

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE CALIDAD EN EDIFICACIONES DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE TUNJA MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Tolosa Gordillo, Luis Miguel¹; Hernández Carrillo, Carlos Gabriel²; Sarmiento-Rojas Jorge Andrés³; Güiza Pinzón Fabián⁴
.....

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tunja, apostada en la cordillera de los Andes y corazón del altiplano cundiboyacense, es la capital del departamento de Boyacá y alberga un centro histórico enriquecido por un amplio patrimonio cultural y arquitectónico. Este espectro de infraestructura histórica y conjuntos monumentales plasman y representan grandes acontecimientos de la historia colombiana, junto con la herencia acumulada de una comunidad activa y dinámica que se constituye en la mayor concentración de actividad demográfica y comercial, fruto de su formación como centro urbano desde épocas prehispánicas, capital del cacicazgo de los Zaques y posterior fundación en ciudad del imperio y corona española el 6 de agosto de 1539. En su legado se recoge la esencia del espíritu mestizo y la cultura hispanoamericana (Banco de la República de Colombia, 1997; Santamaría Delgado, 2017).

Por su importancia histórica y patrimonial deben aunarse esfuerzos para su preservación, defensa, vigilancia, incorporación y transmisión de los valores heredados por un núcleo cultural vivo y comunidades socialmente organizadas que garanticen el legado patrimonial histórico

1 Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. luis.tolosa@uptc.edu.co

2 Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. carlosgabriel.hernandez@uptc.edu.co

3 Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. jorge.sarmiento02@uptc.edu.co

4 Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. fabian.guiza@uptc.edu.co

en la remembranza de las hazañas pasadas y entendimiento de la diarias costumbres que hacen de este desarrollo, lugares únicos y valiosos, mediante la salvaguarda de su protección y conservación en sus diversas manifestaciones, tendiente a desaparecer, producto de las nuevas actividades socioeconómicas presentes en la actualidad.

Se deben orientar políticas de recuperación urbana, mediante la gestión de calidad en la inspección del patrimonio arquitectónico del centro Histórico de Tunja, ya que la supervisión de productos y procesos es una característica innata del control de calidad (Ding, Li, Zhou, & Love, 2017). Estos procesos permiten rectificar y proteger aspectos urbanísticos que atienden y fomentan el comercio, la competitividad y la inclusión de la identidad ciudadana (Ministerio de Cultura, 2012). Lo anterior contrasta con el dinámico movimiento económico en esta zona de la ciudad, la cual se ha constituido por la amplia oferta de bienes y servicios y centralización del aparato estatal (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2015).

A pesar de esto, no existe una evaluación en la gestión de calidad que permita vislumbrar y adaptar las condiciones patrimoniales e históricas con los fenómenos de globalización e inclusión de renovación urbana, que ha generado cambios espaciales, caracterizada por las dimensiones multifacéticas del entorno, su ajuste a la variedad, tipología de nuevas y tradicionales formas de asociación civil. Las cuales han repercutido en la urbanización y/o reestructuración de las urbes (Furlan, 2017; Joo & Park, 2017).

La gran evolución que ha experimentado la gestión de la calidad (QM) en los últimos años ha expuesto diversas opciones para implementar prácticas que esta filosofía propone junto con la reducción de dificultades en la aplicación de cada iniciativa, al identificar y analizar los factores involucrados (Gutiérrez, Torres, & Molina, 2010). Los problemas asociados a esta iniciativa varían en función de la importancia de los elementos y del esfuerzo en su implementación y posterior implantación. Esto al evaluar las diversas y cambiantes formas de distribución en el uso del espacio físico y patrimonio para satisfacer la importancia creciente en las sociedades modernas (Carbone, Oosterbeek, Costa, & Ferreira, 2020).

Dicha importancia refleja y sustenta la presente investigación y similares, integradas a la gestión del patrimonio cultural en el contexto de las actividades culturales y turísticas que han establecido la asociación entre las actividades socioeconómicas y la gestión del patrimonio cultural. Por lo tanto, las organizaciones públicas y privadas deben integrar y adaptarse a los retos que demanda el entorno cambiante (Velázquez & Vargas, 2012).

Estas cambiantes condiciones son mitigadas en incertidumbres y futuros riesgos mediante la gestión de calidad como “*criterio de calificación*”; que define y sostiene características relevantes para la conservación del patrimonio arquitectónico como bienes que representan la memoria histórica, junto con una función socioeconómica y política activa (Caputo & Pasetti, 2017). Así, en el centro histórico de Tunja se debe fomentar la cultura de la calidad en la gestión del patrimonio, entendida como una tendencia a la mejora continua y una atención constante a las necesidades de los usuarios de los lugares de interés patrimonial (Carbone et al., 2020).

Lo anterior integra aspectos en la flexibilidad y capacidad de respuesta y se constituye como modelo para obtener un mayor rendimiento (Prajogo & Sohal, 2003). Sin embargo, los tradicionales usos de suelo destinados al comercio y oferta de servicios son resilientes al cambio con el incremento de la complejidad en los procesos de evaluación y sostenibilidad del patrimonio a largo plazo, ya que las actuales condiciones en la economía de mercado se acentúan y generan retos en la calidad, gracias al enfoque competitivo y otras conductas que acentúan el deterioro y falla en la identificación oportuna del estado actual del patrimonio. Estos problemas han generado incoherencias en políticas relacionadas con el equipamiento urbano del centro histórico (Sánchez Sánchez & Pérez Tovar, 2019).

En este orden de ideas, la presente investigación analizó características relacionadas con fenómenos de vulnerabilidad en las edificaciones que integran el centro histórico de Tunja, mediante sistemas de información geográfica e integración de indicadores cualitativos de calidad previamente validados, desde su recopilación, adquisición, compilación, derivación del estado y vulnerabilidad del patrimonio que

integra el centro histórico de Tunja (Senaratne, Mobasheri, Ali, Capineri, & Haklay, 2017).

Los datos resultantes se concatenan a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para su análisis, interpretación y presentación de los hechos relativos al estado del patrimonio a través de herramientas de cómputo, diseñadas específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos, procedimientos y técnicas para manipular e integrar esta información con datos espaciales (Campbell & Michael, 2012), junto con la formulación de una metodología que permita generar una fiabilidad, credibilidad y calidad del contenido que favorezca su repercusión en decisiones tendientes a la conservación sostenible del patrimonio.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 La ciudad de Tunja en un contexto geográfico

La ciudad de Tunja, enclavada en la cordillera de los Andes y corazón del altiplano cundiboyacense, es la capital del departamento de Boyacá. Tuvo su fundación hispánica el 6 de agosto de 1539 por el Capitán Gonzalo Suárez Rendón, sobre territorio Chibcha, en el Valle del Alto Chicamocha, ubicado sobre la cordillera Oriental, localizada a $5^{\circ}32'7''$ de latitud norte y $37^{\circ}22'04''$ de longitud oeste, como se muestra en la Fig. 1.

Las altitudes en el departamento se encuentran entre el rango de 2.700 hasta 3.150 metros sobre el nivel del mar, con una superficie total de 11.962,72 Ha o 121,4 km², equivalentes al 0,5% del área del departamento. La densidad poblacional es de 1.596,44 personas por km² y una temperatura promedio de 13°C. Se limita por el norte con los municipios de Motavita y Cómbita, al oriente con los municipios de Oicatá, Chivatá, Soracá y Boyacá, por el sur con Ventaquemada y por el occidente con Samacá, Cucaita y Sora (Concejo Municipal de Tunja, 2016; Secretaría de Protección Social, 2013). Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2016) Tunja está ubicado en la Región Centro Oriente y Subregión Centro con un entorno de desarrollo intermedio.

Junto con Bogotá, Distrito Capital de la República de Colombia, comparten un inicio colonizador similar y un trasegar histórico confluído de eventos trascendentales en los procesos de independencia del imperio español y la creación de Colombia como República. Producto del protagónico papel de la causa federal, Tunja como capital de las provincias Unidas de la Nueva Granada fue fundamental en la lucha independentista que convirtió sus tierras fértiles en campos de célebres y decisivas batallas. El impulso de la ciudad permitió iniciar la emancipación española y culminar con la independencia de toda América del sur (Banco de la República de Colombia, 1997).

Por estas razones, Santamaría Delgado (2015), expresa que Tunja comprende aspectos geográficos, económicos, sociales y culturales. Además, el patrimonio físico vigente atestigua los múltiples eventos que enriquecen el centro histórico de la ciudad y plasman en la actualidad, grandes hechos que trascendieron y constituyen un amplio apartado de la historia colombiana. Este patrimonio representa la herencia acumulada de una comunidad y un capital físico e inmaterial. Por lo que estos sitios tienen una connotación de preservación, defensa, vigilancia, incorporación y transmisión de este valor adquirido por un núcleo cultural vivo y comunidades socialmente organizadas (Ministerio de Cultura, 2011).

Estas y otras consideraciones han permitido en el centro histórico de Tunja, su identificación, selección y conservación, mediante su delimitación geográfica, establecida en el “Plan Especial de Manejo y Protección del Centro Histórico de la Ciudad de Tunja (Ministerio de Cultura, 2012). El cual se centra en la noción y conciencia del monumento aislado. Basado en el alto valor patrimonial en determinadas edificaciones emblemáticas que aducen a hechos históricos destacados y se formulan como hitos dentro del paisaje urbano, según lo establecido en la Carta de Atenas de 1931.

Estas políticas plantean el deber de garantizar la continuidad de su existencia, protección y conservación de las diversas manifestaciones del patrimonio, tendiente a desaparecer, producto de los cambios impulsados por la globalización. De modo que se han planteado acciones de restauración que no perjudiquen los estilos arquitectónicos y patrimoniales existentes sin el impedimento de las interacciones socioeconómicas

presentes y la fisonomía del centro histórico conservada (Gómez Consuegra, 2015; Rodríguez, 2008).

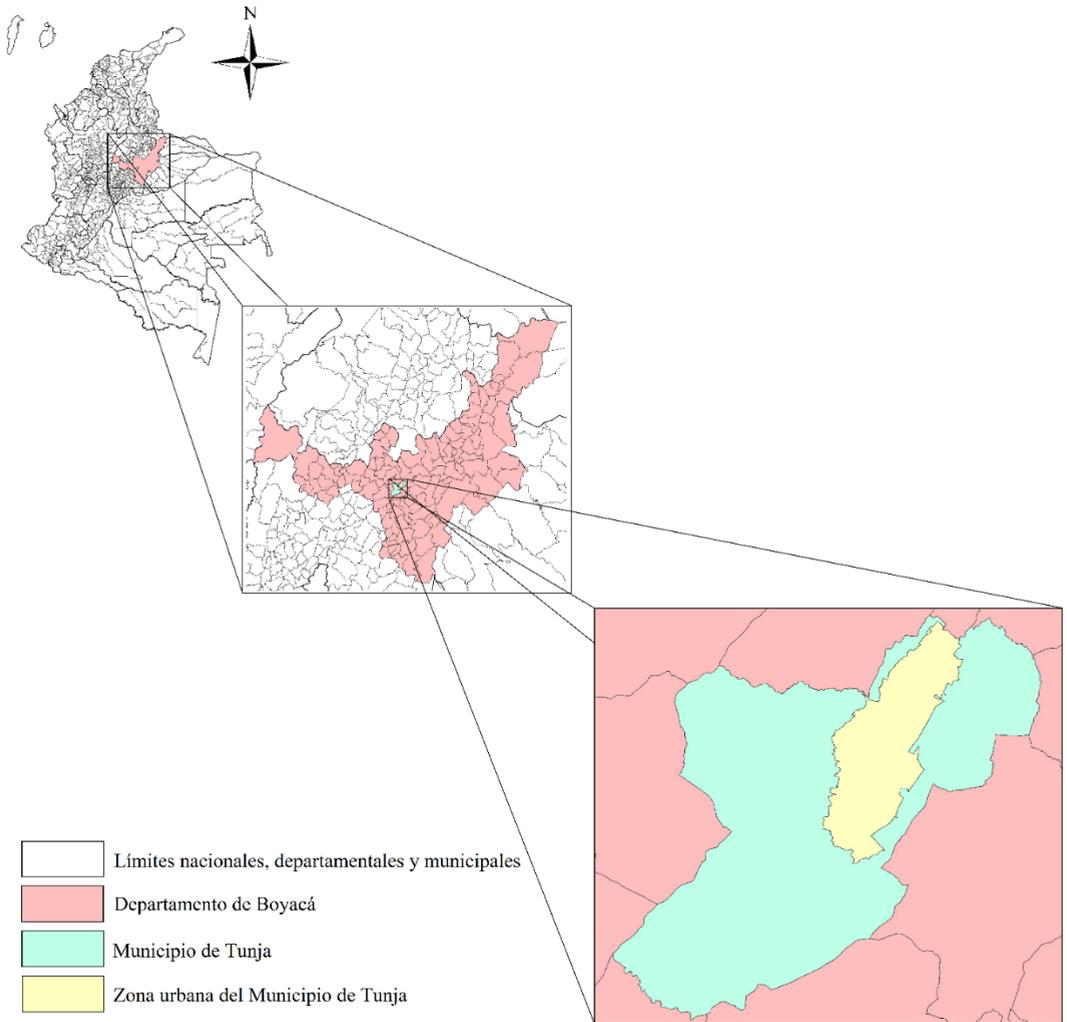


Fig. 1. Ubicación geográfica y diferenciación de la ciudad de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

La Fig. 1 desglosa la zona rural y cabecera municipal o zona urbana de Tunja. En esta última se encuentra el centro histórico de Tunja, como se ilustra en la Fig. 2. Esta delimitación geográfica es célebre por su gran

riqueza arquitectónica y artística, gracias a la conformación cultural y religiosa, representada en el tradicional trazado en damero (plan hipodámico), que en la actualidad conforma la mayor concentración de actividad demográfica y comercial.

