

Análisis de la vulnerabilidad urbana frente a fenómenos sísmicos en el Centro Histórico de Quito

Analysis of urban vulnerability to seismic phenomena in the Historic Center of Quito

EÍDOS N°17.
Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo
ISSN: 1390-5007
revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos

¹María Fernanda Heredia Albuja, ²Mentor Eduardo Torres Cunalata

¹Universidad Central del Ecuador, mfheredia@uce.edu.ec, ORCID: 0000-0001-5698-182X

²Universidad Central del Ecuador, metorres@uce.edu.ec, ORCID: 0000-0002-4203-2292

Resumen:

Este trabajo presenta la evaluación de la vulnerabilidad urbana frente a un fenómeno sísmico en el Centro Histórico de la Ciudad de Quito con el fin de generar ideas orientadas hacia una planificación urbanística adecuada en espacios geográficos complejos como la zona mencionada. La investigación busca realizar un abordaje secuencial que estudie, desde lo general: el marco conceptual sobre vulnerabilidad urbana y la caracterización de la muestra de análisis, a lo particular: el análisis de riesgos frente a un sismo. Para ello, se propone como metodología un análisis en base a los parámetros presentados en el "Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito", "Exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito" y Planes Urbanos del DMQ, por medio de la generación de una matriz de resultados basada en una serie de variables e indicadores de estudio en relación con los fenómenos sísmicos a los que es propensa la ciudad. La contribución del presente proyecto a la zona de estudio radica en que sus conclusiones cualitativas que proporcionarán una información técnica y detallada de indicadores como las características de suelo, relleno de quebradas, asentamientos, movimientos de masas, inundaciones y crecimiento urbano que han llegado a generar inestabilidad urbanística y arquitectónica en el Centro Histórico de Quito determinando zonas en diferentes rangos de riesgo, cuyos resultados pueden servir en el futuro en la elaboración de planes estratégicos preventivos en resguardo de los centros históricos.

Palabras clave: análisis de riesgo, Centro Histórico, fenómeno sísmico, indicadores, Quito, vulnerabilidad urbana.

Abstract:

This paper presents the evaluation of urban vulnerability to a seismic phenomenon in the Historic Center of the City of Quito in order to generate ideas oriented towards adequate urban planning in complex geographic spaces such as the aforementioned area. The research seeks to carry out a sequential approach that studies, from the general: the conceptual framework of urban vulnerability and the characteristics of the analysis sample, to the particular: the risk analysis in the event of an earthquake. For this, an analysis is proposed as a methodology based on the parameters presented in the "Atlas of natural hazards and infrastructure exposure of the Metropolitan District of Quito" through the generation of a results matrix based on a series of variables and indicators. Study in relation to the seismic phenomena to which the city is prone. The contribution of this project to the study area lies in the fact that its qualitative conclusions that will provide technical and detailed information on indicators such as soil characteristics, creek filling, settlements, mass movements, floods and urban growth that have come to generate urban and architectural instability in the Historic Center of Quito, determining areas in different risk ranges, the results of which may serve in the future in the preparation of preventive strategic plans to protect the Historic Centers.

Keywords: risk analysis, Historical Center, seismic phenomenon, indicators, Quito, urban vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Ministerio de Fomento del Gobierno de España, la “vulnerabilidad urbana” se define como la potencialidad de que la población de un determinado espacio urbano concreto sea afectada por alguna circunstancia adversa, de modo que el concepto alude no tanto a la existencia de una situación crítica constatada en la actualidad como a la de unas determinadas condiciones de riesgo, fragilidad, desfavorecimiento o desventaja que harían posible la entrada en esa situación crítica (2010).

Con la fundación española en 1543, Quito es uno de los centros históricos más importantes del América Latina, hasta el siglo XIX el CHQ tuvo un crecimiento urbano a través de la expansión alrededor del damero adaptando la cuadrícula a la marcada topografía, sin embargo, a partir de 1900 la mancha urbana se desarrolla de manera lineal con la implementación de los planes del DMQ. El planteamiento del Plan Odriozola determinó los trazados posteriores del crecimiento de la ciudad y sentó las bases para edificar un imaginario urbano. El criterio de los urbanistas Odriozola y Sobral fijó al “casco colonial” como contenedor de los valores históricos, artísticos y simbólicos que reúne las “virtudes de la ciudad” (Odriozola, 1942-1944).

