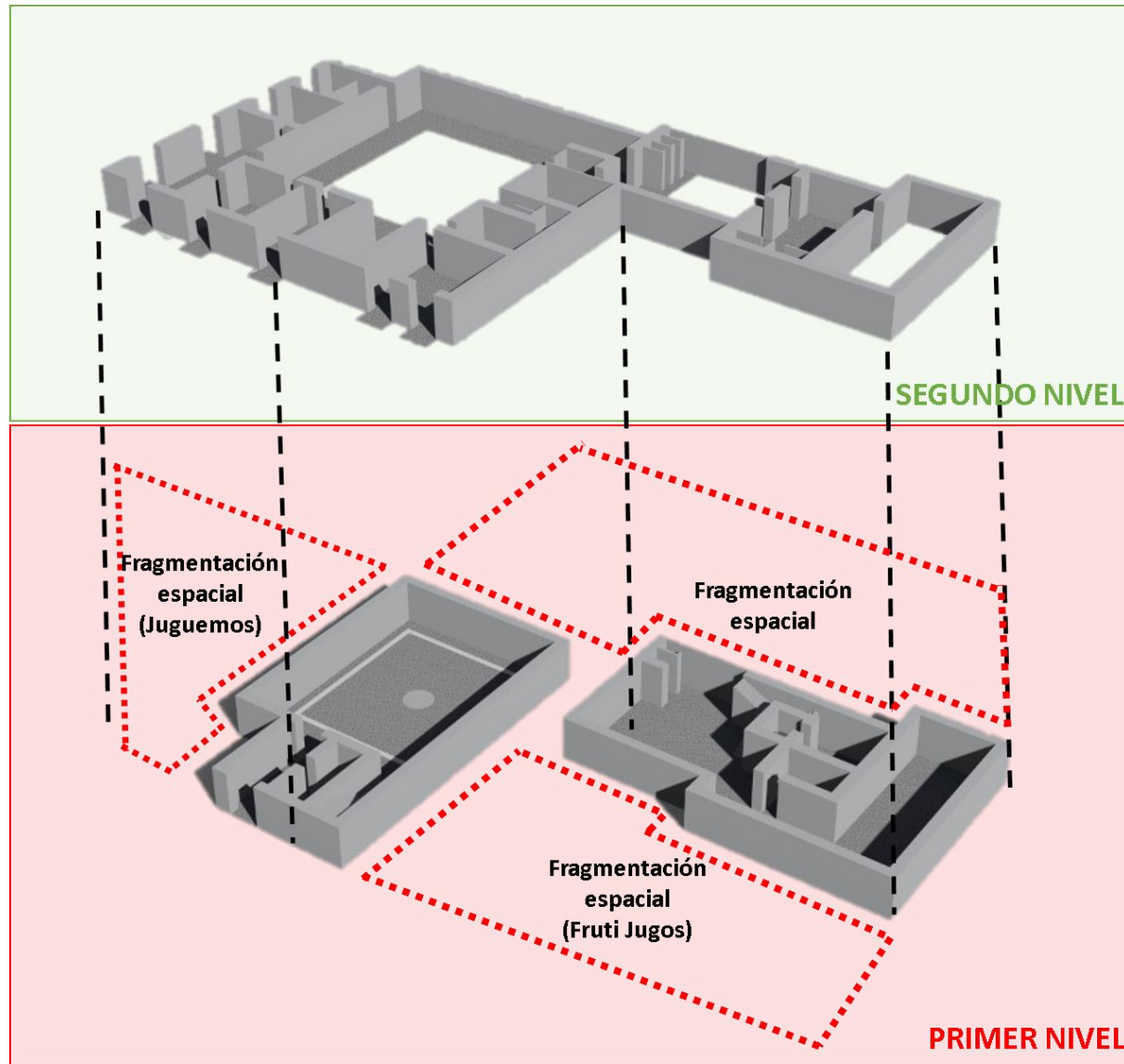


Baterias sanitarias notablemente nuevas



Instalaciones electricas e hidraulicas a la interperie con desgaste de las acometidas.