Estas actividades antrópicas lo constituyen como centro urbano, que se remontan desde la capital del cacicazgo de los zaques en épocas prehispánicas, semejantes a otros asentamientos indígenas previa conquista y colonización del imperio español. El poder político se ha mantenido en similares zonas de grandes ciudades como Bogotá, Quito, México, D.F., Mendoza o San Pablo Brasil. En consecuencia, estos aplazamientos en la actualidad, cargan en su esencia el espíritu mestizo de la cultura hispanoamericana (Banco de la República de Colombia, 1997; Santamaría Delgado, 2017).

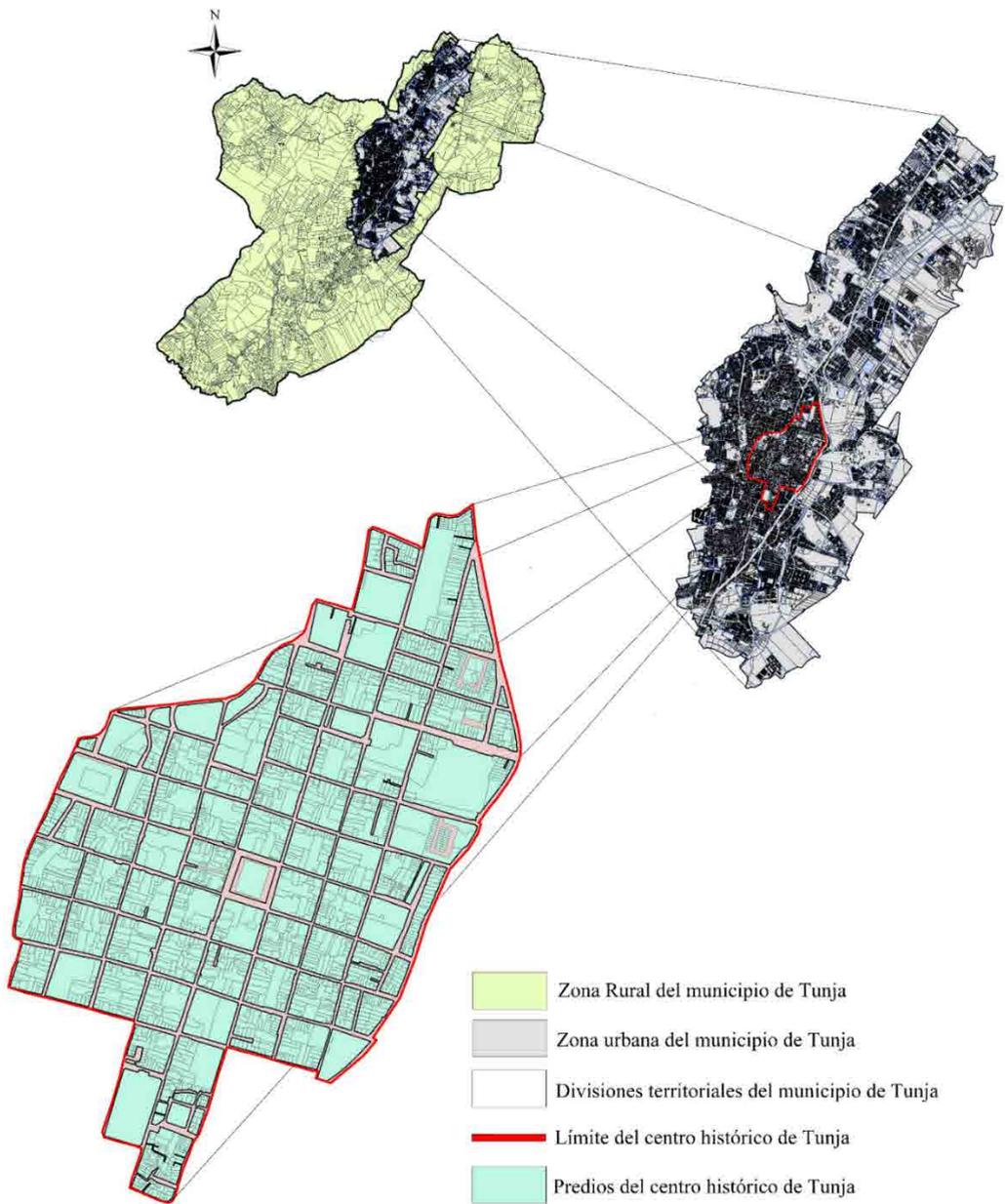


Fig. 2. Ubicación geográfica del centro histórico de Tunja y zona de estudio.

Fuente: elaboración propia.

2.2 El espacio público en el centro histórico de Tunja

El espacio público es un concepto fundamental para la vida urbana, especialmente en zonas de carácter especial, gracias a la importancia y vitalidad expresada sobre el espacio representativo de la ciudad (centro histórico), producto del acumulado patrimonial, su ocupación e interacción. Estas acciones manifiestas cumplen funciones, mediante mecanismos de regulación e interacción para identificar el estado y conservación del mismo. Lo anterior refleja el conflicto resultante de esta ocupación por los referentes organizacionales que ha constituido y conformado a través de los siglos.

Así, se permite afrontar el incremento en la complejidad en las diferentes dinámicas y los requerimientos espaciales para su suplencia en las actuales condiciones. Estas necesidades generan retos para mantener la calidad y conservación del patrimonio, gracias al enfoque competitivo y sus consecuencias. No obstante, estos cambios traen consigo transformaciones en las estructuras organizacionales con el fin de adaptarse a estos nuevos panoramas. Sin embargo, no es clara la gestión de calidad y su integración en los procesos de inspección para salvaguardar el patrimonio físico en el centro histórico de Tunja y su integración con variables espaciales y socioeconómicas (García Angulo, 2006).

Lo anterior contrasta con los fenómenos de globalización y los cambios espaciales en las ciudades que hace parte de la red económica mundial. Estos comportamientos generan dimensiones multifacéticas y una variedad de relaciones socioeconómicas que han repercutido en la urbanización y/o reestructuración de las urbes (Furlan, 2017; Joo & Park, 2017). Las organizaciones públicas y privadas se enfrentan a grandes retos por el entorno cambiante y la afectación del desempeño, estabilidad de las estructuras y mitigación de riesgos. Como parte de la planificación integral en gestión de calidad, esta metodología se ha basado durante mucho tiempo en la exposición a los riesgos y la vulnerabilidad física o estructural (Highfield, Peacock, & Van Zandt, 2014).

La vulnerabilidad física o estructural depende de las características físicas de los predios y la población en el entorno construido. Además,

el contraste con los modernos códigos de construcción diferencian la gestión de calidad y riesgo en las edificaciones como la elevación, el tipo de tejado o el revestimiento exterior. Estas particularidades de las edificaciones de carácter histórico y patrimonial exigen intervenciones especiales para la identificación de riesgos. Lo que es acentuado por las condiciones ambientales y antrópicas que provocan cambios en las condiciones físicas del predio (en muchos casos con relevantes efectos degenerativos e irreversibles) a lo largo del tiempo (Andretta, Coppola, Modelli, Santopuoli, & Seccia, 2017).

2.3 Gestión de calidad en proceso de inspección del patrimonio

Recientemente, se ha promovido la noción de vulnerabilidad social como una dimensión del desarrollo social del territorio. Por esto, la vulnerabilidad social considera las características socioeconómicas que han repercutido en la capacidad para prepararse, anticiparse, hacer frente y recuperarse de las amenazas (Highfield et al., 2014). El mapeo de la distribución de estas características permite captar la variabilidad en la capacidad de las edificaciones y su uso actual para la mitigación y recuperación. Lo cual genera grandes dificultades para identificar y gestionar los aspectos necesarios para que integren su evaluación histórica y coordinación para su conservación.

A menudo, no se emplea un plan de gestión de calidad para determinar el uso adecuado para las edificaciones patrimoniales en una ubicación concreta, junto al poco tiempo para asignar una reutilización adaptativa de los procesos para toma de decisiones relativas al uso y conservación de edificaciones patrimoniales (Chen, Judd, & Hawken, 2016; Ismail, 2019). Los factores considerados para el proceso de gestión de calidad en las edificaciones patrimoniales incluyen los materiales de construcción históricos, la economía y las características de la sociedad y las diferencias culturales (Ismail, 2019). Por las falencias en estas gestiones, la mala evaluación del estado de mantenimiento de una edificación y la falta de durabilidad de sus componentes repercuten en su vida útil.

Ibáñez, *et al.* (2016), afirman que los riesgos inherentes al proceso de servicio del edificio dependen de los métodos y técnicas para la

determinación del alcance de las actividades de mantenimiento. De modo que la gestión inadecuada y los bajos niveles de conocimientos técnicos durante las actividades de mantenimiento del patrimonio influyen negativamente en los factores de rendimiento financiero y de calidad.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Procedimiento general para establecer características de vulnerabilidad en edificaciones del centro histórico de Tunja

Mediante resolución 0428 de 2012, “*Plan Especial de Manejo y Protección del Centro Histórico de la Ciudad de Tunja*” (Ministerio de Cultura, 2012) se establece la zona de estudio como el área que integra el centro histórico de Tunja, sin considerar su zona de influencia. Esta área tiene una extensión de 1.124.132,21 m² y un total de 2423 predios. La Fig. 3 ilustra el proceso metodológico para establecer vulnerabilidad de las edificaciones del centro histórico de Tunja.

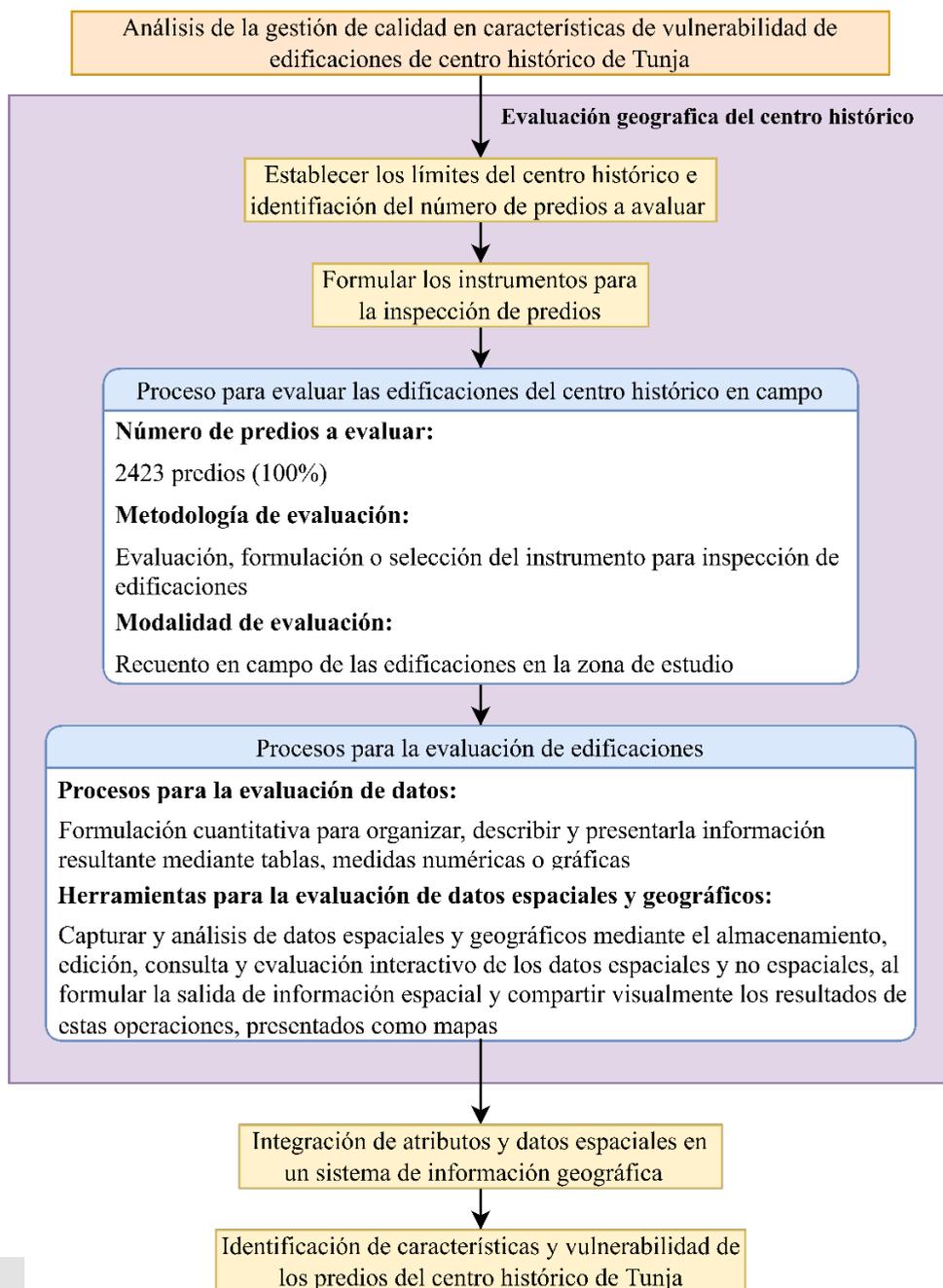


Fig. 3. Esquematación de la metodología implementada.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se desglosa el proceso metodológico implementado para establecer, analizar y presentar la información resultante que permite identificar zonas y características relacionadas con la vulnerabilidad de edificaciones que integran el centro histórico de la ciudad de Tunja.