El inicial delineamiento del área del Centro Histórico como lugar esencial de las identidades local y nacional se



Figura 1. Ciudad de Quito, 1748
Fuente: Gobierno Abierto

sostuvo en un movimiento de abandono por parte de las elites locales, pero, a la vez de refuerzo de una visión esencialista de la zona histórica. Tiempo después se dio paso a un segundo modelo urbano de crecimiento que renunció a su dinámica concéntrica de despliegue y se decidió por la opción longitudinal basada en un recorte de ocupación trigonal (sur-centro-norte).

A partir del Plan Director se trazó un paisaje urbano que reprodujo los modelos funcionales y segregativos espaciales y económicos de los cincuenta; enfatizó en la idea de unidad funcional de la zona patrimonial y la configuró como un área independiente del resto de la ciudad, merecedora de atención especial en cuanto a su conservación, inversión y financiamiento (Terán, 2014, p. 55).

Como consecuencia de los procesos de crecimiento y transformación urbana el Centro Histórico de Quito (CHQ) ha pasado por un proceso de deterioro y de acuerdo con el PMOT 2012-2022 este sector de la ciudad “es identificado como un entorno peligroso y ambientalmente deteriorado, lo que ocasiona que gran parte de sus habitantes (73%) lo consideran como un hábitat transitorio”.

La ciudad de Quito está a merced de sismos severos de subducción, sobre todo porque los últimos sismos registrados se encuentran relacionados con la estructura geológica conocida como el sistema de fallas de Quito. Se trata de una falla geológico-inversa que pone en contacto a dos bloques diferentes de la corteza terrestre a lo largo de un plano inclinado que penetra oblicuamente debajo de la ciudad desde el este.

El CHQ ha estado expuesto a riesgos ligados a eventos geomorfológicos (deslizamientos, hundimientos); geodinámicas (sismos, erupciones volcánicas), y eventos antrópicos; dados por la ubicación geográfica del país y las condiciones climáticas del mismo, sumado a esto se encuentra el crecimiento poblacional y urbano, desmedido y desordenado en el CHQ ha hecho que se convierta en una zona deteriorada y peligrosa. El mal uso del espacio edificatorio, como: las construcciones

informales, la urbanización en espacios peligrosos, relleno de quebradas con material pétreo, etc.

El presente artículo buscar determinar la vulnerabilidad sísmica del CHQ frente a un fenómeno sísmico mediante el análisis y la elaboración de una matriz de indicadores y variables en base a los textos “Atlas de amenazas naturales” y “Exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito” y Planes Urbanos del DMQ, con el fin de categorizar las micro zonas del CHQ y complementar las medidas de mitigación y planes colectivos existentes para la prevención de riesgos sísmicos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el nivel de vulnerabilidad urbana en los sectores del CHQ se han considerado cuatro variables independientes cuyo análisis lleve a la elaboración de una matriz unificada donde se pueda evidenciar la vulnerabilidad urbana presente en el CHQ. En este sentido, se procederá con el estudio independiente de la mecánica de suelos, la susceptibilidad a movimientos de masa, la matriz de edificaciones y el crecimiento urbano categorizando cada uno de los mismos en alto, medio y baja vulnerabilidad de acuerdo a sus diferentes características de riesgo que presentan. Finalmente, la información extraída será colocada en una única matriz que resuma los resultados de la investigación y que permita el desarrollo de un plan estratégico preventivo en el CHQ. (Figura 2)

Mecánica de suelos

En consideración de los factores de riesgo antes mencionados es importante establecer las tipologías del suelo del CHQ, con el fin de reducir las vulnerabilidades en eventos sísmicos, esta información será una herramienta para determinar el uso de suelo, altura de edificación y los requerimientos constructivos. Con base en el texto “Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito” (Valverde J. et al.), se profundiza en el campo de estudio el análisis y evaluando micro zonas con diferentes rangos de vulnerabilidad.

