

Vulnerabilidad sísmica de las viviendas catalogadas como patrimonio cultural del casco urbano del cantón Guaranda

*Seismic Vulnerability of houses catalogued as cultural heritage in the urban
area of Guaranda city*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7761814>

AUTORES: Esther Chimbolema Cacuango^{1*}

Jorge Goyes Noboa²

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: estherchimbolema@gmail.com

Fecha de recepción: 02 / 09 / 2022

Fecha de aceptación: 20 / 12 / 2022

RESFFUMEN

Los eventos sísmicos por su génesis responden a la variabilidad intrínseca de la actividad geológica interna del planeta, a pesar de la existencia de instrumentos de detección temprana como son los sismógrafos, aun la preparación existente no es la mejor para responder de manera adecuada ante dichos eventos, es así que la presente investigación posibilita entender el nivel de vulnerabilidad que presentan las edificaciones consideradas como bienes patrimoniales, debido a que éstas viviendas poseen un valor cultural, y es importante que se tomen acciones para preservar dicha memoria cultural y arquitectónica. Se emplearon matrices de evaluación sísmica para medir el nivel de riesgo en las edificaciones, que se basaron en tres ejes, el primero priorizó la atención del patrimonio cultural inmueble en función del valor patrimonial, en el s*Vol. 8, N°. 1 Enero – Marzo 2023*

^{1*} <https://orcid.org/0009-0008-8005-6579>, Universidad Estatal de Bolívar, Posgrado en Desarrollo Local mención Planificación Territorial, estherchimbolema@gmail.com

² <https://orcid.org/0000-0002-1201-5985>, Universidad Estatal de Bolívar, Posgrado en Desarrollo Local mención Planificación Territorial, jgoyes@ueb.edu.ec

egundo se evaluó la amenaza sísmica, en el tercero se valoró y se cuantificó la vulnerabilidad sísmica de los bienes culturales inmuebles. De los resultados obtenidos, se obtuvo un nivel valorativo sociocultural y económico de “0.72”, también, se evaluó la amenaza sísmica con una estimación de “0.63”, y el nivel de vulnerabilidad con un valor de “0.5”. El total de riesgo sísmico fue de “0.95”, concluyendo que las viviendas patrimoniales presentan un alto grado de vulnerabilidad sísmica, esto por su génesis constructiva, además los diferentes factores como la percolación de agua debido a las tuberías en mal estado y las lluvias, que han ido debilitando poco a poco las estructuras.

Palabras clave: *Actividad Geológica, Bienes patrimoniales, Memoria cultural, Vulnerabilidad sísmica.*

ABSTRACT

Seismic events by their genesis respond to the intrinsic variability of the internal geological activity of the planet, despite the existence of early detection instruments such as seismographs, even the existing preparation is not the best to respond adequately to such events, so this research allows understanding the level of vulnerability of houses considered as heritage assets, because these houses have a cultural value, and it is important to take actions to preserve this cultural and architectural memory. Seismic evaluation matrices were used to measure the level of risk in the buildings, which was based on three axes, the first prioritized the attention of the immovable cultural heritage in terms of heritage value, the second evaluated the seismic hazard, and the third evaluated and quantified the seismic vulnerability of the immovable cultural assets. From the results obtained, a socio-cultural and economic valuation level of "0.72" was obtained, also, the seismic threat was evaluated with an estimate of "0.63", and the vulnerability level with a value of "0.5". The total seismic risk was "0.95", concluding that the heritage dwellings present a high degree of seismic vulnerability, due to their constructive genesis, in addition to the different factors such as water percolation due to pipes in poor condition and rains, which have been weakening the structures little by little.

Keywords: *Geological Activity, Heritage Assets, Cultural Memory, Seismic Vulnerability.*

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales fenómenos geológicos y naturales son los sismos, los cuales resultan de la liberación de energía almacenada en la Tierra. El impacto sobre el medio ambiente, las construcciones y personas depende del grado de intensidad del suceso (Silva et. al, 2022). A nivel mundial, los sismos han causado desastres que han afectado negativamente el desarrollo de la sociedad, más aún en los países circundantes al cinturón de fuego del pacífico. Por lo general, las infraestructuras físicas son los elementos más afectados por los sismos (Espíndola & Pérez, 2018).

Según la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2021) manifiesta que durante el año 2021 los eventos naturales provocaron pérdidas económicas de \$270.000 millones de dólares, de este valor el 40% fue originado por eventos sísmicos.

Existe una carencia por parte de los gobiernos internacionales para conservar las edificaciones patrimoniales, desde allí surge la problemática, ya que muchas estructuras han sido afectadas por movimientos sísmicos, y lo único que han realizado las autoridades son levantamientos de información del estado actual, quedando plasmados en simples documentos. Sin embargo, no se considera el valor cultural y económico que representan las construcciones patrimoniales para la identificación de un pueblo y el turismo generado a partir de la misma (Verduga, 2018).