3.2 Proceso para la evaluación de edificaciones

Con el fin de realizar un recuento ordenado de la información, se estableció el número de predios a evaluar. Las metodologías empleadas y modalidad de evaluación se desglosan en seguida:

3.2.1 Formulario para inspección de vulnerabilidad de edificaciones

Mediante la metodología de inspección y puntaje, formulada por la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS) a través de la utilización parcial del “*Formulario único para inspección de edificaciones después de un sismo*” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, 2002), se identifican las características potenciales y deficiencias estructurales de la edificación, con la inspección visual en campo, al atribuir valores numéricos a cada componente significativo de la misma y al seguir los planteamientos de inspección formulados en la “*Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo. Manual de campo*” (Alcaldía mayor de Bogotá, D.C., 2002).

Esta metodología se diseñó para evaluar de manera específica cada uno de las edificaciones de una zona, con el objetivo principal de determinar la seguridad de las construcciones, al identificar su riesgo, las capacidades de uso por la presencia de daños severos o de elementos que generan riesgo en el sector específico de la edificación.

La ponderación a partir de su importancia relativa se inicia con un reconocimiento del área asignada, junto con el análisis de la afectación de las edificaciones de forma puntual para entender las causas y tipo de daños, así como la severidad de los mismos. Estos conducen a la determinación de la vulnerabilidad y mecanismos para implementar gestiones de calidad adecuados (Melone, 2003). Esta metodología permite realizar una evaluación preliminar orientada para jerarquizar el nivel de vulnerabilidad de cada edificación. Las variables a identificar se establecen en el formato de evaluación expuesto en la Tabla 1.

Tabla 1. Guía para inspección en edificaciones para el centro histórico de Tunja.



ALCALDÍA MAYOR
DE TUNJA

FORMULARIO ÚNICO PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



FECHA <input style="width: 100%;" type="text"/> NOMBRE DEL BARRIO <input style="width: 100%;" type="text"/>	Código de Formulario <input style="width: 100%;" type="text"/> Inspección de la edificación <input style="width: 100%;" type="text"/> Clasificación de habitabilidad <input style="width: 100%;" type="text"/>																																																																
IDENTIFICACION DE LA EDIFICACION Dirección: Carrera <input type="checkbox"/> Calle <input type="checkbox"/> Transv <input type="checkbox"/> Diag <input type="checkbox"/> Avda <input type="checkbox"/> Otro: <input style="width: 50px;" type="text"/> Número <input style="width: 100%;" type="text"/> Nombre de la Edificación <input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/> Uso predominante: <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>1. Residencial</td><td>2. Comercial</td><td>3. Educativo</td><td>1 Piso</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>4. Salud</td><td>5. Hotelero</td><td>6. Oficinas</td><td>2 Piso</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>7. Industrial</td><td>8. Institucional</td><td>9. Bodegas</td><td>3 Piso</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>10. Estacionamientos</td><td>11. Museos</td><td>12. Iglesias (patrimonio)</td><td>4 y 5 pisos</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>13. Monumentos</td><td>14. Iglesias (estruc. Moderna)</td><td>15. Otros</td><td>6 pisos o más</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr> <td>16. Lotes</td><td>17. Deshabitado</td><td>18. N/A</td><td></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table> Número de pisos: <input style="width: 50px;" type="text"/> Dimensiones aproximadas de la edificación: Frente (m) <input style="width: 50px;" type="text"/> Fondo (m): <input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Residencial	2. Comercial	3. Educativo	1 Piso	<input type="checkbox"/>	4. Salud	5. Hotelero	6. Oficinas	2 Piso	<input type="checkbox"/>	7. Industrial	8. Institucional	9. Bodegas	3 Piso	<input type="checkbox"/>	10. Estacionamientos	11. Museos	12. Iglesias (patrimonio)	4 y 5 pisos	<input type="checkbox"/>	13. Monumentos	14. Iglesias (estruc. Moderna)	15. Otros	6 pisos o más	<input type="checkbox"/>	16. Lotes	17. Deshabitado	18. N/A		<input type="checkbox"/>	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Sistema Estructural <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>Concreto Reforzado:</td><td>11 Pórtico de concreto</td><td>12 Muros estructurales</td><td>13 Sistemas duales</td><td>14 Prefabricados</td></tr> <tr> <td>Mampostería:</td><td>21 Mampostería confinada</td><td>22 Mampostería reforzada</td><td>23 Mampostería no reforzada</td><td></td></tr> <tr> <td>Aceero:</td><td>31 Pórticos armostreados</td><td>32 Pórticos no armostreados</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Madera:</td><td>41 Pórticos y paneles en madera</td><td>42 Pórticos en madera y paneles en otro material</td><td>80. otros</td><td></td></tr> <tr> <td>Bahareque:</td><td>51 Muro en Bahareque</td><td>62 Muro en bloque</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Adobe:</td><td>61 Muro en tapia</td><td>71 Mixto</td><td>72. Construida con material Precario</td><td></td></tr> </table> SISTEMA ESTRUCTURAL <input style="width: 100%;" type="text"/> Año de construcción <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <tr> <td>1. Antes de 1930</td><td>2. 1930 a 1964</td></tr> <tr> <td>3. 1965 a 1997</td><td>4. A partir de 1998</td></tr> </table>	Concreto Reforzado:	11 Pórtico de concreto	12 Muros estructurales	13 Sistemas duales	14 Prefabricados	Mampostería:	21 Mampostería confinada	22 Mampostería reforzada	23 Mampostería no reforzada		Aceero:	31 Pórticos armostreados	32 Pórticos no armostreados			Madera:	41 Pórticos y paneles en madera	42 Pórticos en madera y paneles en otro material	80. otros		Bahareque:	51 Muro en Bahareque	62 Muro en bloque			Adobe:	61 Muro en tapia	71 Mixto	72. Construida con material Precario		1. Antes de 1930	2. 1930 a 1964	3. 1965 a 1997	4. A partir de 1998
1. Residencial	2. Comercial	3. Educativo	1 Piso	<input type="checkbox"/>																																																													
4. Salud	5. Hotelero	6. Oficinas	2 Piso	<input type="checkbox"/>																																																													
7. Industrial	8. Institucional	9. Bodegas	3 Piso	<input type="checkbox"/>																																																													
10. Estacionamientos	11. Museos	12. Iglesias (patrimonio)	4 y 5 pisos	<input type="checkbox"/>																																																													
13. Monumentos	14. Iglesias (estruc. Moderna)	15. Otros	6 pisos o más	<input type="checkbox"/>																																																													
16. Lotes	17. Deshabitado	18. N/A		<input type="checkbox"/>																																																													
Concreto Reforzado:	11 Pórtico de concreto	12 Muros estructurales	13 Sistemas duales	14 Prefabricados																																																													
Mampostería:	21 Mampostería confinada	22 Mampostería reforzada	23 Mampostería no reforzada																																																														
Aceero:	31 Pórticos armostreados	32 Pórticos no armostreados																																																															
Madera:	41 Pórticos y paneles en madera	42 Pórticos en madera y paneles en otro material	80. otros																																																														
Bahareque:	51 Muro en Bahareque	62 Muro en bloque																																																															
Adobe:	61 Muro en tapia	71 Mixto	72. Construida con material Precario																																																														
1. Antes de 1930	2. 1930 a 1964																																																																
3. 1965 a 1997	4. A partir de 1998																																																																
ESTADO DE LA EDIFICACION Estado General de la Edificación Revisar la edificación en forma global para las condiciones señaladas a continuación y hacer las aclaraciones necesarias en la sección de comentarios. <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>1. Existe colapso: 1. No 2. Parcial 3. Total</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>3. Falla o asentamiento de la cimentación: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> </table> Daños en Elementos Arquitectónicos Indique el grado de daño de los elementos	1. Existe colapso: 1. No 2. Parcial 3. Total	<input style="width: 50px;" type="text"/>	2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>	3. Falla o asentamiento de la cimentación: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>	<table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>14. Chapados superficiales</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar</td><td></td></tr> <tr> <td>15. Ventanas</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar</td><td></td></tr> <tr> <td>16. Portones</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar</td><td></td></tr> <tr> <td>17. Elementos singulares (Cruces, Fierros, Farolas, rejillas).</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar</td><td></td></tr> <tr> <td>18. Cercanía a sistemas de emergencia (Alarmas, hidrantes y demás).</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>1. Cerca 2. En la misma cuadrada. 3. Lejos</td><td></td></tr> </table> Porcentaje de Daños Global de la Edificación Estimar el porcentaje del área afectada con relación al área total construida de la edificación. <table style="width: 100%; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>Rango</th><th>%</th><th>Clasificación Global del daño</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>1. Ninguno</td></tr> <tr> <td>0 - 10%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>2. Leve</td></tr> <tr> <td>10 - 30%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>3. Moderado</td></tr> <tr> <td>30 - 60%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>4. Fuerte</td></tr> <tr> <td>60 - 100%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>5. Severo Colapso</td></tr> <tr> <td>100%</td><td><input style="width: 30px;" type="text"/></td><td>6. Total</td></tr> </tbody> </table> Problemas de entorno <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>1. Edificio o infraestructura vecina crítica que pueda caer y afectar la estabilidad. 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>2. Evento adverso inminente que puede afectar la habitabilidad de la edificación 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> </table> Problemas Geotécnicos <table style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td>10. Falla en talud o movimientos en masa 1. No 2. Puntual 3. General</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>11. Asentamiento, subsidencia o licuación 1. No 2. Puntual 3. General</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> <tr> <td>12. Grietas en el Terreno circundante 1. No 2. Puntual 3. General</td><td><input style="width: 50px;" type="text"/></td></tr> </table>	14. Chapados superficiales	<input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar		15. Ventanas	<input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar		16. Portones	<input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar		17. Elementos singulares (Cruces, Fierros, Farolas, rejillas).	<input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar		18. Cercanía a sistemas de emergencia (Alarmas, hidrantes y demás).	<input style="width: 50px;" type="text"/>	1. Cerca 2. En la misma cuadrada. 3. Lejos		Rango	%	Clasificación Global del daño	0%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	1. Ninguno	0 - 10%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	2. Leve	10 - 30%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	3. Moderado	30 - 60%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	4. Fuerte	60 - 100%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	5. Severo Colapso	100%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	6. Total	1. Edificio o infraestructura vecina crítica que pueda caer y afectar la estabilidad. 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>	2. Evento adverso inminente que puede afectar la habitabilidad de la edificación 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>	10. Falla en talud o movimientos en masa 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>	11. Asentamiento, subsidencia o licuación 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>	12. Grietas en el Terreno circundante 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>							
1. Existe colapso: 1. No 2. Parcial 3. Total	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
3. Falla o asentamiento de la cimentación: 1. Si 2. No 3. No se pudo determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
14. Chapados superficiales	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar																																																																	
15. Ventanas	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar																																																																	
16. Portones	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar																																																																	
17. Elementos singulares (Cruces, Fierros, Farolas, rejillas).	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo 6. No es posible Determinar																																																																	
18. Cercanía a sistemas de emergencia (Alarmas, hidrantes y demás).	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
1. Cerca 2. En la misma cuadrada. 3. Lejos																																																																	
Rango	%	Clasificación Global del daño																																																															
0%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	1. Ninguno																																																															
0 - 10%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	2. Leve																																																															
10 - 30%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	3. Moderado																																																															
30 - 60%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	4. Fuerte																																																															
60 - 100%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	5. Severo Colapso																																																															
100%	<input style="width: 30px;" type="text"/>	6. Total																																																															
1. Edificio o infraestructura vecina crítica que pueda caer y afectar la estabilidad. 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
2. Evento adverso inminente que puede afectar la habitabilidad de la edificación 1. No 2. Si 3. No se pudo Determinar	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
10. Falla en talud o movimientos en masa 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
11. Asentamiento, subsidencia o licuación 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
12. Grietas en el Terreno circundante 1. No 2. Puntual 3. General	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																

Tolosa Gordillo, Luis Miguel; Hernández Carrillo, Carlos Gabriel; Sarmiento-Rojas Jorge Andrés; Gúiza Pinzón Fabián