La zonificación de los suelos está dada por perfiles estratigráficos que determinan la modelación dinámica de los suelos y sus distintos periodos de vibración. Para esta clasificación es necesario definir zonas a distintas profundidades para determinar las propiedades mecánicas y dinámicas promedio de cada estrato, perfil y zona de la ciudad. Considerando al DMQ parte de una depresión de productos volcánicos y de erosión que forman un relleno sedimentado de 5km de profundidad. Evaluando en los siguientes indicadores.

Depósitos de suelos primarios: Fue realizada en dos procesos; el primer paso fue zonificar la ciudad en forma general (zonificación básica), tomando en cuenta parámetros topográficos y geológicos. Luego en un segundo proceso se complementa la zonificación de la ciudad, utilizando características específicas de 10 suelos para subdividir las zonas predefinidas en la zonificación básica. Se logra identificar tres zonas básicas primarias, que presenta un acercamiento sobre los depósitos de suelo en las tres zonas preliminares:

Los flancos orientales del Pichincha, están representados con la letra F en el mapa de la zonificación básica de la ciudad. Conformados por cenizas volcánicas y depósitos de cangahua, pueden contener depósitos aluviales en los extremos de sus fronteras.

La depresión central, representada con L en el mapa de zonificación básica, está conformada por antiguos depósitos de ceniza volcánica y de depósitos lacustres superficialmente.

Zonas de altos morfológicos como las lomas de Ilumbisí, Puenqasí,



Figura 2. Variables dependientes e independientes
Fuente: Elaboración propia. Con esto clasificar las micro zonas del CHQ con vulnerabilidad medidas en 3 niveles: alto, medio y bajo.

Guanguiltagua y San Isidro, están representadas en él, las zonas de la Q del mapa. Son depósitos de cangahua y cenizas volcánicas.

Zonificación: Para la realización de una microzonificación completa de la ciudad a partir de la zonificación básica, fue necesario información de los tipos de suelo depositados en Quito. Se han obtenido 11 perfiles transversales de Este a Oeste de la ciudad. Las secciones transversales fueron escogidas de tal forma que puedan cubrir toda la longitud de la ciudad de Quito, y están localizadas en zonas en donde estaba disponible suficiente información, para que las subzonas o micro zonas pudieran ser diferenciadas dentro de las 3 principales

zonas de la zonificación básico-primaria del Escenario Sísmico de la ciudad. Las 11 secciones transversales localizadas a lo largo de la ciudad son esquematizadas y son: posibles con el establecimiento de los bordes de las subzonas observando los puntos en donde cambia la configuración del suelo en las secciones transversales por medio de una foto aérea que permite ver con gran aproximación y extensión algunos depósitos, en ellos los aluviales en los extremos. De esta manera se definieron 20 subzonas o micro zonas. En los flancos del Pichincha existen 7 subzonas, 5 en los depósitos lacustres y 7 en los depósitos de cangahua, además de una subzona particular para la loma del Panecillo.

Las zonas que intervienen en el CHQ se tienen:

Las zonas F2 y F3 son básicamente cangahua cubiertas por diferentes tipos de suelo.

La zona F7 está formada de aluviales en varios de sus extremos principalmente de cangahua y cenizas volcánicas (Valverde, Fernández, Jiménez; Vaca y Alarcón, 2015).

Esta clasificación permite remitirnos a considerar las zonas con base en un nivel de vulnerabilidad en consecuencia a la resistencia de estos tipos de suelo en relación con la longitud de onda de corte en 5m de profundidad y los periodos de vibración según los datos obtenidos de EPN (2014), los suelos F2 y F3 cuentan con 243 y 194 m/s y periodos de 0.309 y 0.302T frente a F7 con 295.54 m/s y periodo de 0.068T, esto nos ofrece catalogar a F2 con riesgo alto, F3 con riesgo medio y F7 con riesgo bajo, la figura 3 explica la zonificación del suelo en el CHQ y la localización de las micro zonas vulnerables. Esta clasificación esta mostrada en la figura 3 donde se localiza estas zonas en el CHQ.