En Latinoamérica existe un problema significativo con la utilización de las normas para la construcción de viviendas, y esto se puede demostrar a través del ordenamiento territorial, en donde muchas viviendas son situadas en zonas vulnerables y con suelos inestables, por lo cual tienden a sufrir daños severos estructurales, entre ellos se encuentran los edificios patrimoniales que han sido afectados y olvidados por parte las autoridades (Celi, 2017).

La conservación de bienes de interés cultural (BIC) significa preservar el valor del patrimonio cultural, que es un factor clave en la construcción de identidad social, el legado y testimonio de las generaciones pasadas y la memoria de las generaciones futuras (Segovia & Fuertes, 2018).

No existe una capacitación y educación en la ciudadanía sobre la importancia que representan las edificaciones históricas, se ha dejado de lado la utilización de las normas, técnicas de construcción para mejorar o reconstruir edificios patrimoniales, la falta de

creación de un grupo de emergencias, ya sea nacional, regional o local ha provocado que los bienes culturales sean olvidados y vulnerables a la vez, ante la ocurrencia de un movimiento sísmico. Existe un desinterés por parte de los profesionales y entes gubernamentales para diseñar estructuras resistentes a los sismos e inspección de edificaciones históricas (UNESCO, 2017).

Las investigaciones de vulnerabilidad sísmica de construcciones civiles de gran magnitud se basan especialmente en establecer si las edificaciones están diseñadas y construidas para soportar eventos sísmicos (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2014). Para reducir las pérdidas a causa de sismos, es necesario planificar soluciones de mitigación y plantearse posibles escenarios de daño, con el objetivo de tener una respuesta correcta en el momento que se presente el fenómeno (Herrera et al., 2013). Principalmente en los centros históricos, cuyas construcciones frecuentemente resisten solo ante cargas verticales, debido a que no han seguido los códigos de diseño sísmico por la antigüedad de las mismas (Jiménez et al., 2018). Las metodologías para estudios de vulnerabilidad, que presentan resultados más precisos, requieren mayor información con respecto a las edificaciones, tales como: materiales, geometría, edad de construcción, pisos, techo, cimentación, entre otros aspectos que permitirán aportar a la investigación y generar de resultados óptimos (Quezada et al., 2021).

Las estructuras patrimoniales son muy vulnerables debido al tiempo de construcción, es por ello que se requiere estudios técnicos que no alteren la estructura ni el tipo de material que disponen los edificios, puesto que actualmente los daños que son ocasionados en las estructuras patrimoniales son reconstruidos sin normas técnicas ni estudios previos que permitan conversar las propiedades químicas, físicas o mecánicas del objeto arquitectónico (Roca, 2017).

Zonas de Centro y Sur América están clasificadas como sísmicamente activas, por lo que con frecuencia ocurren grandes sismos que provocan pérdidas humanas y daños materiales (Udías, 1998). Parte de lo que ahora es Ecuador se encuentra dentro de una microplaca llamada "Bloque Andino" de la Placa Sudamericana, que se encuentra con las Placas de Nazca, Cocos y el Caribe. Por otro lado, al sur de Ecuador existe un contacto simple entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca. La compleja tectónica descrita creó un sistema

de fallas, que junto con la subducción que se produce en la costa, son las principales fuentes productoras de movimientos sísmicos (Quinde & Reinoso, 2016).

Ecuador es susceptible a sismos asociados con actividad volcánica, sismos de subducción que comúnmente ocurren cerca del nivel marítimo y sismos superficiales en la región Sierra, mismos que han sido identificados como los más destructivos (Naya, 2010). Estos movimientos sísmicos aparecen de manera recurrente, ya que el país atraviesa el cinturón de fuego del Pacífico. Los eventos de subducción permanente, tienden a presentar actividad sísmica, que incluso supera magnitudes de 7 en escala de Richter, con una probabilidad de ocurrencia de 40 a 70 años (Montenegro & Moncayo, 2021). Por lo tanto, es preciso considerar medidas enfocadas en reducir los efectos negativos de un sismo, el desarrollar estudios de vulnerabilidad sísmica de estructuras antes dichos eventos permite planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo (Fernández et al., 2018; Cunalata & Caiza, 2022).

La provincia Bolívar a lo largo de su historia ha sufrido diversos sismos debido a su ubicación geográfica, siendo los de mayor magnitud los suscitados en 1797, con epicentro en Riobamba y magnitud de 8,3 en escala de Richter, y de 7,8 el suscitado el 16 de abril del 2016 con epicentro en la Provincia de Manabí, sufriendo daños estructurales y pérdidas económicas, en la cual las edificaciones catalogadas como patrimonio cultural sufrieron importantes daños materiales (López, 2019).