ALCALDÍA MAYOR
DE TUNJA

FORMULARIO ÚNICO PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia



RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD		
Se necesita visita especializada por aspectos:		
1. Estructurales <input type="checkbox"/>	2. Geotécnicos <input type="checkbox"/>	3. Servicios públicos <input type="checkbox"/>
Se recomienda intervención de:		
1. Planeación- Control físico <input type="checkbox"/>	2. Policía- Ejército <input type="checkbox"/>	3. Tránsito <input type="checkbox"/>
		4. Entidades de Rescate <input type="checkbox"/>
Medidas de seguridad:		
1. Evacuar parcialmente la edificación <input type="checkbox"/>	4. Restringir tráfico vehicular <input type="checkbox"/>	7. Apuntalar <input type="checkbox"/>
2. Restringir paso de peatones <input type="checkbox"/>	5. Evacuar totalmente la edificación <input type="checkbox"/>	8. Evacuar edificaciones vecinas <input type="checkbox"/>
3. Manejo de sustancias peligrosas <input type="checkbox"/>	6. Cubrir con plástico <input type="checkbox"/>	9. Control de aguas de escorrentía <input type="checkbox"/>
		10. Demoler elementos en peligro de caer <input type="checkbox"/>
		11. Desconectar 1. Energía 2. Gas 3. Agua <input type="checkbox"/>

CONDICIONES PRE-EXISTENTES	
1. Calidad de la Construcción: 1. Buena 2. Regular 3. Mala.	<input type="checkbox"/>
2. Posición de la edificación en la manzana: 1. Esquina 2. Intermedia 3. Libre por un costado 4. Libre por dos costados.	<input type="checkbox"/>
3. Condiciones topográficas: 1. Plano 2. Cresta 3. Ladera 4. Pie de ladera 5. Valle 6. Borde de canal, río o lago.	<input type="checkbox"/>
4. Hubo reparación. 1. Total 2. Parcial 3. Ninguna.	<input type="checkbox"/>
5. Tipo de cubierta 1. Plana 2. A un agua 3. A dos Aguas 4. A cuatro aguas 5. No se puede Determinar 6. Otra	<input type="checkbox"/>
6. Materiales de la Cubierta. 1. Teja de barro 2. Teja española. 3. Teja de asbesto 4. Teja plástica 5. Teja Metálica 7. Otra	<input type="checkbox"/>
7. Hay indicios de daños 1. Si 2. No	<input type="checkbox"/>
OCUPACION DE LA EDIFICACIÓN	
1. En el momento de realizar esta evaluación la edificación está 1. Habitada 2. Parcialmente Habitada 3. Deshabitada	<input type="checkbox"/>
2. Número de unidades Residenciales.	<input type="checkbox"/>
3. Número de unidades Comerciales	<input type="checkbox"/>
4. Número de unidades Deshabitadas	<input type="checkbox"/>
INFORMACIÓN DE CONTACTO	
Nombre	<input type="text"/>
Teléfono	<input type="text"/>

Comentarios:

Fuente: modificado de AIS. Formulario para inspección
de edificaciones después de un sismo, 2002.

3.2.2 Evaluación y clasificación del daño como herramienta en la gestión de calidad de edificaciones

Posterior a la inspección de la edificación, se evalúa el daño como valoración cualitativa en diferentes niveles de afectación identificados

cualitativamente. Esta valoración no indica directamente que los daños generen una preocupación en los habitantes de la edificación. Por lo que para definir la habitabilidad y el daño es necesario integrar factores relacionados con el estado de la edificación y su uso al implementar metodologías verificadas y utilizadas en el formato de evaluación propuesta en el Applied Technology Council (ATC), (Federal Emergency Management Agency, 1985).

Esta guía se adoptó recientemente en Colombia por la “*Guía Técnica para Inspección de Edificaciones después de un Sismo en la ciudad de Bogotá D.C.*” (Alcaldía mayor de Bogotá D.C., 2002). El diseño experimental permite la validación y objetividad de esta técnica de evaluación al aplicarse en contextos similares (ciudad de Bogotá, D.C.). De acuerdo con lo anterior, la metodología basada en estados de daño (obtenidos mediante relaciones de demanda contra capacidad en términos de rigidez, resistencia y disipación de energía) se expresa en la estandarización de porcentaje de daño según la evaluación cualitativa expuesta en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes de daño en edificaciones, evaluada por la metodología ATC.

Clasificación habitabilidad (color)	Caracterización del daño	Rango de daño (%)	Descripción
Habitable (Verde)	Ninguno	0	Sin daño.
Habitable (Verde)	Leve	0-10	Daño menor localizado en algunos elementos que no requiere permanente reparación.
Uso restringido (Amarillo)	Moderado	10-30	Daño menor localizado en muchos elementos que deben ser reparados.
No habitable (Naranja)	Fuerte	30-60	Daño extensivo que requiere reparaciones mayores.
Peligro de colapso (Rojo)	Severo	60-100	Daño grave generalizado que puede significar demolición de la estructura.
	Colapso Total	100	Destrucción total o colapso.

Fuente: Guía Técnica para Inspección de Edificaciones después de un Sismo. Manual de campo AIS., 2002.

Al obtener esta información en campo, los datos son ordenados y sistematizados mediante la implementación de sistemas de información geográfica (SIG), para conformar atributos y posteriormente realizar los

análisis respectivos que sustenten formulación de políticas adecuadas. Para este fin, se expone la formulación metodológica para el análisis y distribución de datos espaciales a continuación.

3.3 Análisis de la distribución espacial de los predios del centro histórico de Tunja

El análisis de la distribución espacial por tamaño de predios ubicados en el centro histórico se ha definido en lo normativa vigente por las dinámicas históricas y políticas en la actualidad. Esta formulación de aspectos físicos y culturales se ha plasmado en los diferentes materiales y técnicas constructivas utilizadas desde su constitución como urbe, junto con las variaciones que diversas actividades socioeconómicas han modificado en el entorno. Entonces, para el análisis de predios, es necesario establecer las diferentes unidades de observación, previa evaluación en campo. Estas se subdividen así:

- **Universo**

Está conformado por la totalidad de unidades prediales de uso residencial, económico o de servicio visibles, de los diferentes sectores de la economía, localizados en el centro histórico de Tunja.

- **Población Objetivo**

Se conforma por la totalidad de unidades prediales visibles de uso residencial, comercial o de servicios, ubicadas en puestos fijos según los diferentes sectores de la economía localizados en el centro histórico de Tunja.

3.3.1 Unidades de Observación

Son el compendio de estructuras o edificaciones individuales a evaluar, definidas para relacionar la información establecida en mapas oficiales con las características de vulnerabilidad identificadas en campo. Estas unidades se definen a continuación:

- **Manzana cartográfica**

Unidad que identifica la subdivisión física existente en los cuadrantes que conforman el centro histórico de Tunja. Como unidad de observación, las manzanas se definen por la separación entre ellas por vías de tránsito vehicular, peatonal y/o limitadas por accidentes naturales. Estas unidades se formulan como espacio urbano constituido por predios o edificaciones. Para su análisis, las manzanas y sus predios fueron georreferenciados junto al establecimiento de su identificación catastral. Estas unidades contienen información de lote o acotamientos, nomenclatura vial o domiciliaria, construcción, número de pisos y sectorización.

- Predio o unidad de muestreo

Corresponde a la delimitación del inmueble a evaluar y está definida como unidad básica de medida o unidad estadística. De modo que fueron caracterizadas previamente en mapas cartográficos integrados en un SIG. La Fig. 4 establece el esquema de las unidades de observación.

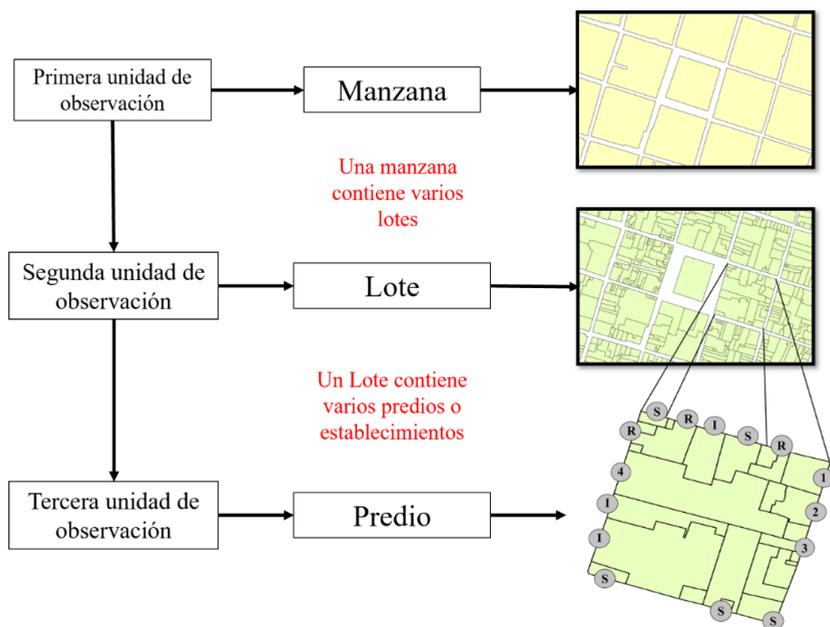


Fig. 4. Unidades de observación definidas.

Fuente: elaboración propia.

3.4 Método de recolección

La metodología implementada para recolección de información se realiza mediante el barrido por manzana por el desplazamiento físico de los sensores en cada manzana asignada con una nomenclatura previa para garantizar la completa cobertura de todos los predios. Para este fin se establecieron, previamente, el orden del recorrido por manzana y predio, según los siguientes parámetros:

- El recorrido de las manzanas se realizó de sur a norte.
- Los recorridos por manzanas y predios se realizaron con sentido horario.
- Los recorridos fueron realizados en horarios de 9:00 a.m. a 12:00 m. y de 2:00 p.m. a 8:00 p.m., con el fin de evaluar la dinámica comercial de los predios.

La evaluación está representada esquemáticamente en la Fig. 5.

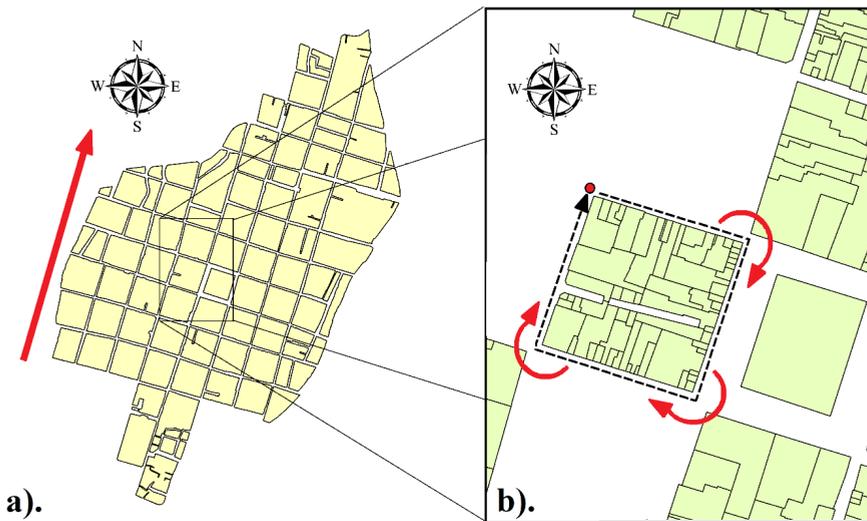


Fig. 5. Esquemización de la recolección en campo de información.

Fuente: elaboración propia.

3.4.1 Recuento de los predios evaluados

El recuento es realizado por la inscripción en formato papel y digital de los predios visibles dentro de los linderos del centro histórico. En la inspección se censó la actividad social o económica según la actividad socioeconómica realizada. La Fig. 6 expone, como ejemplo, la visualización de los predios evaluados.



Fig. 6. a). Ejemplo del predio y una actividad económica realizada, b). Ejemplo de la identificación de la vulnerabilidad de predio con fuerte daño global.

Fuente: elaboración propia.

3.5 Evaluación del entorno mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Mediante el software ArcGIS® se realiza la formulación de espacios vectoriales del centro histórico de Tunja, para representar de forma simplificada los datos espaciales que conforman los predios a evaluar. Estos atributos se representan mediante polígonos y puntos. Además, incluyen los atributos de cada predio e integración de estas dos tipologías de información con facilidades de análisis a través de su visualización geográfica (Campbell & Michael, 2012; Casado Echarren & Lora-Tamayo Vallvé, 2013). Estas representaciones son ilustradas en la Fig. 7.