Asentamientos: El CHQ cuenta con diversas condicionantes geográficas, volcánicas, topográficas e hidrográficas que determinan el suelo de la zona, esta serie de accidentes crea una red de 9865.07 m² de área, que han sido urbanizados de forma informal, el análisis de asentamientos presentados en la matriz



Figura 3. Zonificación del CHQ
Fuente: Secretaria General de Planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).

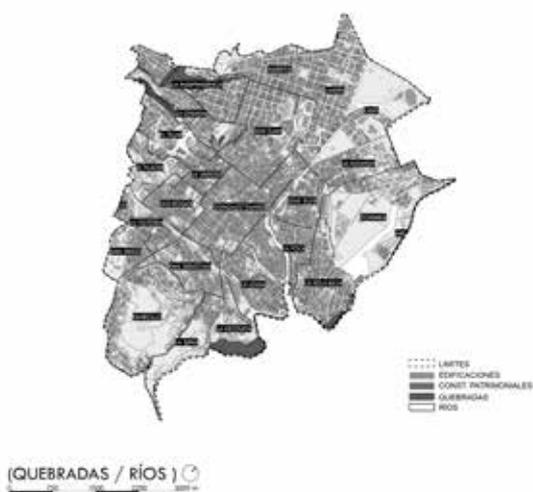


Figura 4. Incidencia de quebradas abiertas en el CHQ
Fuente: Secretaria General de Planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).

evalúa 3 factores de riesgo respecto a la distancia que estos tengo con respecto a las laderas mostrados en la figura 4, el mapeo de Arcgis permite identificar la incidencia de 4 quebradas abiertas, ubicando a los barrios: La Independencia, La Chilena, La Recolecta y La Tola Baja y las laderas lindantes del río Machángara con el barrio de La Recolecta, La Sena, La Loma y La Tola Baja identificando en especial los asentamientos informales que son más propensos al colapso.

Microzonificaciones: El Estudio de Microzonificación Sísmica del DMQ (2012) se basó en una caracterización geológica subsuperficial que permitió conocer la litología y los suelos, una investigación geotécnica desarrollada mediante 14 sondeos (realizados a profundidades entre 20 y 30 metros), la caracterización de laboratorio para las muestras de suelo, ensayos de campo para su caracterización geotécnica y ensayos geofísicos para la caracterización geodinámica de los suelos, definición de espectros elásticos de diseño sismo resistente y consideraciones para la instalación y operación de una red de acelerógrafos (p. 74). La microzonificación realizada muestra claramente la manera en la cual las señales sísmicas, generadas por la propagación de ondas en las distintas capas de suelos, inciden directamente en el comportamiento de las edificaciones ante un terremoto en diferentes grados de aceleración.

Un nivel alto de aceleración (450-550 cm/s²) al interior de un polígono que tiene como límite longitudinal occidental la calle Flores (desde la Plaza de Santo Domingo hasta la calle Mejía, para luego extenderse en dirección noroccidental por la calle Guayaquil hasta la calle Galápagos) y como límite longitudinal oriental la línea de la loma Itchimbía (abarcando los sectores de San Diego, El Panecillo, El Sena, La Recoleta, La Loma, San Marcos, La Tola, San Blas y La Alameda, correspondientes a la zona de amortiguamiento).

Un nivel medio de aceleración (350-450 cm/s²) que caracteriza un polígono que contiene el resto del Núcleo Central del Centro Histórico, con todas las iglesias y museos.

Un nivel bajo de aceleración (250-350 cm/s²) en la zona de amortiguamiento occidental, que comprende los sectores de La Victoria, San Roque Alto, El Placer y El Tejar. Sin embargo, la parte alta de estos dos últimos sectores se encuentra caracterizada por un nivel de aceleración media.

Mediante la tabulación de los resultados en las diferentes micro zonas se determinaron los rangos de vulnerabilidad en los barrios identificados.

Susceptibilidad a movimiento de masa

Se tomó como fundamento el Texto "Atlas de amenazas naturales del DMQ" para establecer los indicadores de estudio como factores naturales que potencian la vulnerabilidad del CHQ. En el CHQ, los movimientos en masa se configuran como porciones de talud de varios metros de altura que "se vienen abajo", arrastrando consigo casas o enterrando las que se encuentran en la parte inferior. Por un lado, mientras cabe destacar que los pequeños derrumbes se producen con una alta frecuencia en aquellos sectores de pendiente pronunciada, por el otro, los derrumbes de mayor tamaño, a pesar de no ocurrir frecuentemente, son catastróficos y ocasionan el cierre de vías.