## CONFIGURACIÓN Y FORMA



A configuración en planta como se evidencia en el render es de forma regular y la configuración de la forma en las divisiones que tienen como uso las aulas educativas, son rectangulares (no muy alargadas) conformándose así módulos internamente simétricos con respecto a los ejes, así mismo no se evidencian cambios de secciones internas.

Se puede evidenciar una notable fragmentación del espacio el cual corresponde a usos diferentes y las modificaciones para dar función a estos usos, han alterado notablemente la edificación a pesar de que se conservan las formas de los patios interiores coloniales.

Las fragmentaciones espaciales correspondientes al área de frutijugos (primer nivel) pueden llegar a generar una condición de riesgo para la misma área en segundo nivel teniendo en cuenta las posibles modificaciones realizadas (discontinuidad de muros y columnas) para lo cual se hace necesario estudios y pruebas más detalladas del inmueble.

## 2. ASPECTOS NO ESTRUCTURALES



Los valores arquitectónicos de organización espacial, como se evidencian en la imagen, se destacan por la utilización de elementos de fachada significativos como molduras, aleros, utilización de balcones en segundo piso, madera en ventanales y un gran portón de fachada que hace remembranza a la fecha de construcción del marco del portón y a la arquitectura colonial. Las fachadas enmarcadas por dos niveles se ven estéticamente separadas por molduras marcando el cambio de nivel de cada piso. La carpintería de ventanales no presenta elementos faltantes, por el contrario, una buena presentación arquitectónica.

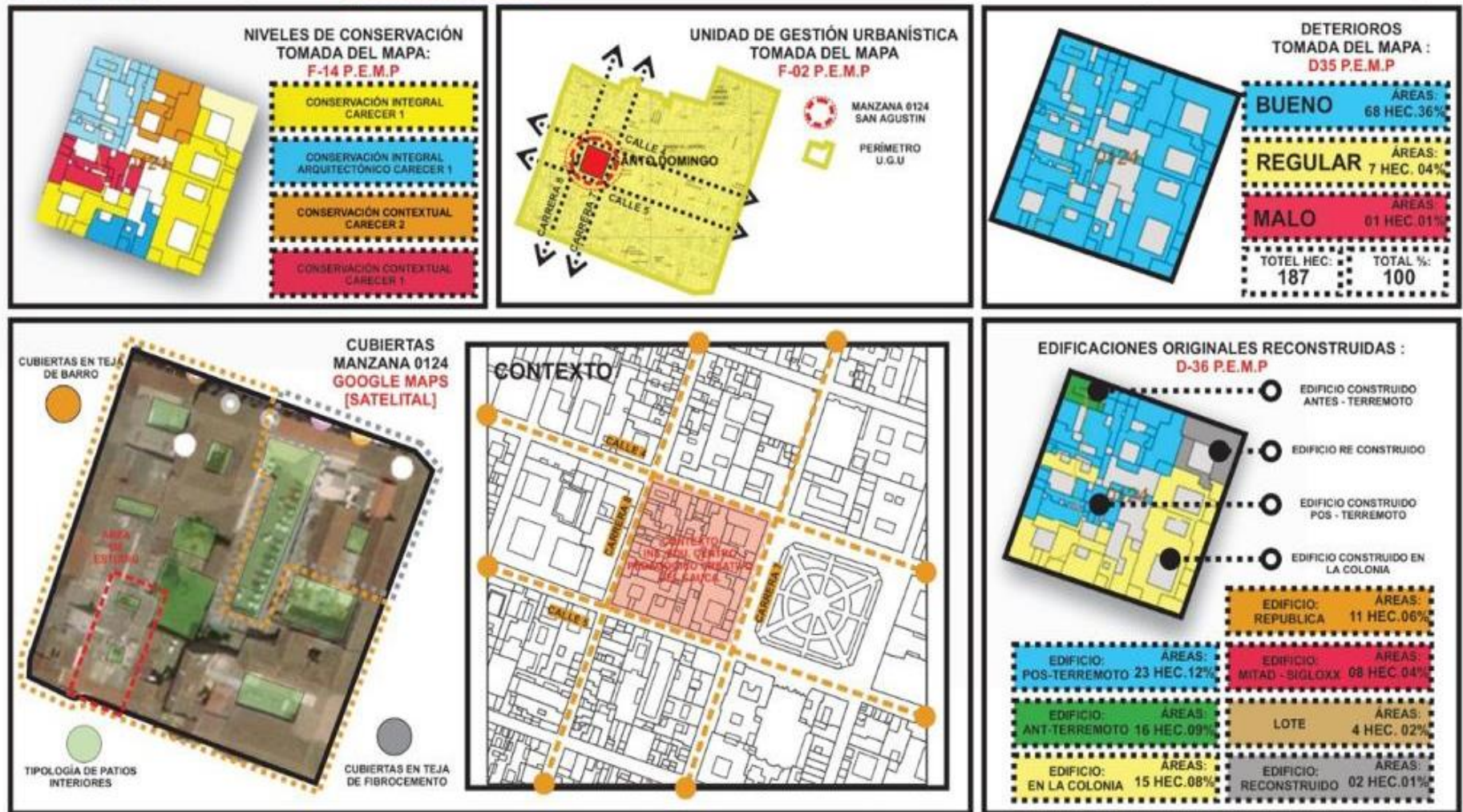
Se evidencian unas notables modificaciones en fachada en primer piso, con la apertura de vanos para dar respuesta a la necesidad del comercio, lo que desvirtúa el carácter formal de la fachada urbana.