El presente trabajo investigativo trata sobre la vulnerabilidad sísmica de las viviendas catalogadas como patrimonio cultural del casco urbano del cantón Guaranda. Según Sosa & Celi (2021) manifiestan que a mediados del siglo XX se ha provocado un incremento apresurado de las pérdidas económicas y humanas debido a la ocurrencia sísmica, cuya frecuencia e intensidad ha limitado el desarrollo social y económico de los territorios.

La ciudad no cuenta con un estudio técnico para intervenir y mejorar las zonas patrimoniales sin alterar su diseño arquitectónico (Aguiar, 2015). Además, no existe un Plan de Asistencia Cultural para rediseñar o reconstruir las zonas afectadas, por lo tanto, difícilmente se podrá efectuar una valorización metodológica de las afectaciones y daños ocurridos en los bienes inmuebles pertenecientes al patrimonio cultural de la ciudad de Guaranda (García, 2018). El costo de rehabilitación o rediseño estructural es otra de las

limitaciones que han tenido que enfrentar los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, lo cual ha provocado que las zonas patrimoniales sean excluidas en los planes de intervención de la localidad (SNGRE, 2019).

En este sentido, es necesario que se identifique la vulnerabilidad sísmica en edificaciones patrimoniales, porque de esta manera las autoridades podrán efectuar una planificación y reconstrucción a base de las normas técnicas ecuatorianas de construcción, mediante la focalización de inversiones de acciones preventivas para reducir pérdidas económicas futuras, de esta manera se podrá preservar y mejorar las edificaciones patrimoniales y el bienestar de la ciudadanía guarandeña en general.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la presente investigación fue adaptada del trabajo investigativo realizado por Díaz (2017), en la cual realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos para crear matrices de evaluación del riesgo sísmico en edificaciones patrimoniales, lo cual se estructura en tres herramientas.

En la primera herramienta prioriza la atención del patrimonio cultural inmueble en función del valor patrimonial, cuya finalidad es valorar el bien cultural, tomando en consideración los siguientes parámetros: valor histórico, valor simbólico, valor estético, valor científico y el valor de uso. Para priorizar la atención a cada tipología valorativa del listado se le otorga una calificación baja, media y alta, con una ponderación de 0, 0.5 y 1, según la autenticidad, escasas a nivel nacional y excepcionalidad, finalmente se efectúa un promedio para obtener el valor total.

En la segunda herramienta se evalúa la amenaza sísmica, en la cual se debe considerar los siguientes parámetros: registros históricos de sismos en la localidad, intensidad, periodo de recurrencia sísmica y presencia de fallas sísmicas. Cada parámetro se debe ponderar en función de la gravedad del daño que ha provocado sobre los bienes patrimoniales, el resultado se clasifica en tres categorías; sin daño, leve o gradual y catastrófica, en la cual se ponderan de 0, 0.5 y 1 respectivamente.

En la tercera herramienta se evalúa y se cuantifica la vulnerabilidad sísmica de los bienes culturales inmuebles, tomando en consideración los siguientes parámetros: edificación reparada acorde a la normativa vigente, condiciones en que se encuentra la edificación, detalles estructurales, relación entre las vigas y resistencia de columnas, seguridad de los cimientos, corrosión y deterioro en los muros, irregularidad en la elevación de las edificaciones, integridad estructural de los techos, cubierta, estado de conservación, alteraciones en el entorno, elementos no estructurales y vulnerabilidad al fuego. Cada uno de los parámetros posee un peso acorde con su relevancia en la vulnerabilidad total del edificio, el cual se pondera en una escala A, B y C, donde; “A” indica una vulnerabilidad baja, “B” indica una vulnerabilidad media y “C” una vulnerabilidad alta, posteriormente se efectúa un promedio para obtener el peso total.

Para evaluar el riesgo sísmico total se realiza una multiplicación del (nivel total de vulnerabilidad) por la (amenaza + 1), el cual se detalla en la siguiente fórmula;

$$R = (V) * (A+1)$$

Población y muestra

Según El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (2019) en el casco urbano del cantón Guaranda existen 148 edificaciones catalogadas como patrimonio cultural, lo cual permitió obtener el universo para el cálculo de la muestra. A continuación, se detalla la fórmula que se utilizó para el cálculo de la misma.

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{e^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Dónde:

- n= Tamaño de la muestra
- N= Tamaño de la población
- Z= Nivel de confianza de 1,96
- E= Margen de error del 5%
- p= 50%
- q= 50%
- n= 108

Técnicas e instrumentos

Para identificar el valor de los bienes patrimoniales y evaluar la vulnerabilidad sísmica se utilizaron fichas de observación adaptadas de Díaz (2017) de su trabajo investigativo sobre evaluación del riesgo sísmico en edificaciones patrimoniales.