Gran parte del riesgo por inundaciones, derrumbes, hundimientos, deslizamientos y flujos de lodos, al cual están expuestos los habitantes y la infraestructura del Centro Histórico de Quito, a causa del mal manejo del suelo y las prácticas irregulares de relleno de cauces y quebradas desviando los flujos y atentando a áreas urbanizadas. A su vez se considera la peligrosidad sísmica y los efectos de amplificación dinámica debido a la geometría y naturaleza del suelo sobre roca.

Quito, consecuentemente, es una ciudad de gran riesgo sísmico, por cuanto este riesgo depende tanto de la de vulnerabilidad de las estructuras y de la amenaza sísmica del sitio de emplazamiento.

Inundaciones

D'Ercole y Metzger (2004) mencionan que el problema de las inundaciones en Quito no está ligado a

las laderas del Pichincha, en la medida en que los caudales líquidos que allí se registran son bajos. La principal causa de inundaciones se relaciona con la urbanización y la impermeabilización de los suelos, así como con el cambio de uso de las áreas verdes, factores que aumentan la cantidad y velocidad del agua a evacuarse. (Instituto Metropolitano de Patrimonio, 2017). Por medio del mapeo de Arcgis mostrado en la figura 5, se determinó la densidad de inundaciones por hectáreas del CHQ, determinando los siguientes resultados:

Muy bajo: La Chilena

Bajo: La Recoleta, La Independencia, El Tejar, El Placer, San Marcos, La Loma, La



Figura 5. Mapa de inundaciones
Fuente: Secretaría General de planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).



Figura 6. Mapa de movimientos de masas
Fuente: Secretaría General de planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).

Sena, El Panecillo, Itchimbia, La Alameda, San Blas, El Ejido, San Juan, San Diego

Medio: San Roque, San Diego, San Sebastián, Tola baja, América, Larrea

Alto: La Victoria, Gonzáles Suarez (Figura 5)

Derrumbes: En el Centro Histórico de Quito las amenazas más frecuentes son los deslizamientos e inundaciones, como producto de la ampliación de los extremos urbanos, además de los asentamientos humanos informales en áreas difíciles y peligrosas. Los movimientos en masa son desplazamientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo movimiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de deslizamiento. Se generan en los márgenes de las quebradas, taludes de vías y en pendientes mayores 30°, así como flujo de lodo y escombros. (MDMQ, Atlas de Amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito, 2015). Los resultados del mapeo de Arcgis mostrado en la figura 6 en base al movimiento de masa por derrumbes determinó 3 rangos de vulnerabilidad determinando los siguientes barrios propensos:

Bajo: Larrea, América, El Ejido, San Juan, San Blas-, La Alameda, La Tola, San Marcos, Tola baja, La Loma, La Recoleta, El Panecillo, San Diego, La Victoria, San Roque, La Merced, La Independencia, Gonzales Suarez

Medio: La Sena, La Chilena, San Sebastián, El Placer, La Victoria

Alto: El Tejar (Figura 6)

Deslizamientos y hundimientos: Las pendientes fuertes, vertientes abruptas, encajonamientos e importantes desniveles del CHQ, así como la falta de un mantenimiento adecuado a los sistemas de drenaje y los taludes en mal o poco apuntalados y mal drenados, son características propias de algunos sectores que lo rodean y factores externos que generan condiciones favorables para que se produzcan derrumbes o deslizamientos.

En si por la irregularidad de la topografía existe un alto porcentaje de terrenos con pendientes mayores al 40%, creando ciertos problemas en muros de casas patrimoniales en épocas de lluvia, además por este factor y la ubicación geográfica, el clima tiene una variabilidad micro climática, sin embargo, la misma topografía hace del Centro Histórico un lugar lleno de visuales, dinamizando la vida del habitante.