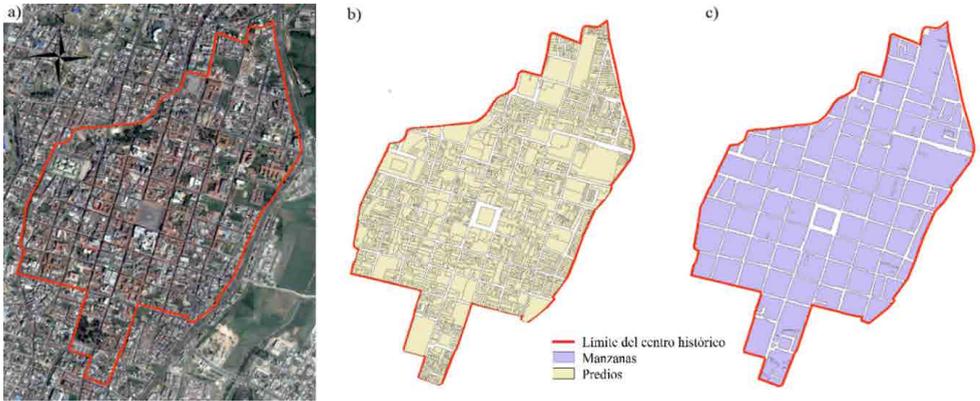


Fig. 7. Distribución geoespacial por manzanas y predios del centro histórico de Tunja.
A) Ubicación satelital; b). Distribución de predios; c). Distribución de manzanas.

Fuente: elaboración propia.

3.6 Proceso de vectorización y creación de “shapefiles” del centro histórico

Para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas se utilizan “shapefiles” en el Sistema de Información Geográfica (SIG), para representar a las edificaciones de forma simplificada por características espaciales (polígonos), mediante archivos de vectores con atributos editables en el programa ArcGIS®. Para este análisis se requiere su redimensión sin pérdida de calidad visual en búsqueda de representar las propiedades evaluadas de cada edificación. De modo que se requirió la obtención de datos vectorizados de las edificaciones ubicadas en el centro histórico en función de:

- El uso previsto de los datos.
- El nivel de detalle y precisión deseado.
- Base de datos disponible alrededor de la caracterización del centro histórico en este tipo de formatos.

3.7 Proceso de georreferenciación de los predios del centro histórico de Tunja en el SIG

La posición de los predios del centro histórico y entidades en una localización geográfica se han definido en un sistema de coordenadas y datum específicos para incluirlos en sistema de información geográfica

(SIG). Estos predios se representaron en objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) y objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas en representación de objetos físicos) para un pertinente análisis de datos geospaciales. Para este fin se realizó el siguiente procedimiento:

3.7.1 Adopción de datum de referencia

Con base en el conjunto de puntos de referencia utilizado para ubicar zonas en el espacio terrestre, la ubicación de predios se realizó con datos utilizados en la geodesia, navegación y topografía de los cartógrafos y los sistemas de navegación por satélite. Estas observaciones se han formulado en las ubicaciones indicadas en los mapas (papel o digital) que representan la posición real en la Tierra. Así, mediante la Resolución 068 de 2005, se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de referencia – Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (MAGNA-SIRGAS), el cual será el datum de referencia utilizado en el proceso de análisis de los predios y atributos, caracterizado por:

- Adopción del estándar International Terrestrial Reference Frame ITRF94, época 1995,4.
- El tipo de Elipsoide utilizado es Geodetic Reference System 1980: GRS80 (Moritz, 1980, 1992).
- Se utiliza la proyección cartográfica Gauss – Krüger, modificada a la latitud del Observatorio Astronómico de Bogotá.

En resumen, se escogió como datum de referencia Magna-Sirgas Bogotá, debido a la mayor precisión de este en función de la ubicación cercana de Tunja con la capital de Colombia.

3.8 Análisis de densidad de las entidades en la vecindad

Mediante las densidades de proximidad por la función Kernel, se han establecido las zonas de concentración e influencias de los atributos relacionados con la vulnerabilidad. Además, esta metodología permite formular la evaluación de cercanías de predios a partir de características de puntos (posición geográfica) y la concentración de los mismos. Estas estimaciones se relacionan con el mayor valor superficial. Lo anterior se reduce a medida que se aleja del punto y llega a cero a cierta distancia

radial (Sandhu, Singh, Sisodia, & Chauhan, 2016). Este planteamiento se expresa en la ecuación (1):

$$Densidad = \frac{1}{(radio)^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \left(1 - \left(\frac{dist_i}{radio} \right)^2 \right)^2 \right] \quad dist_i < radio \quad (1)$$

Donde:

$i = 1, \dots, n$ son puntos de ubicación del predio.

$dist_i$ = distancia entre el punto i y la ubicación de la vecindad (x, y) .

El radio o zona de proximidad se calcula mediante la siguiente ecuación (2):

$$radio = 0,9 \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)} D_m} \right) n^{-0,2} \quad (2)$$

Donde:

D_m = Distancia media (ponderada) desde el centro medio (ponderado).

n = número de puntos de los predios evaluados.

SD = distancia estándar.

\min = la opción cuyo resultado sea de menor valor entre SD y $\sqrt{\frac{1}{\ln(2)} D_m}$

4. RESULTADOS

El centro histórico de Tunja expone el vestigio urbanístico colonial español. El cual siguió un modelo regular en los virreinos de Nueva España, Nueva Granada, Perú y Río La Plata. Este orden se organizó sobre una plaza principal en cuadros prolongados o manzanas regulares. Los solares fueron destinados únicamente a la iglesia, tiendas, casas reales y de tratantes. Mientras que los demás se repartían entre la población (Santamaría Delgado, 2017). De este modo, en la plaza principal se exponen por mitad de los costados, cuatro calles y ocho más por las

esquinas. Esta distribución espacial representa y diferencia a la ciudad colonial en la actualidad a partir de la cosmovisión cristiana o implantación de la cruz en las urbes. La regulación se realiza desde una plaza que simboliza las funcionalidades y el centro de la Justicia Real que hoy en día es reemplazado por instituciones públicas asentadas casi totalmente en esta zona. Así, la disposición de actividades socioeconómicas, implícitamente, expresan las relaciones entre la ubicación del predio y la actividad socioeconómica predominante.

4.1 Uso predominante del predio

La Fig. 8 ilustra, mediante SIG, la distribución del uso predominante del predio.

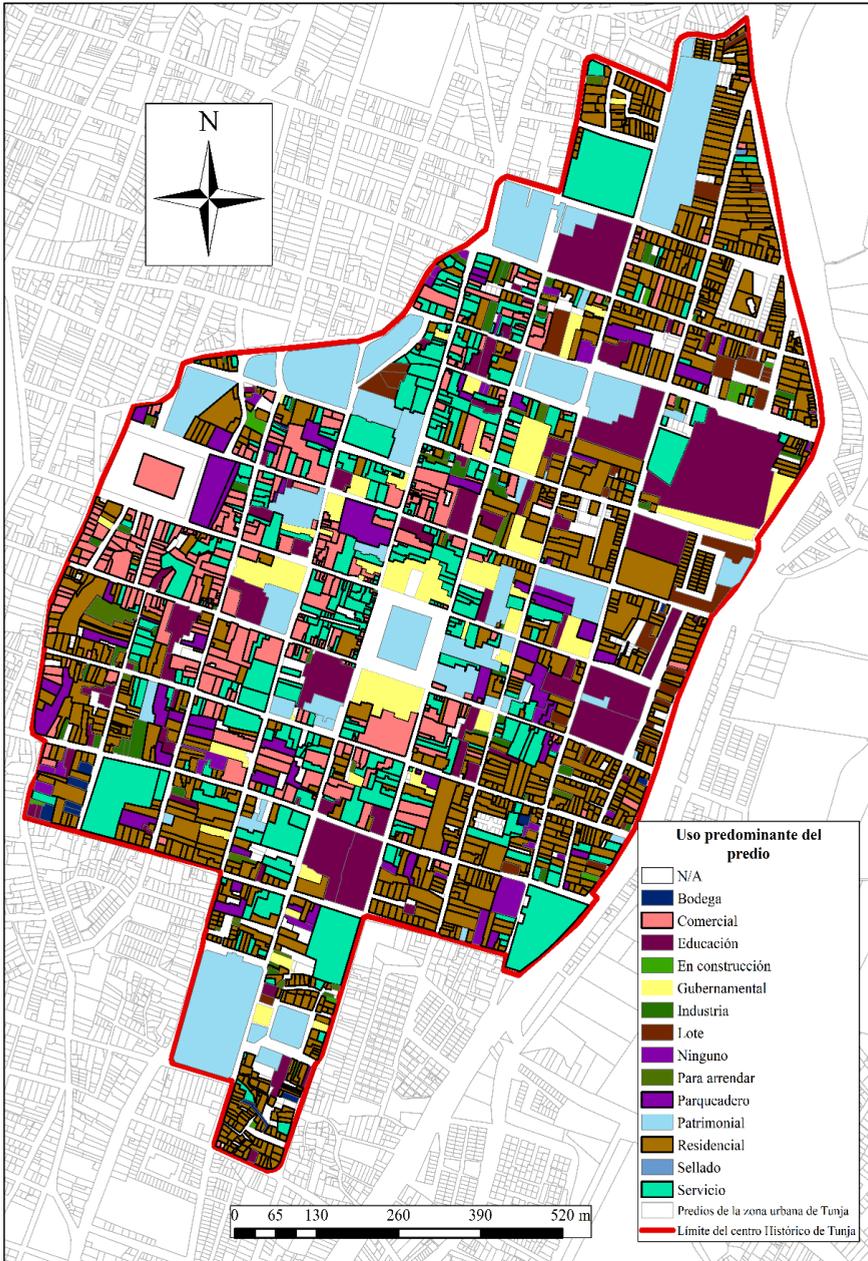


Fig. 8. Uso predominante del predio en la ciudad de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

El uso predominante del predio establece características preponderantes de la actividad socioeconómica realizada en cada unidad evaluada según el tipo de estructura que soporta dicha actividad. Además, esta identificación ha permitido correlacionar daños y habitabilidad en las edificaciones estudiadas. Por esta razón, mediante SIG es posible relacionar el tipo de materiales de construcción que conforma el predio con el mantenimiento de la estructura, la visión global del daño y habitabilidad. Estas variables permiten la gestión de riesgos en los edificios patrimoniales, junto al uso del predio y evaluación de la vulnerabilidad en la estructura.

Esto posibilita determinar las prioridades de restauración al considerar la gravedad de los daños, las intervenciones de conservación utilizadas (por ejemplo, reparación o restauración) y herramientas de mapeo como sistemas de información geográfica que visibiliza de forma global o detallada la priorización de necesidades en la ejecución, estrategias de rehabilitación y el rendimiento del mantenimiento (Pérez-Monserrat, Fort, & Varas-Muriel, 2018; Andrés José Prieto, Silva, de Brito, Macías-Bernal, & Alejandro, 2017).

Los resultados expuestos anteriormente habilitan definir las ubicaciones geográficas representativas de las diferentes actividades económicas o sociales. El uso residencial es representativo en el centro histórico y se concentra en las periferias del mismo, con mayor incidencia en la zona suroriental. Esta distribución logra visibilizar su relación con el crecimiento de la ciudad. La cual se ha expandido en los extremos norte y sur debido a la morfología geográfica donde se ubica la ciudad, junto con la distribución espacial fragmentada sin orden urbanístico e influenciado por la avenida nororiental que en forma alargada propició el crecimiento tardío en la zona norte y que contrasta con un sur compacto y cercano al centro histórico (Hidalgo Guerrero, 2013). Lo anterior generó una transformación del uso de suelo con una mayor concentración y antigüedad en la zona sur del centro histórico en comparación con la zona norte y concentración de mayores actividades relacionadas con el uso residencial.

Por otro lado, los usos gubernamentales están prácticamente ubicados con exclusividad en el centro histórico y se distribuyen alrededor

de la Plaza de Bolívar, como eje del poder desde épocas coloniales. Así pues, es coherente identificar el crecimiento urbano que inició desde esta zona hacia las periferias y es común el marcado carácter multifuncional de edificaciones residenciales, comerciales, religiosas, administrativos, educativas, entre otras (Santamaría Camallonga, 2013). La Fig. 9 ilustra la distribución del uso predominante de los predios del centro histórico de Tunja.

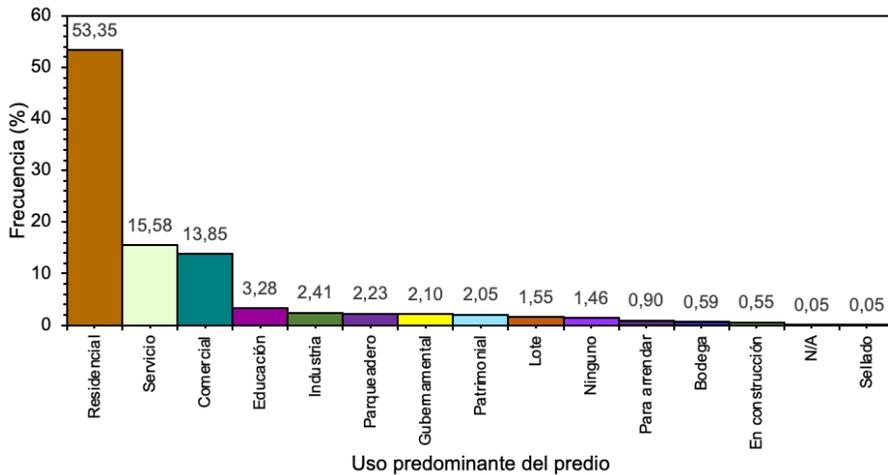


Fig. 9. Frecuencia de usos predominantes en los predios del centro histórico de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

De modo que, al evaluar cuantitativamente el uso predominante del predio, se observa que su uso residencial prepondera con más del 50% frente a otros usos, debido a que esta zona concentró la mayor población en la ciudad desde su fundación hasta su continuo crecimiento posterior en el siglo XX. Esta información permite relacionar el uso de la edificación con las denominadas tipologías estructurales, a partir de los materiales constructivos que visualizan el daño y habitabilidad. Esto mediante la documentación técnica realizada en campo sobre la forma de los edificios individuales y los detalles sobre la construcción.