Tabla 1

Interpretación del valor del bien patrimonial

| Parámetros | Valor del bien patrimonial |
|-------------|----------------------------|
| 0 - 0.35 | Baja |
| 0.36 – 0.65 | Media |
| 0.66 - 1 | Alta |

Nota. Interpretación del valor del bien patrimonial, adaptado de (Díaz, 2017)

En la tabla 1 se muestra la interpretación del valor del bien patrimonial con sus respectivos parámetros.

Tabla 2

Interpretación del nivel de vulnerabilidad

| Parámetros | Nivel de vulnerabilidad |
|-------------|-------------------------|
| 0 – 0.35 | Baja |
| 0.36 – 0.65 | Media |
| 0.66 - 1 | Alta |

Nota. Interpretación del nivel de vulnerabilidad, adaptado de (Díaz, 2017)

En la tabla 2 se muestra la interpretación del nivel de vulnerabilidad con sus respectivos parámetros.

Procesamiento de datos

Los datos estadísticos de los resultados obtenidos fueron procesados y elaborados en el programa informático SPSS, además del programa estadístico Microsoft Excel, el cual permitió realizar la interpretación de los resultados con su respectivo análisis.

RESULTADOS

Los resultados del estudio se presentan de la siguiente manera:

Tabla 3

Nivel del valor sociocultural y económico de las edificaciones patrimoniales

| Parámetro | | Ponderación | | | Resultado valor patrimonial |
|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | Autenticidad | Escasez a nivel nacional | Excepcionalidad (único o raro) | |
| Valores socioculturales | Antigüedad | 1 | 0.5 | 1 | 0.83 |
| | Histórico | 0.5 | 1 | 1 | 0.83 |
| | Simbólico significativo | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.67 |
| | Estético | 0.5 | 1 | 0 | 0.50 |
| Valores económicos | Científico | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.67 |
| | Uso o valor económico | 1 | 1 | 0.5 | 0.83 |
| Total | | | | | 0.72 |
| Nivel | | | | | Alto |

Nota. Nivel del valor sociocultural y económico de las edificaciones patrimoniales, elaborado por (SN, 2022).

En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos sobre el nivel de valor sociocultural y económico que poseen las edificaciones patrimoniales. Respecto al parámetro de antigüedad e histórica se obtuvo un valor de 0.83, es decir que posee un nivel alto, ya que se tomó en consideración los años de construcción, por lo general la mayoría de edificaciones fueron construidas a finales del siglo XIX, respecto al parámetro simbólico se obtuvo un valor de 0.67, porque la mayoría de edificaciones constituyen un elemento arquitectónico importante dentro de la ciudad al representar el sentido de pertenencia e

identidad propia, el parámetro estético obtuvo un valor de 0.50, con un nivel medio, debido a que muchas edificaciones se encuentran deterioradas, lo cual requieren una intervención para mejorar su estética, respecto al parámetro científico, se obtuvo un valor de 0.67 con un nivel alto, ya que diversas edificaciones se utilizan con fines educativos, técnicos y científicos, el parámetro del valor económico se obtuvo 0.83 con un valor alto.

Los criterios de calificación se basaron mediante información de campo, revisión de literatura y lineamientos establecidos por el Ministerio de Patrimonio Cultural para conservar, valorar y preservar las edificaciones patrimoniales. En términos generales, el valor que poseen las edificaciones patrimoniales es alto, ya que se obtuvo un valor de 0.72. Por lo tanto, es indispensable preservar y proteger dichos inmuebles ante la presencia de eventos sísmicos debido a la importancia que representan dentro del cantón Guaranda.

Tabla 4

Evaluación de la amenaza sísmica

| Parámetro | Categoría | | | Resultado |
|--|-----------|----------------|--------------|--------------|
| | Sin daño | Leve o gradual | Catastrófico | |
| Registros históricos de sismos en la localidad | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Intensidad | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Periodo de recurrencia sísmica | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Presencia de fallas sísmicas | - | - | 1 | 1 |
| Total | | | | 0.63 |
| Nivel | | | | Medio |

Nota. Evaluación de amenaza sísmica en las edificaciones patrimoniales, elaborado por (SN, 2022).

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos sobre la evaluación de la amenaza sísmica. Respecto al registro histórico de sismos en la localidad se obtuvo un valor de 0.5,

es decir leve o gradual, esto debido a que en la provincia no se han registrado una cantidad considerable de sismos potenciales, sin embargo, los eventos que se han suscitado han sido perjudiciales para las edificaciones patrimoniales, entre ellos se menciona el sismo suscitado en 1797 con epicentro en Riobamba, cuya magnitud fue de 8.3 en la escala de Richter, además, el evento suscitado el 16 de abril del 2016 con epicentro en Pedernales y con magnitud de 7.8, dichos eventos provocaron daños considerables en los bienes inmuebles patrimoniales, afectando su mampostería, vigas y columnas.