Otra característica geográfica que puede incidir en la determinación de la vulnerabilidad del CHQ y en la presencia de los movimientos en masa es la presencia de quebradas, ya que, muchas de ellas han sido rellenadas, embauladas o invadidas por viviendas de carácter informal, lo que constituye un potencial riesgo para la evacuación de aguas y lodos, en consecuencia, el colapso de viviendas y del sistema de alcantarillado. En muchos casos estas quebradas son utilizadas para desaguar los desechos líquidos de los centros poblados lo que conlleva una contaminación, tanto del cauce de quebradas, así como las vertientes, y la afectación a la salud del propio ser humano.

La tabla 1 resume las principales causas los eventos de riesgo más propensos en la zona de estudio, con el fin de solventar con soluciones a nivel municipal y ciudadana para reducir el índice de vulnerabilidad.

Es así que se realiza un mapeo de susceptibilidad en el CHQ alto, medio y bajo, en relación con las condiciones topográficas y accidentes geográficos como en relación con los eventos de riesgo más frecuentes, la figura 7 explica la incidencia de hundimientos y deslizamientos en el CHQ, tabulando la mayor cantidad de estos asociándoles en un rango de vulnerabilidad obteniendo:

El CHQ está expuesto a riesgos ligados a eventos geomorfológicos. De acuerdo a los datos obtenidos en el mapa de Eventos de Riesgo, se puede deducir que los sectores con mayor riesgo de hundimiento son el Tejar, la Merced y la Recolecta.

Por otro lado, con el mapa de eventos de riesgos, se puede deducir

que el sector con mayor riesgo de deslizamiento es el Tejar, y los sectores con bajo riesgo de deslizamiento son La Merced, San Roque y la Gonzáles Suárez, esto también se puede verificar en el mapa de movimiento de masas de la figura 6.

Matriz de edificaciones

La ocupación informal de suelos rurales y zonas ecológicas en la ciudad de Quito creció desde 1970 por medio de ventas irregulares e invasiones, es así que la mancha del CHQ creció en estas condiciones extendiéndose a los contornos y se han ubicado viviendas en bordes de quebradas profundas, a veces dentro de ellas, muchas viviendas son susceptibles de ser afectadas por deslizamientos, derrumbes, lahares, hundimientos y flujos de lodo.

Vulnerabilidad de edificaciones en el CHQ: El análisis territorial separó aquellas que son fuente de vulnerabilidad para las edificaciones, en la estimación de índices

DERRUMBES	FLUJOS DE LODO (DESLIZAMIENTOS)	HUNDIMIENTO
Taludes Mal apantados	Crecida lodosa, relacionada con precipitaciones.	Eventos relacionados con espacios urbanos y pasos de alcantarillado y colectores, que producen escorrentías, procesos erosivo-internos y socavamiento.
Fuertes pendientes	Pendiente o cauces de quebrada.	
Factores erosivos y de compactación producidos por lluvias.	Uso de suelo.	

Tabla 1. Factores Morfodinámicos
Fuente: Elaboración propia (2020).



Figura 7. Mapa de movimientos de masas
Fuente: Secretaría General de planificación. Gobierno Abierto. Fuente: Elaboración propia (2021).

de vulnerabilidad se obtuvo que el Centro Histórico tiene un índice de vulnerabilidad edificada de 0,23 siendo más vulnerable mientras mayor proximidad a 1.

Existe una mayor vulnerabilidad edificada en las zonas occidentales y nororientales, lo cual da cuenta de la necesidad de priorizar acciones en el área de amortiguamiento, en especial en las mencionadas zonas.

De esta manera, se obtuvo un mapeo de Arcgis mostrado en la figura 8 que posibilita analizar la vulnerabilidad de las zonas informales del CHQ en 3 categorías, alta media y baja en las siguientes micro zonas:

Bajo: La Sena, San Sebastián

Medio bajo: Itchimbia

Medio: Larrea, Ejido, Alameda, La Tola, La Loma, San Blas, Gonzalez Suarez

Medio alto: El Tejar, La Chilena, La Independencia, El Placer, La Recolecta

Alto: Panecillo, San Diego, La Victoria, San Roque, San Juan, La América (Figura 8)

Deterioro de la vivienda y estado de conservación: El despoblamiento contribuye al deterioro de los inmuebles, debido al abandono o subutilización de estos. El Plan Especial del Centro Histórico de Quito de 2003 identificó que el 75,93%



Figura 8. Vulnerabilidad de zonas de construcción de viviendas informales
Fuente: Secretaria General de planificación. Gobierno Abierto. Autor propio (2021).

de las edificaciones con uso habitacional se encontraban en estado no crítico entre regular y bueno, el 11,47% en mal estado y el 12,6% en pésimo estado. Determinando alrededor de 970 edificaciones en estado crítico.