Como se evidencia en la imagen, la edificación ha sido fuertemente alterada y modificada, se identifican sustracciones y adiciones en los volúmenes sin ningún manejo de proporción.

### ANTIGÜEDAD

<b>Autoría</b>	No se identifica el autor o grupo que haya dejado testimonio de la construcción del edificio.
<b>Año de construcción</b>	De acuerdo a el testimonio del propietario del inmueble, la época de construcción es de finales del siglo XVIII.

## VALORACIÓN DEL BIEN



Dentro de los documentos del plan especial de manejo y protección patrimonial (PEMP), es catalogado por ser un inmueble de conservación integral carácter 1 y en sus niveles de deterioro tomados del mapa expuesto en la imagen anterior, presenta un buen estado; así mismo, se puede evidenciar que el uso de este edificio ha sido modificado a lo largo de la historia, y su época fundacional se realizó en la colonia.

### 3. VULNERABILIDAD FUNCIONAL

#### USOS DEL SUELO



UNIDAD CARTOGRÁFICA O SÍMBOLO	USO DEL SUELO	ÁREA	
		Has	%
	Vivienda	40	21,6
	Equipamientos	19	10,2
	Parques y Zonas Verdes	17	8,9
	Servicios	8	4,5
	Comercio	8	4,2
	Lotes	4	2,2
	Parqueadero público	3	1,8
	Industria	1	0,6
<b>Total área de estudio</b>		<b>187</b>	<b>100</b>

El edificio donde funciona el Centro Pedagógico fue creado como unidad habitacional y actualmente su uso se ha visto modificado por el de institucional, como se evidencia en el plano de usos del suelo de la ciudad.

#### NORMATIVIDAD

La institución educativa tiene implementado un plan de gestión del riesgo de desastres y éste se encuentra adoptado con la normativa vigente. Donde se recalcan y trabajan las matrices de riesgos y se implementan estrategias de mitigación y prevención.

- La institución cuenta con planos de la edificación coherentes Y acordes a la estructura, Y con un plan de gestión de riesgo y desastres implementado.
- Se han realizado algunos simulacros de evacuación los cuales tienen tiempos de respuesta aceptables. Se evidencia señalética de evacuación y puntos de encuentro claros y reconocidos por los estudiantes.