Respecto a la intensidad se obtuvo un valor de 0.5, es decir, un nivel medio, esto debido a que los eventos suscitados han sido de gran intensidad, superando los 7 grados en la escala de Richter. Con relación al periodo de recurrencia se obtuvo un valor de 0.5, lo que se traduce en un nivel medio, ya que según López (2017) menciona que la ciudad de Guaranda al situarse en una zona altamente sísmica, el periodo de recurrencia puede ser 52 años, según los registros sísmicos que se han suscitado hasta la actualidad.

Respecto a la presencia de fallas sísmicas, se obtuvo un valor de 1, es decir, un nivel alto, ya que la ciudad de Guaranda se encuentra rodeada de dos fallas sísmicas locales, la del río Guaranda y río Salinas, además de estar situada dentro del área de influencia de la falla activa de Pallatanga, esto como características geológicas propias de los sectores que se encuentran dentro de la cordillera de Los Andes, por lo tanto, es una zona susceptible a sismos de diferentes magnitudes. En términos generales se obtuvo un valor de 0.63, que significa un nivel de amenaza media.

Tabla 5

Evaluación del nivel de vulnerabilidad

| Parámetros | Clase | | | Peso |
|--|-------|-----|---|------|
| | A | B | C | |
| Edificación reparada acorde a la normativa vigente | - | - | 1 | 1 |
| Condiciones en que se encuentra la edificación | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Detalles estructurales | - | 0.5 | - | 0,5 |
| Relación entre las vigas y resistencia de | 0 | - | - | 0 |

columnas

| | | | | |
|---|---|-----|---|-----|
| Seguridad de los cimientos | 0 | - | - | 0 |
| Corrosión y deterioro en los muros | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Irregularidad en la elevación de la edificación | - | - | 1 | 1 |

| Parámetros | Clase | | | Peso |
|--------------------------------------|-------|-----|---|--------------|
| | A | B | C | |
| Integridad estructural de los techos | - | 0.5 | - | 0.5 |
| cubierta | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Estado de conservación | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Alteraciones en el entorno | 0 | - | - | 0 |
| Elementos no estructurales | - | 0.5 | - | 0.5 |
| Vulnerabilidad al fuego | - | - | 1 | 1 |
| Total | | | | 0.5 |
| Nivel | | | | Medio |

Nota. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones patrimoniales, elaborado por (SN, 2022).

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos sobre el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones patrimoniales. Respecto a la edificación reparada acorde a las normativas vigentes se obtuvo un valor de “1” (nivel alto), ya que los inmuebles patrimoniales que han sido reparados, no han aplicado las normas técnicas de construcción, respecto a las condiciones en la que se encuentra la edificación se obtuvo un valor de “0.5” (nivel medio), debido a que las condiciones de los inmuebles patrimoniales presentan deterioro y grietas importantes, con referencia a los detalles estructurales se obtuvo un valor de “0.5” (nivel medio), puesto que su construcción se ha efectuado con normas antiguas y

no se ha efectuado obras para adaptarlas a las normas vigentes, respecto a la relación entre las vigas y columnas se obtuvo un valor de “0” (nivel bajo), esto debido a que la resistencia de las columnas es mayor a la de las vigas.

De acuerdo a la seguridad de los cimientos se obtuvo un valor de “0” (nivel bajo), debido a que gran parte de las edificaciones poseen registros y planos escasos de los cimientos. En lo referente a la corrosión y deterioro en los muros se obtuvo un valor de “0.5” (nivel medio), ya que los inmuebles patrimoniales presentan corrosión parcial en los muros, respecto a la irregularidad en la elevación de las edificaciones se obtuvo un valor de “0.5” (nivel medio), porque existen varios elementos irregulares y discontinuos, además de una cierta variación en la elevación de la edificación, sobre la integridad estructural de los techos y cubierta se obtuvo un valor de “0.5” (nivel medio), esto debido a que la cubierta son de gabete y aleros no tan superiores con pendientes suaves, el estado de conservación posee un valor de “0.5” (nivel medio), puesto que su estado de conservación es irregular debido al poco mantenimiento que se ha efectuado en los inmuebles patrimoniales, las alteraciones en el entorno poseen un valor de “0” (nivel bajo), ya que no se ha visto afectado sus alrededores. Los elementos no estructurales poseen un valor de 0.5 (nivel medio), esto debido a que existen afectaciones parciales en las ventanas, puertas, escaleras y objetos mal ubicados dentro de las edificaciones, por último, la vulnerabilidad al fuego obtuvo un valor de “1” (nivel alto), debido a que los materiales de construcción son combinados con madera y paja, lo cual puede generar un conato de incendio en una situación de emergencia. En términos generales, la vulnerabilidad estructural obtuvo un valor de 0.5, representando un nivel medio de vulnerabilidad sísmica.