Un estudio más reciente del IMP muestra que el estado de conservación de las edificaciones entre “regular” y “malo” ha incrementado a 4 8,5%, es decir 25% más que en el año 2003. Este incremento de las edificaciones en estado “regular” y “malo”, demuestra un proceso de deterioro continuo como síntoma del proceso de despoblamiento del CHQ.

La evaluación barrial muestra el estado crítico de conservación de las viviendas. En el sector de González Suárez, correspondiente al Núcleo Central, el 58% de edificaciones con uso habitacional se encuentra en buenas condiciones, a pesar de comprender el área con mayor número de equipamientos religiosos y públicos. El mayor número de edificaciones en estado crítico se encuentra concentrado en el sector de San Roque, La Victoria, San Sebastián, El Tejar y La Tola.

Los datos de ocupación por vivienda revelan unas condiciones habitacionales que es necesario mejorar y que constituyen uno de los principales argumentos a favor de la elaboración de un plan de vivienda y de rehabilitación residencial.

Bienes patrimoniales: El sistema de áreas patrimoniales en el CHQ pretende incorporar elementos históricos que se encuentran dentro de una visión tradicional del patrimonio histórico, de las 4286 edificaciones inventariadas en el CHQ, 64 están catalogadas como monumentales (42% de arquitectura religiosa y 58% de arquitectura civil). A la sede de la Presidencia de la República y otros edificios gubernamentales, se suman diez museos, veintidós templos, varios conventos con casi cinco siglos de antigüedad y otras edificaciones de valor patrimonial.

El entorno edificado sufre las consecuencias negativas de los conflictos surgidos por la disfuncionalidad y el abuso. La presión a la que se somete a

los espacios públicos y a la arquitectura del CHQ ha alcanzado niveles críticos, en especial en zonas en las que la sobrecarga de funciones comerciales, tránsito motorizado y contaminación ambiental.

Gracias al mapeo de Arcgis, la figura 9 explica cómo se pudo seleccionar estas dos categorías, señalando las 33 edificaciones monumentales de carácter religioso, museo y conventos más relevantes, esta diferenciación permitió ubicar las micro zonas con mayor cantidad de estos y su nivel de prioridad de patrimonio en un rango de vulnerabilidad con los siguientes resultados:

Alto (0): Panecillo, La Loma, La Chilena, La Tola, La Victoria, San Sebastián

Medio (1-2): La Tola Baja, La Recolecta, El Sena, San Diego, El Ejido, La Alameda, América, Larrea, La Independencia, El Tejar, La Merced, San Juan, San Blas, Itchimbia, El Placer

Bajo (3 a más): San Roque, González Suarez.
(Figura 9)

Crecimiento urbano

Plan urbano: El Plan Especial 2003, es el último plan creado para el CHQ. El plan especial planteó una visión estratégica de desarrollo para 2010, plasmada en cinco ejes con una concepción de gestión integral (Oviedo C., 2014): “Esencia de la capitalidad del Ecuador, un espacio con sus bienes históricos y patrimoniales protegidos, preservados y recuperados en su vitalidad socioeconómica, arquitectónica, espacial y simbólica” (MDMQ, 2003, p. 59).

El Plan Especial 2003 ha sido, el plan más completo y de mayor influencia en la ejecución de obras y políticas en el Centro Histórico, puesto que presentó una visión integral para rehabilitar el territorio, con un conjunto de propuestas de cambio de uso del espacio público, inversión en imagen urbana, vivienda y habitabilidad.