Es posible establecer la relevancia de los diversos parámetros para el comportamiento global de la estructura y cuantificar la vulnerabilidad relativa de los diferentes objetos con un nivel de fiabilidad adecuado (Romeu et al., 2014). A continuación, se realizará la discusión de

vulnerabilidad en edificaciones del centro histórico de Tunja al utilizar SIG.

5. DISCUSIÓN

5.1 Caracterización y diagnóstico de vulnerabilidad e integridad de las edificaciones del centro histórico

La Fig. 10 ilustra la valoración de habitabilidad según la metodología AIS planteada y evaluada en el centro histórico de Tunja.

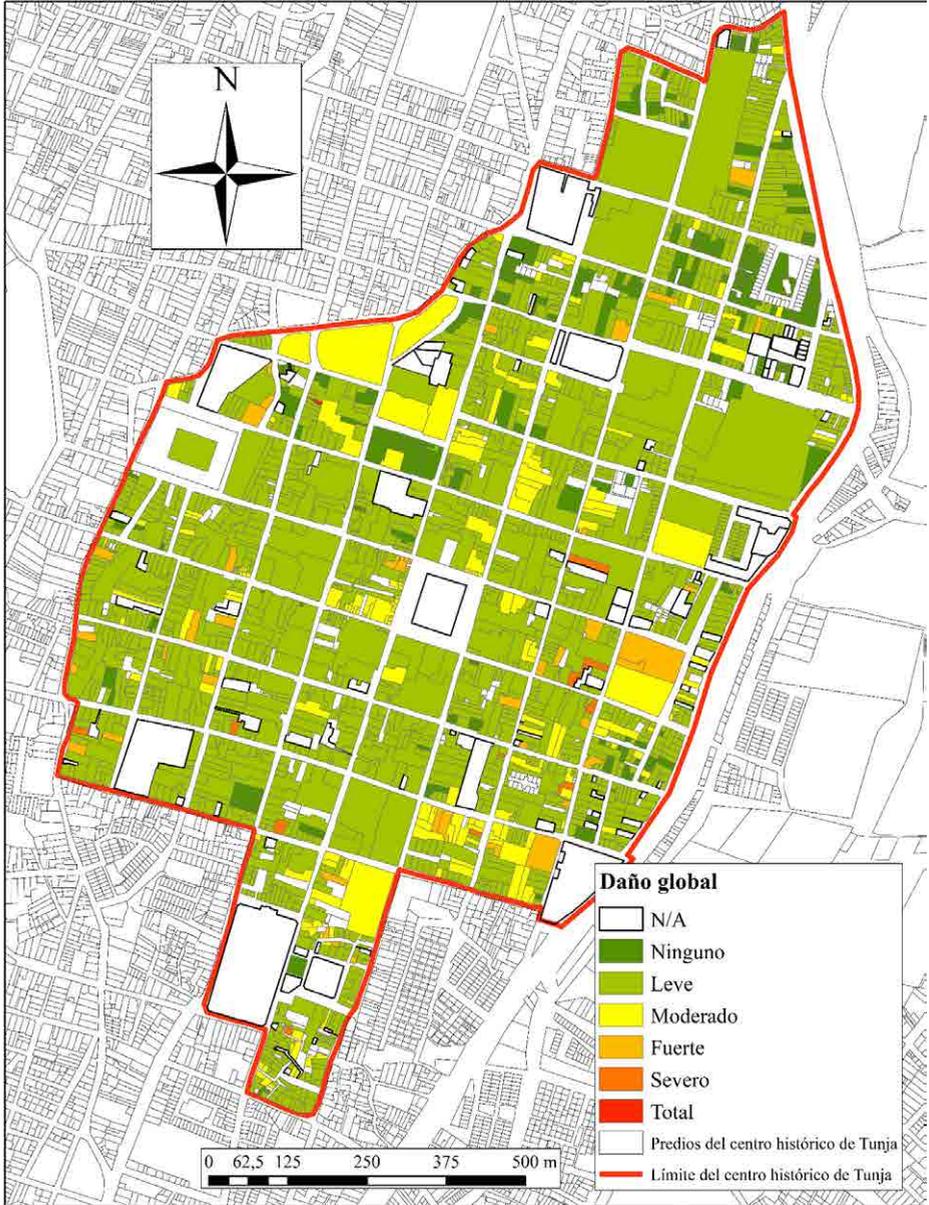


Fig. 10. Clasificación del daño en el centro histórico de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

La evaluación de la vulnerabilidad urbana se formuló a partir del conocimiento detallado de las características geométricas y estructurales de las edificaciones (Costanzo et al., 2016). Por lo que se estableció una distribución espacial de las edificaciones ubicadas en esta zona que son densamente pobladas, con diferentes sistemas estructurales y heterogeneidad arquitectónica y comercial, de acuerdo con la metodología implementada (la cual permite procesar y clasificar los datos originales), al considerar las diferentes escalas espaciales que integran geoméricamente las propiedades de los heterogéneos materiales utilizados en esta zona. Por consiguiente, estos estudios facilitan la identificación del origen, condición e importancia las edificaciones.

Asimismo, los grandes volúmenes acopiados requieren herramientas fiables capaces de describir los entornos urbanos y fenómenos de vulnerabilidad asociados a las edificaciones evaluadas en detalle, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), como se ilustra en la Fig. 11. Estas herramientas son capaces de satisfacer las necesidades específicas de vigilancia con la finalidad de mitigar los daños causados por un evento sísmico u otro tipo de desastre, para abordar adecuadamente conceptos de vulnerabilidad y los correspondientes al mantenimiento, reparación y vigilancia continua. Así pues, se expone la evaluación de vulnerabilidad de las edificaciones a continuación.

La evaluación cuantitativa del daño global expone que un gran segmento de los predios del centro histórico tiene un daño leve. No obstante, mediante la identificación temprana de estos, es posible mitigar el incremento del daño en el tiempo. La concentración de daños considerables se encuentra en mayor cantidad en el costado oriental que requiere intervenciones para impedir la reducción del daño en la vecindad y formular políticas de recuperación urbana, relacionadas con los niveles de intervención por falta de mantenimiento en zonas marginales del centro histórico.

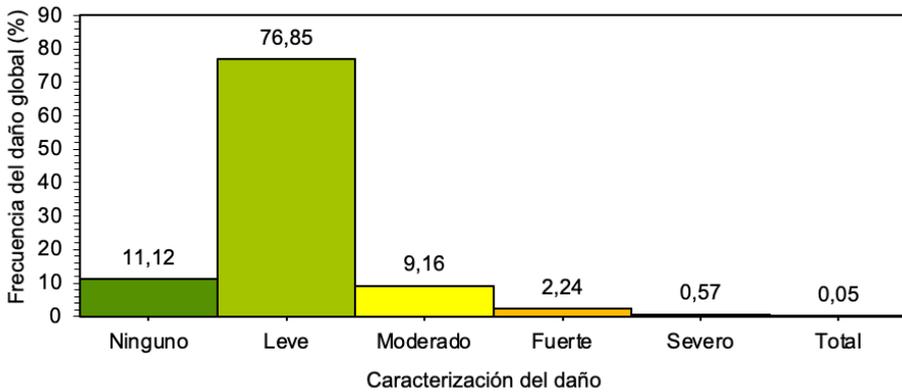


Fig. 11. Frecuencia global de daño en edificaciones del centro histórico de la ciudad de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

Identificar y analizar el riesgo es una parte integral de la gestión de proyectos. Una gran cantidad de investigaciones sobre la gestión de riesgos se apoyan en el desarrollo y la evaluación de herramientas para su tratamiento (Osipova & Eriksson, 2013). Lo expuesto anteriormente permite observar por SIG la distribución porcentual y ubicación relativa de daños leves en un 88% de edificaciones, los cuales no limitan la habitabilidad en el centro histórico de Tunja. No obstante, un 12% pueden presentar condiciones de riesgo moderado a fuerte. Estos valores afectan la seguridad e integridad de todos los habitantes que pueden impactar directa e indirectamente en las dinámicas diarias incurridas en la principal zona comercial de la ciudad.

Estos riesgos y su ubicación espacial se concentran en la zona sur oriental de la ciudad y ubicación mayoritaria de residencias en situación de marginalidad urbana. Estos aportes, junto con la formulación de políticas específicas, minimizan las amenazas y maximizan las oportunidades de gestión. Conjuntamente, algunos riesgos se pueden prever y repartir entre los actores del mismo. De este modo, la identificación de estos riesgos permite asignar cambios de alcance al requerir diferentes tipos de respuesta. Igualmente, se integran a una propuesta urbana acorde a la adecuada identificación del riesgo. Esto mediante su sustento analítico, una evaluación sustentada y estrategias de respuesta y control (Sepasgozar et al., 2019).

Estas formulaciones deben integrarse al Plan Especial de Manejo y Protección (PEMP), como política para la gestión y la preservación de los Bienes de Interés Cultural (BIC), mediante estos planteamientos orientados a la protección de bienes como hechos físicos y elementos necesarios para su puesta en valor real y a su apropiación social (Alcaldía Mayor de Tunja, 2013). Esta unificación logra formular políticas coherentes con la Resolución 0428 de 2012 del Ministerio de Cultura.

5.2 Habitabilidad de las edificaciones en el centro histórico

La habitabilidad es definida como la capacidad que tiene una estructura de asegurar condiciones mínimas de comodidad y salubridad a sus habitantes. Por lo tanto, es un factor relevante en el diseño, construcción de edificaciones y la idoneidad de espacios físicos con las actividades socioeconómicas realizadas (A J Prieto, Chávez, & Alejandre, 2017). Así, las inspecciones realizadas para evaluar las deficiencias de funcionamiento de las construcciones arquitectónicas evitan posibles daños e intervenciones costosas. Además, su uso debe responder a condiciones estructurales, ambientales espaciales.

Estos deben considerar los accesos acordes y seguridad pertinente. Las edificaciones del centro histórico son vulnerables a los cambios producidos por condiciones socioambientales en el tiempo. Estos usos repetitivos generan desgastes que pueden ser identificados para su tratamiento por la evaluación periódica en las condiciones de habitabilidad, con el fin de brindar herramientas para soluciones que impiden a la población acceder a las condiciones de habitabilidad anteriormente definidas. Por lo anterior, las condiciones de habitabilidad en los predios del centro histórico fueron valuadas e integradas en un SIG, como se ilustra en la Fig. 12.

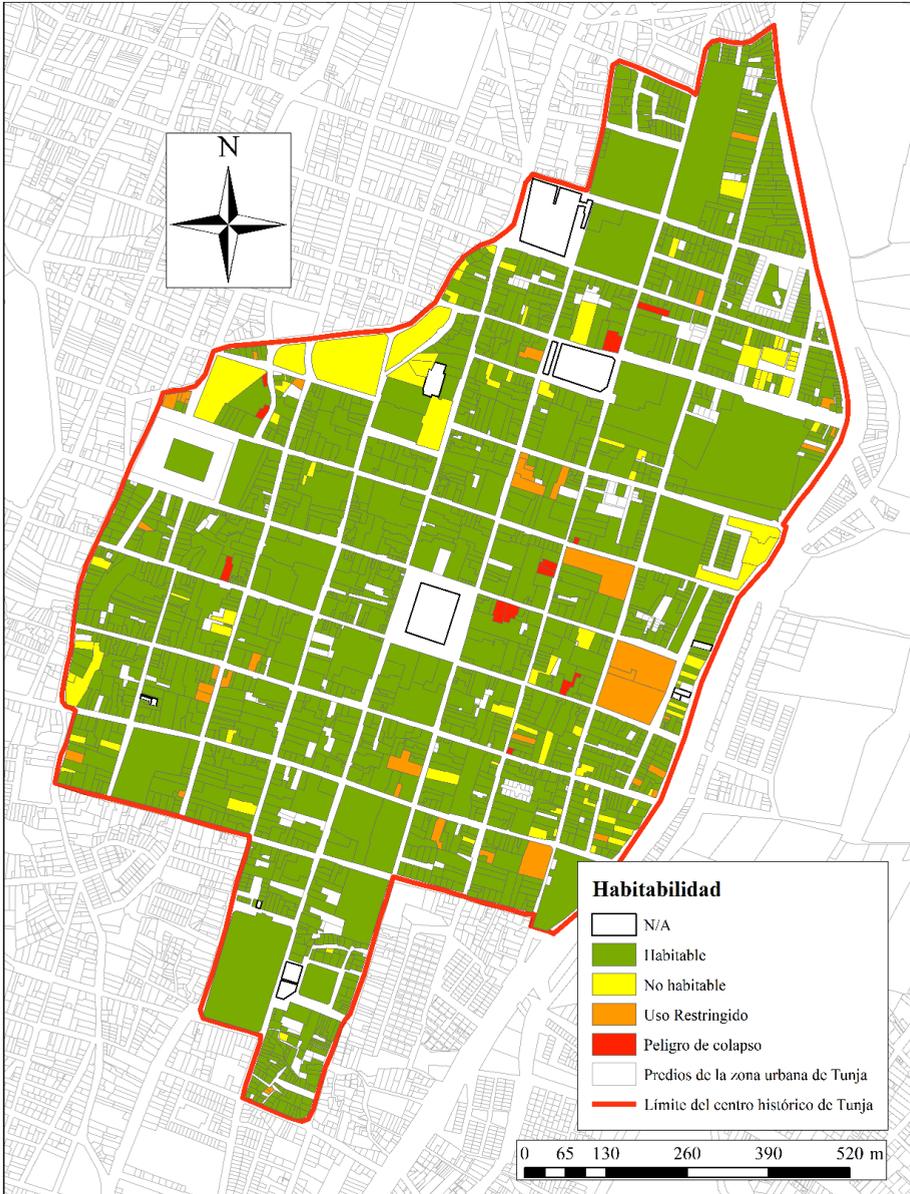


Fig. 12. Condiciones de habitabilidad en el centro histórico.