Cálculo del riesgo sísmico

Una vez obtenida la evaluación de la amenaza sísmica y el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones patrimoniales, se procede a calcular el riesgo sísmico a través de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}R &= (V) * (A+1) \\R &= (0.63) * (0.5 + 1) \\R &= (0.63) * (1.5) \\R &= 0.95\end{aligned}$$

Como se puede observar en la siguiente ecuación, el valor total de riesgo sísmico fue de “0.95” que según la interpretación del nivel de vulnerabilidad posee un nivel alto, por lo tanto, los inmuebles patrimoniales requieren de intervenciones técnicas que permitan mejorar las condiciones en la que se encuentran las edificaciones, ya que representan el sentido de pertenencia, identidad propia y el valor tangible e intangible de la memoria histórica del cantón Guaranda.

Tabla 6

Estrategias para reducir los daños sísmicos en las edificaciones patrimoniales

| Parámetros | Falencias identificadas | Estrategias | Actores involucrados |
|---|--|--|--|
| Edificación reparada acorde a la normativa vigente. | Los inmuebles patrimoniales que han sido reparados, no han aplicado las normas técnicas de construcción. | Para reparar los inmuebles patrimoniales se necesita aplicar las Normas Técnicas de Construcción y los lineamientos establecidos en las guías técnicas para evaluar los inmuebles patrimoniales en caso de eventos sísmicos, establecidos por el Ministerio de Cultura. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |
| Condiciones en que se encuentra la edificación. | Las condiciones de los inmuebles patrimoniales presentan deterioro y grietas importantes. | Se debe realizar una evaluación interna y externa del inmueble patrimonial para encontrar signos de deterioro, grietas, desprendimientos y hundimientos de los elementos estructurales, para efectuar obras de reconstrucción, tomando en consideración el diseño, sobre cargas y la relación con el tipo de material de | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |

| | | construcción. | |
|--|--|--|--|
| Detalles estructurales | La construcción se ha efectuado con normas antiguas y no se ha desarrollado obras para adaptarlas a las normas vigentes. | Es importante verificar las juntas de los componentes estructurales, esto se lo puede realizar mediante la inspección y con ayuda de los planos arquitectónicos, con la finalidad de crear un sistema de sellado y reparación de las juntas afectadas. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |
| Corrosión y deterioro en los muros. | Los inmuebles patrimoniales presentan corrosión parcial en los muros. | Emplear medidas preventivas para reducir y prevenir la corrosión en los muros, estos pueden ser; aplicación de inhibidores de corrosión y revestimiento para impedir que ingresen agentes oxidantes e hidrofugantes. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |
| Parámetros | Falencias identificadas | Estrategias | Actores involucrados |
| Integridad estructural de los techos y cubierta. | La cubierta son de gabete y aleros no tan superiores con pendientes suaves. | Es necesario que la cubierta de las edificaciones patrimoniales esté bien adherida con materiales acordes al tipo de construcción, de forma completa y segura, para que puedan soportar los efectos negativos de un evento sísmico. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |
| Estado de conservación | Es irregular debido al poco mantenimiento que se ha efectuado en los | Las instituciones competentes deben de efectuar un plan de Asistencia Cultural para rediseñar o reconstruir las edificaciones afectadas por eventos sísmicos. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda |

| | | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| | inmuebles patrimoniales. | | SNGRE |
| Elementos no estructurales | Existen afectaciones parciales en las ventanas, puertas, escaleras y objetos mal ubicados dentro de las edificaciones. | Se debe mejorar el estado de las puertas, entradas y salidas, para ello se debe tener en cuenta que las puertas se encuentren acopladas perfectamente a los marcos sin hueco evidentes, ya sea entre el marco y pared o marco y puerta, de esta manera se podrá obtener un buen indicio del desplazamiento de las estructuras adyacentes, especialmente si existe la presencia de huecos, desgaste o si la puerta se abre con dificultad, además, debe existir un espacio amplio y libre de obstáculos dentro de la edificación, para ello se puede organizar y reubicar objetos que puedan impedir la evacuación en caso de suscitarse un evento sísmico. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |

| Parámetros | Falencias identificadas | Estrategias | Actores involucrados |
|-------------------------|--|---|--|
| Vulnerabilidad al fuego | Los materiales de construcción son combinados con madera y paja, lo cual puede generar un conato de incendio en una situación de emergencia. | Es necesario que las edificaciones patrimoniales dispongan de extintores contra incendios, ya sean de PQS o CO ₂ , también se pueden implementar detectores de humos en caso de incendio, estos elementos permitirán disminuir la propagación de un incendio y conservar el bien patrimonial en caso de un evento sísmico. | Ministerio de Cultura y Patrimonio GAD Municipal de Guaranda SNGRE |

Nota. Estrategias para reducir los daños sísmicos en las edificaciones patrimoniales, elaborado por (SN, 2022).