Fuente: elaboración propia.

Las condiciones de habitabilidad en el centro histórico exponen una habitabilidad del 93%; y un 4% de predios no son habitables. El 1,9% tiene uso restringido por diferentes razones e impide su uso potencial. Además, exponen un riesgo, en la medida en que no se realicen adecuaciones requeridas para su óptima condición. Asimismo, las herramientas SIG para la gestión de vulnerabilidad permiten integrar la ubicación espacial. Estas bajas condiciones de habitabilidad se concentran en áreas residenciales en el costado oriental del centro histórico. Igualmente, aquellos predios en peligro de colapso representan un riesgo latente. El cual debe resolverse lo antes posible. Estos se encuentran distribuidos en zonas cercanas a la Plaza de Bolívar. A lo cual se suma la afectación de una mayor cantidad de población.

5.3 Materiales de construcción utilizados

La buena calidad de los materiales de la construcción es fundamental para proporcionar la resistencia de los elementos que conforman la edificación (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2010). Por lo que la evaluación de estas propiedades revela indirectamente la función que cumple o debe cumplir dicho inmueble, según las solicitudes diarias. Además, permite evaluar la susceptibilidad a eventos sísmicos o aquellos que involucren la resistencia mecánica del material. La evaluación de esta propiedad se muestra en la Fig. 13.

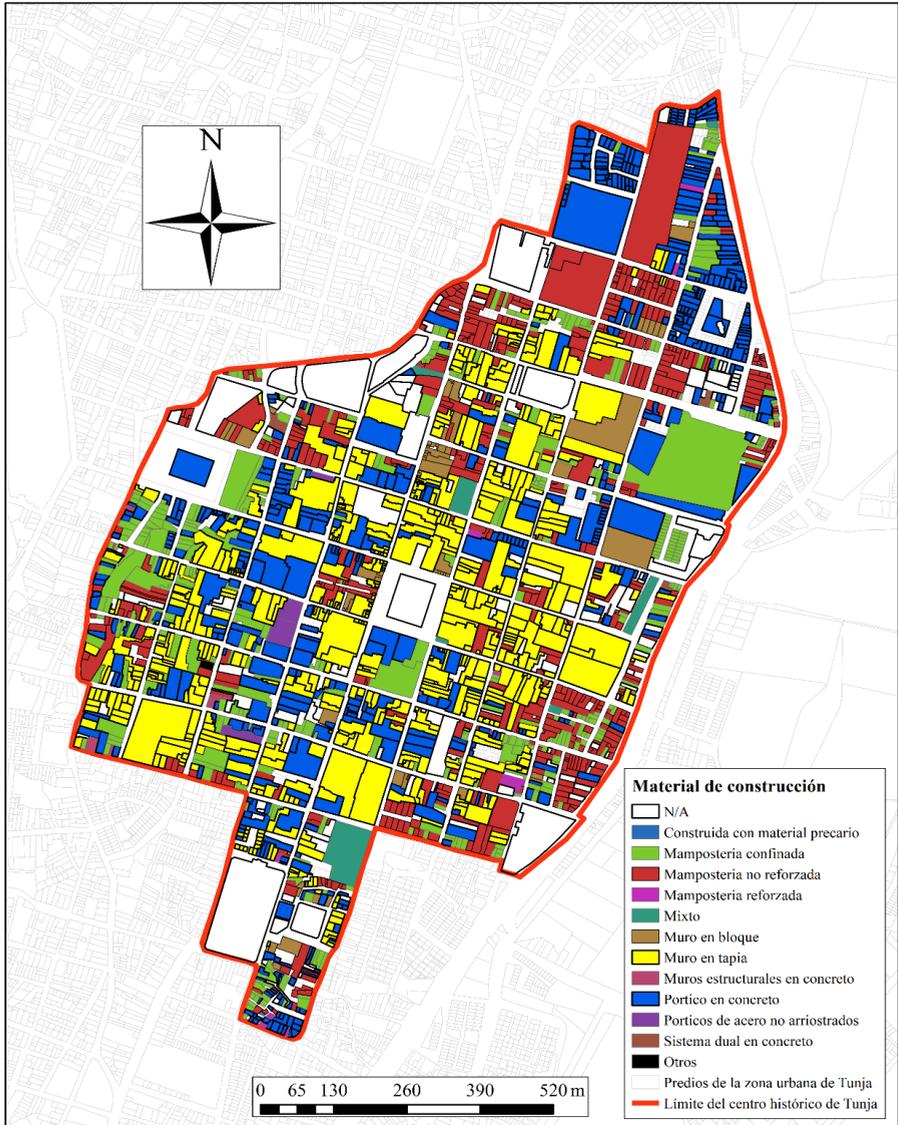


Fig. 13. Tipo de materiales y sistema estructural de las edificaciones del centro histórico.

Fuente: evaluación propia.

Se evidencian, por la heterogeneidad de materiales, los cambios arquitectónicos. Son producto del desarrollo e implementación de nuevas técnicas constructivas en función de la época y requerimientos estructurales para brindar servicios. Por esta razón, el material preponderante corresponde a casas tipo castellano. En su mayoría en edificaciones de dos pisos, con muros en tapia de tierra, relacionados con el patrimonio histórico heredado de épocas coloniales (Santamaría Delgado, 2015). Corresponde a edificaciones patrimoniales con diversos usos comerciales, de servicio, entre otros.

Además, este tipo de material de construcción se concentra en el epicentro arbitrario del centro histórico (Plaza de Bolívar). No obstante, en esta zona se encuentra un segundo material de construcción preponderante, el cual corresponde a pórticos de concreto, que, junto con los muros de adobe, se encuentran en la parte centro y la zona centro occidental, ubicados en la zona de mayor densidad comercial. Lo que es coherente a las solicitudes que deben asumir este tipo de estructuras, con el fin de brindar un servicio acorde a las cargas generadas por la adición de insumos comerciales y mobiliario.

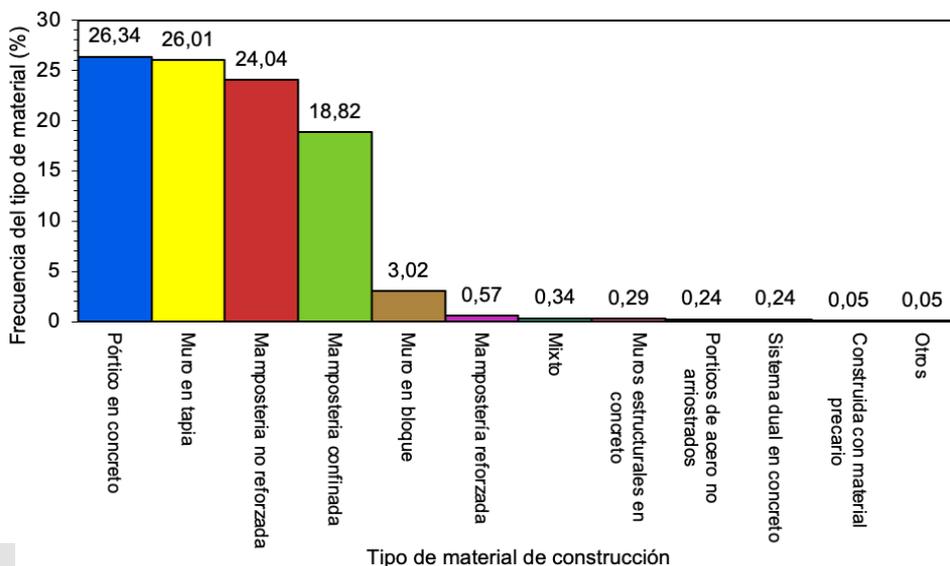


Fig. 14. Frecuencia de materiales y sistema estructural de los predios ubicados en el centro histórico.

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera, el uso de mampostería no reforzada predomina en las residencias ubicadas en la zona sur oriental de la ciudad. Por otro lado, los materiales y sistemas estructurales de tapia o bloque de arcilla junto a la mampostería no reforzada constituyen el 50 % de las edificaciones del centro histórico. La mayoría de estos tipos de materiales son utilizados para casas de uno y dos pisos. La susceptibilidad a fenómenos que involucren la integridad y desgaste de estas edificaciones es mayor, en especial si el uso proferido es residencial, debido a la poca inversión en mantenimiento. La inexistencia de políticas en gestión de calidad reduce el tiempo de vida en estas edificaciones y aumenta el riesgo en la población residente en esta zona de la ciudad. Por lo que son necesarias políticas o procesos de mejoramiento físico en torno a la seguridad de las mismas, mediante la formulación de planes en la mitigación de riesgos que cumplan las normas sismo resistentes, con el fin de garantizar la integridad física y operacional, así como la seguridad de sus ocupantes (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE, 2010).

Por esto último, la evaluación del impacto de la calidad estructural, los materiales utilizados y su cantidad, permite establecer diversas políticas en cuanto a los futuros gastos de mantenimiento, dado que los materiales utilizados en el centro histórico son diversos y se distribuyen en zonas específicas que dificultan la generalización de criterios.

5.4 Evaluación de densidades o zona de influencia del daño en las edificaciones del centro histórico de Tunja

La Fig. 15 ilustra la conformación de densidades Kernel según el procedimiento formulado en el capítulo 3.5. Estas densidades muestran zonas con diferentes influencias por la concentración de edificaciones con daños fuertes, severo y total. Además, se correlacionan estos daños con la habitabilidad y materiales de construcción que conforman los sistemas estructurales en las edificaciones evaluadas.