DISCUSIÓN

En primer lugar, es importante destacar que el patrimonio cultural, entendido como el conjunto de bienes materiales e inmateriales que constituyen la memoria de una sociedad, puede verse gravemente afectado por los sismos y otras catástrofes naturales. Los edificios históricos, monumentos, museos, archivos y bibliotecas, entre otros elementos del patrimonio cultural, son especialmente vulnerables a los sismos debido a su antigüedad, construcción y materiales utilizados en su construcción.

Por ejemplo, en su estudio " Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca", Jiménez et al. (2018) evaluaron la vulnerabilidad sísmica de los edificios históricos del centro de Cuenca, identificando las principales debilidades estructurales y proponiendo medidas para su mitigación.

Por otro lado, en su investigación " Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural chileno: estudio de iglesias patrimoniales de Valparaíso", González (2019)

revisando diversos métodos y técnicas empleadas para evaluar la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural, concluyendo que la implementación de medidas preventivas y el reforzamiento estructural son esenciales para reducir los riesgos asociados a los terremotos. Según (Moreto, 2021), quien refiere en los resultados de su estudio lo siguiente; con respecto a los elementos geométricos estructurales se deben evitar las irregularidades en planta y si se tiene muros en dos direcciones, colocar muros estructurales en ambas direcciones, con la finalidad de confinar dichos elementos y que la distancia de los muros no sea mayor a 3m. Los aspectos constructivos son los que mayormente resultan afectados cuando ocurren sismos, por lo tanto, se evidenció que aquellas paredes que han sido confinadas con las vigas y las columnas han sido menos afectadas, debido a que se ha generado un refuerzo longitudinal y transversal.

Además, en su artículo "Patrimonio cultural y riesgo sísmico en América Latina", Cardona (2015) destaca la importancia de incorporar la gestión del riesgo sísmico en la gestión del patrimonio cultural en América Latina, dado que la mayoría de los países de la región se encuentran en zonas sísmicas y poseen un rico patrimonio cultural.

Es importante tener en cuenta que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural no debe considerar solo la resistencia estructural de los edificios y monumentos, sino también su valor histórico y cultural. De esta forma, se puede garantizar una gestión integral del riesgo sísmico y una protección adecuada del patrimonio cultural.

En el presente estudio se identificó que las viviendas consideradas patrimoniales, ninguna de ellas cumplía con este tipo de recomendaciones, ya que su edad de antigüedad se relaciona con momentos en los que no existía una normativa que regule la construcción de las viviendas, en su mayoría son tapiales con estructuras de madera. Varias viviendas, ya debilitadas por los sismos, han sido afectadas por otros problemas como infiltración de agua, debilitamiento de paredes debido a construcciones contiguas y otras por los años de antigüedad, lo mejor ha sido su derrocamiento.

En otros estudios como el de (López R. , 2020) en el que se analiza la vulnerabilidad estructural de construcciones informales, donde resulta que debido a la capacidad económica y la falta de conocimiento técnico, ha incidido directamente en la construcción de viviendas que presentan altos grados de vulnerabilidad, ya que a nivel cultural en

América latina y el caribe, en su mayoría las cosas son construidas de forma clandestina, sin respetar normativas vigentes de construcción ni tampoco el asesoramiento de un profesional en el área.

En este sentido, el informe "Protección del patrimonio cultural en caso de desastres naturales" de la UNESCO (2017) destaca que la gestión del riesgo sísmico en el patrimonio cultural debe ser una tarea multidisciplinaria que involucra a expertos en arquitectura, ingeniería, conservación, protección civil y gestión cultural. Asimismo, el informe enfatiza la importancia de involucrar a las comunidades locales en la gestión del riesgo sísmico, ya que estas pueden aportar información valiosa sobre la historia y significado cultural de los bienes culturales.

CONCLUSIONES

Al encontrarnos en la zona de influencia del cinturón de fuego del pacífico, el Ecuador se encuentra en una zona sísmica de alta intensidad, esto se ha logrado identificar con los últimos estudios a nivel de microzonas sísmicas, que las estructuras consideradas patrimoniales en su totalidad no cuentan con una capacidad de resistencia ante eventos sísmicos, esto porque su construcción no responde a una normativa técnica sino más bien a las costumbres de la época.

Siendo los sismos el principal factor de debilitamiento de las casas patrimoniales, no se le puede acusar directamente como el único, sino también considerar el tipo de tubería ha permitido la percolación del agua hacia los elementos estructurales y de mampostería, además el tipo de techo, cuyas fisuras en la época invernal han ido debilitando poco a poco las viviendas, esto sin sumar las nuevas construcciones que son aprobadas junto a las patrimoniales, de las cuales los movimientos de excavación, cimientos de igual forma han debilitado las estructuras.

Por lo tanto, se presentan estrategias para reducir los daños sísmicos en las edificaciones patrimoniales de la ciudad de Guaranda, considerando aspectos técnicos, culturales y sociales, que involucren a expertos en arquitectura, ingeniería, conservación, protección civil y gestión cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, F. (2015). Leyes de atenuación para sismos corticales y de subducción para el Ecuador. Centro de investigaciones de la ESPE. *Revista Ciencia*, 1-18.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2014). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. Standard ASCE/SEI 41-17*. ASCE.
- Cardona, D. (2015). Patrimonio cultural y riesgo sísmico en América Latina. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 67–82.
- Celi, G. (2017). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. *Revista ALCONPAT*, 32.
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1).
- Díaz, A. (2017). “Evaluación del riesgo del patrimonio religioso de la Quebrada de Tarapacá: el abandono y la pérdida de la tradición constructiva como detonantes de su vulnerabilidad ante amenaza sísmica. *Revista Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*, 43.
- Espíndola, V., & Pérez, X. (2018). ¿Qué son los sismos, dónde ocurren y cómo se miden? *Ciencia*, 69, 8–15.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/69_3/PDF/QueSonSismos.pdf
- Fernández, I., Gómez, A., Carchipulla, N., Bonucci, Y., & Pavón, M. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito. *EÍDOS UTE Revista*.
- Flores & Ferreira. (2019). Vulnerabilidad sísmica para la rehabilitación del patrimonio cultural. Un acercamiento teórico- Institucional. *Revista de estudios sobre Patrimonio Cultural*, 32.
- García, L. (2018). Estudio de vulnerabilidad estructural de las edificaciones urbanas del Cantón Guaranda. *Revista Ingeniería Sísmica*, 15.

- González, G. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del patrimonio cultural chileno: estudio de iglesias patrimoniales de Valparaíso*. Universidad de Chile.
- Herrera, G., Vielma, J., Barbat, A., & Pujades, L. (2013). Estado del conocimiento sobre metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios. *Ingeniería y Sociedad UC*, 1(8), 7–28.
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. (1997). *Ciudades Patrimoniales del Ecuador*. <https://www.patrimoniocultural.gob.ec/guaranda/>
- Jiménez, B., Pelà, L., & Hurtado, M. (2018). Formularios de levantamiento de edificios para áreas urbanas heterogéneas en zonas sísmicamente peligrosas. Aplicación al centro histórico de Valparaíso, Chile. *International Journal of Architectural Heritage*, 12, 1076–1111.
- López, G. (2019). Antecedentes sísmicos registrados en la provincia Bolívar . *Revista de Ciencias Sociales y Humanas* , 20.
- López, R. (2020). Estudio de vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en el Asentamiento Humano San Carlos de Murcia, Chachapoyas. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 22 - 29.
- Montenegro & Moncayo. (2021). Limitaciones de los estudios de vulnerabilidad sísmica a edificaciones patrimoniales. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 21.
- Moreto, C. M. (2021). Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas aplicando el método de benedetti - petrini. *Revista científica UNTRM; Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2 - 57.
- Naya, A. (2010). *El Riesgo Sísmico en Quito: Análisis y Simulaciones*. (pág. 55). Francia: Universidad Nice Sophia Antipolis
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre. (2021). *Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998 - 2017*. Nueva York, USA: UNDRR.

- Quezada, R., Jiménez-Pacheco, J., & García, H. (2021). Caracterización del patrimonio edificado del centro histórico de Cuenca - Ecuador. *CienciAmérica*, 10(3).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i3.37>
- Quinde, P., & Reinoso, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Revista de Ingeniería Sísmica*.
<http://www.scielo.org.mx>
- Roca, P. (2017). *Comportamiento sísmico de las construcciones tradicionales de paredes de obra de fábrica*. Barcelona : Arquitectura Tradicional Subterránea, Vol 2.
- Secretaría de Gestión de Riesgos (SNGRE). (2019). *Bienes patrimoniales afectados por sismos en Guaranda*. Quito, Ecuador.
- Segovia & Fuertes . (2018). Enfoque para el análisis estructural y protección sísmica de edificaciones patrimoniales, a partir de la caracterización de sus particularidades técnicas. *Revista Ingeniería de Construcción* , 12.
- Silva, H., Melo, P., & Paucar, A. (2022). Modelo de sectorización a través de fotogrametría con drones, para asignación de grupos USAR en caso de desastre por sismo en el Centro Histórico de Quito. *Journal of Science and Research*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7629638>
- Sosa & Celi. (2021). Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta. *Revista Politécnica* , 14.
- Udías, A. (1998). Introducción: sismicidad y sismotectónica de América Central y Sur. *Física de La Tierra*, 11–17.
- UNESCO. (2017). Operational Guidelines for the implementation of th World Heritage Convention. Natural Heritage., 34.
- Verduga, G. (2018). *Movimientos telúricos y su impacto en las edificaciones patrimoniales*. Bogotá: Vol. 3.Chura Arocutipá, E. (2019). Estudio de riesgo sísmico en el distrito de ciudad nueva tacna. *Ciencia & Desarrollo*, 11, 101–104.
<https://doi.org/10.33326/26176033.2007.11.235>