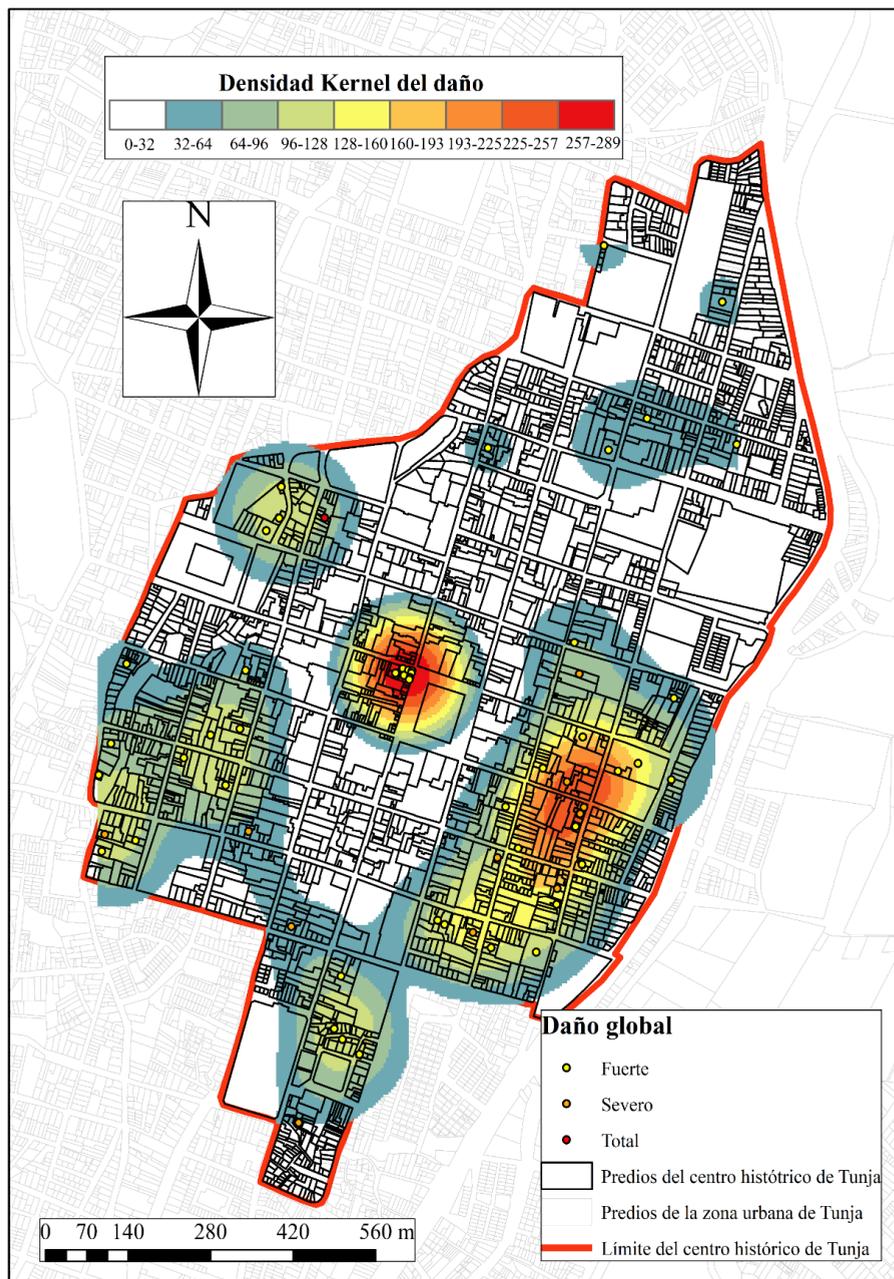


Fig. 15. Densidades o zonas de influencia del daño y habitabilidad en el centro histórico de Tunja.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados exponen las zonas con mayor propensión a daños debido a la influencia de edificaciones que tienen un daño considerable en su estructura. Las cuales están relacionadas con materiales realizados con muro en tapia y mampostería. Si bien el tipo de edificaciones con estas características es numéricamente menor, el riesgo es mayor, ya que la zona sur oriental concentra la mayor cantidad de zonas para uso habitacional y comercial. Entonces, la gestión del riesgo permite ser una base para la planificación que integra los sistemas de gestión de calidad (Osipova & Eriksson, 2013). Esto supone la aplicación del pensamiento basado en riesgo para que estos sistemas funjan como una herramienta preventiva.

6. CONCLUSIONES

Gracias a la implementación de herramientas para identificar las condiciones físicas de los predios, es posible reforzar el manejo y aplicación de tecnologías de la información a través de sistemas de información geográficas, aplicados al heterogéneo entorno del centro histórico. El cual se compone por un diverso y enriquecido patrimonio histórico y arquitectónico para su preservación. La evaluación de vulnerabilidad y riesgo en edificaciones del centro histórico de Tunja permite el soporte de decisiones en la planeación estratégica que incorpore acciones de adaptación frente a los diversos cambios del entorno urbano, mediante las relaciones del entorno geográfico y actividades socioeconómicas con los predios que conforman el centro histórico. Esto facilita acciones para el incremento del alcance en las políticas tendientes a la administración y gestión del patrimonio cultural.

Así pues, es beneficioso implementar evaluaciones que integren la gestión de riesgo en la planificación para mejorar los sistemas de gestión de calidad y desarrollo socioeconómicos, según las características de las edificaciones del centro histórico a través de las herramientas SIG. Estos planteamientos permitieron visibilizar zonas de concentración de riesgo y dinámicas urbanas inherentes al centro histórico e integrar las cambiantes condiciones económicas como criterio de evaluación para determinar la flexibilidad, capacidad de respuesta e innovación, según la naturaleza de zonas con alto valor patrimonial.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcadía Mayor de Tunja. (2013). Tomo II – Formulación I. Aspectos Genrales-Enfoque. In *Plan especial de Manejo y protección del centro histórico de Tunja y su zona de influencia* (pp. 1–8). Tunja, Boyacá: Alcaldía de Tunja.
- Alcaldía mayor de Bogotá D.C. (2002). *Guía Técnica para Inspección de Edificaciones después de un Sismo. Manual de campo*. Retrieved from <http://www.sire.gov.co>
- Andretta, M., Coppola, F., Modelli, A., Santopuoli, N., & Seccia, L. (2017). Proposal for a new environmental risk assessment methodology in cultural heritage protection. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.08.001>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS. (2002). *Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo, Manual de campo* (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá – FOPAE, ed.). Retrieved from <http://www.idiger.gov.co/documents/233481/262331/Formulario+V2F.pdf/fd60b2eb-4a5f-411d-94ae-46c0c3be853c>
- Banco de la República de Colombia. (1997). Tunja, memoria visual. In *Boletín del Museo del Oro*. Bogotá, Colombia: Banco de la República de Colombia.
- Campbell, J. E., & Michael, S. (2012). *Geographic Information System Basics*. 248. Retrieved from <http://2012books.lardbucket.org/pdfs/geographic-information-system-basics.pdf>
- Caputo, P., & Pasetti, G. (2017). GIS tools towards a renovation of the building heritage. *Energy Procedia*, 133, 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.388>
- Carbone, F., Oosterbeek, L., Costa, C., & Ferreira, A. M. (2020). Extending and adapting the concept of quality management for museums and cultural heritage attractions: A comparative study of southern European cultural heritage managers' perceptions. *Tourism Management Perspectives*, 35(March 2019), 100698. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100698>
- Casado Echarren, A., & Lora-Tamayo Vallvé, M. (2013). La revitalización de espacios públicos dotacionales en la ciudad de Madrid. *Polígonos. Revista de Geografía*, 2013(25), 133. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i25.1302>

- Chen, J., Judd, B., & Hawken, S. (2016). Adaptive reuse of industrial heritage for cultural purposes in Beijing, Shanghai and Chongqing. *Structural Survey*, 34(4–5), 331–350. <https://doi.org/10.1108/SS-11-2015-0052>
- Concejo Municipal de Tunja. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal “Tunja en Equipo”*. Alcaldía Municipal de Tunja.
- Costanzo, A., Montuori, A., Silva, J. P., Silvestri, M., Musacchio, M., Doumaz, F., & Stramondo, S. (2016). The Combined Use of Airborne Remote Sensing Techniques within a GIS Environment for the Seismic Vulnerability Assessment of Urban Areas : An Operational Application. *MDPI*, 8(146), 22. <https://doi.org/10.3390/rs8020146>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2015). *Informe de coyuntura económica regional (ICER)* (M. P. del Corral, ed.). Bogotá D.C.: Departamento Administrativo nacional de estadística de Colombia DANE.
- Departamento Nacional de Planeación(DNP). (2016). *Diálogos regionales para la planeación de un nuevo país*. Bogotá, D.C.
- Ding, L., Li, K., Zhou, Y., & Love, P. E. D. (2017). An IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control. *Automation in Construction*, 84, 96–110. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.029>
- Federal Emergency Management Agency. (1985). *Earthquake damage evaluation data for California ATC-13*. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00463.x>
- Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE. (2010). *Bogotá Frente a la Gestión Integral del Riesgo Sísmico*. Bogotá, D.C.
- Furlan, R. (2017). Urban Regeneration of GCC Cities: Preserving the Urban Fabric’s Cultural Heritage and Social Complexity. *Journal of Historical Archaeology & Anthropological Sciences*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.15406/jhaas.2017.01.00004>
- García Angulo, F. (2006). Fenómenos de ocupación del espacio público en Tunja. *3 Seminario Internacional de Arquitectos, Investigación en Temáticas de Arquitectura y Ciudad*, 54–59. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- Gómez Consuegra, L. (2015). El concepto de patrimonio cultural. *Revista de Conservación del Patrimonio Cultural*, 3(2), 23–35. <https://doi.org/10.34096/cas.i11.4709>

- Gutiérrez, L. J. G., Torres, I. T., & Molina, V. B. (2010). Quality management initiatives in Europe: An empirical analysis according to their structural elements. *Total Quality Management and Business Excellence*, 21(6), 577–601. <https://doi.org/10.1080/14783363.2010.483064>
- Hidalgo Guerrero, A. (2013). Desarrollo espacial e histórico del contexto urbano del campus universitario de la Universidad de Boyacá y la ciudad de Tunja, 1939-2005. *Dearq*, (13), 112–125. <https://doi.org/10.18389/dearq13.2013.09>
- Highfield, W. E., Peacock, W. G., & Van Zandt, S. (2014). Mitigation Planning: Why Hazard Exposure, Structural Vulnerability, and Social Vulnerability Matter. *Journal of Planning Education and Research*, 34(3), 287–300. <https://doi.org/10.1177/0739456X14531828>
- Ismail, Z. A. (2019). Developing a maintenance index framework for heritage concrete buildings. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 37(5), 510–527. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-11-2018-0092>
- Joo, Y., & Park, S. (2017). Overcoming Urban Growth Coalition: The Case of Culture-Led Urban Revitalization in Busan, South Korea. *Urban Affairs Review*, 53(5), 843–867. <https://doi.org/10.1177/1078087416638449>
- Melone, S. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico* (Universitat Politècnica de Catalunya). Retrieved from <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/14CAPITULO5.pdf?sequence=14>
- Ministerio de Cultura. *Resolución No. 0428 del 27 de marzo de 2012. Por la cual se aprueba el Plan Especial de Manejo y Protección del centro Histórico de Tunja (Boyacá) y su zona de influencia, declarado bien de interés cultural del ámbito nacional.*, (2012).
- Ministerio de Cultura. (2011). *Formulación e implementación de manejo y especiales de planes protección, bienes inmuebles de interés cultural* (Taller Editorial Escuela Taller de Bogotá, Ed.). Bogotá, D.C.: Dirección de Patrimonio, Ministerio de Cultura, República de Colombia.
- Osipova, E., & Eriksson, P. E. (2013). Balancing control and flexibility in joint risk management: Lessons learned from two construction projects. *International Journal of Project Management*, 31(3), 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.09.007>

- Perez-Monserrat, E. M., Fort, R., & Varas-Muriel, M. J. (2018). Monitoring façade soiling as a maintenance strategy for the sensitive built heritage. *International Journal of Architectural Heritage*, 12(5), 816–827. <https://doi.org/10.1080/15583058.2017.1419312>
- Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2003). The relationship between TQM practices, quality performance, and innovation performance: An empirical examination. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 20(8), 901–918. <https://doi.org/10.1108/02656710310493625>
- Prieto, A J, Chávez, M., & Alexandre, F. J. (2017). Fuzzy Modeling of the Functional Service Life of Architectural Heritage Buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31, 1–13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001021](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001021).
- Prieto, Andrés José, Silva, A., de Brito, J., Macías-Bernal, J. M., & Alexandre, F. J. (2017). Multiple linear regression and fuzzy logic models applied to the functional service life prediction of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 27, 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.03.004>
- Prieto Ibáñez, A. J., Macías Bernal, J. M., Chávez de Diego, M. J., & Alexandre Sánchez, F. J. (2016). Expert system for predicting buildings service life under ISO 31000 standard. Application in architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 18, 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.10.006>
- Rodríguez, P. (2008). El centro histórico: del concepto a la acción integral. *Revista de La Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos*, 59.
- Romeu, V., D'Ayala, D., Miguel Ferreira, T., Varum, H., Costa, A., Mendes da Silva, J. A. R., & Lagomarsino, S. (2014). Seismic Vulnerability and Risk Assessment of Historic Masonry Buildings. In *Structural Rehabilitation of Old Buildings* (Vol. 2, pp. 109–130). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39686-1>
- Sánchez Sánchez, H., & Pérez Tovar, J. C. (2019). Caracterización de la imagen comercial de los empresarios ubicados en el centro histórico de Tunja. *XII Congreso Internacional de Prospectiva y III Congreso Internacional de Emprendimiento*, 254–259. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia Calle.
- Sandhu, H. A. S., Singh, G., Sisodia, M. S., & Chauhan, R. (2016). Identification of Black Spots on Highway with Kernel Density Estimation Method. *Journal of the Indian Society of*

- Remote Sensing*, 44(3), 457–464. <https://doi.org/10.1007/s12524-015-0500-2>
- Santamaría Camallonga, J. (2013). Centros históricos: análisis y perspectivas desde la Geografía. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 4(37), 115–137. <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2013.4.37>
- Santamaría Delgado, L. A. (2015). *Historia urbana de Tunja durante la modernización del ciclo de conmemoraciones centenarias 1878 - 1939* (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Santamaría Delgado, L. A. (2017). El urbanismo colonial en la ciudad de Tunja. *Designia*, 4(2), 61–81.
- Secretaría de Protección Social. (2013). *Análisis de la situación de salud con el modelo Conceptual de determinantes sociales de la salud*. Tunja, Boyacá: Alcaldía Mayor de Tunja.
- Senaratne, H., Mobasher, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (Muki). (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(1), 139–167. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- Sepasgozar, S. M. E., Karimi, R., Shirowzhan, S., Mojtahedi, M., Ebrahimzadeh, S., & McCarthy, D. (2019). Delay causes and emerging digital tools: A novel model of delay analysis, including integrated project delivery and PMBOK. In *Buildings* (Vol. 9). <https://doi.org/10.3390/buildings9090191>
- Velázquez, L., & Vargas, J. (2012). La sustentabilidad como modelo de desarrollo responsable y competitivo. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 11(enero-diciembre), 97–107.