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), el Centro Histórico de Quito aborda un espacio urbano de 376 hectáreas, con

una población aproximada de 40.000 habitantes, cuenta con alrededor de 5000 inmuebles inventariados de estos 130 de carácter monumental. Sin embargo 43% del área destinada a vivienda en el CHQ no es ocupada en su totalidad causando un índice crítico de densidad real neta en el CHQ de 11 Hab/m². producido por factores de tugurización, deterioro edificatorio, problemas de movilidad, accesibilidad y contaminación generando desigualdades urbanas y recluyendo a un uso turístico y de trabajo, a esto se suma el alto coste del mantenimiento de las viviendas y el bajo interés de la inversión privada.

Planificación urbana y asentamientos informales: En Ecuador las políticas de expansión de la ciudad, tuvo ritmos diferentes de crecimiento rápido, se pueden considerar los conflictos de uso de suelo, las ocupaciones ilegales en áreas no permitidas, la falta de dotación de servicios básicos, fragmentación en el paisaje, etc. El modelo es producto de una falta de visión de los planes urbanos propuestos, que se concentraron en el manejo y control de la ciudad legal, sin el establecimiento de mecanismos de intervención en las zonas periféricas crecieron bajo su propia dinámica.

Origen de asentamientos informales: La primera, corresponde a las tierras agrícolas integradas a la ciudad, estas áreas en un principio fueron consideradas asentamientos periféricos por su ubicación en las áreas inmediatas



Figura 9. Mapa de Zonas Patrimoniales del CHQ. Fuente: Secretaria General de planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).

MECÁNICA DE SUELOS						
	DEPÓSITOS DE SUELOS PRIMARIOS	ZONIFICACIÓN	ASENTAMIENTOS	MICROZONIFICACIÓN	BARRIOS IDENTIFICADOS	RANGO DE VULNERABILIDAD
TIPOS DE SUELOS CHQ	Flancos orientales de Pichincha/Cenizas volcánica/Depósitos de cangahua/Depósitos de aluviales	F2	Asentamientos al margen de quebrada laderas y barrancos	Nivel alto de aceleración (450-550 cm/s ²)	-San Diego -El Panecillo -El Sena -La Recoleta -La Loma -San Marcos -La Tola -San Blas -La Alameda -América -La Chilena	MAYOR VULNERABILIDAD
	Depósitos lacustres en la depresión del núcleo central del CHQ.	F3	Asentamientos a 10m o más del margen de la quebrada	Nivel alto de aceleración (350-450 cm/s ²)	-Gonzales Suarez -La Merced -San Juan -San Sebastián -Itchimbia	MEDIA VULNERABILIDAD
	Cenizas volcánicas con formaciones de cangahua	F7	Asentamientos nulos o mínimos al margen de la quebrada	Nivel alto de aceleración (250-350 cm/s ²)	-La Victoria -San Roque -El Placer -El Tejar	BAJA VULNERABILIDAD
SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS DE MASA						
	INUNDACIONES (Densidad de inundación)	DERRUMBES	DESPLAZAMIENTOS	HUNDIMIENTO	BARRIOS IDENTIFICADOS	RANGO DE VULNERABILIDAD
MORFOCLIMÁTICO	Alto: 3.05 Ha Barrios: La Victoria, Gonzáles Suarez	Alto: 49.76 Ha Barrios: Larrea, América, El Ejido, San Juan, San Blas-, La Alameda, La Tola, San Marcos, Tola baja, La Loma, La Recoleta, El Panecillo, San Diego, La Victoria, San Roque, La Merced, La Independencia, Gonzáles Suarez	Zonas propensas inundaciones. Pendiente >30° Zonas cercanas a redes de drenaje natural. Zonas propensas a deslizamientos. Áreas ubicadas en las laderas o los barrancos.	Paso de alcantarillado y colectores de zonas urbanizadas. Zonas de rellenos antiguos. Zonas propensas a inundaciones Peso excesivo	-Larrea -El Ejido -San Juan -San Blas -La Alameda -San Marcos -La Victoria -San Roque -La Merced, - La Independencia -Gonzáles Suarez	MAYOR VULNERABILIDAD
	Medio: 21.69 Ha Barrios: San Roque, San Diego, San Sebastián, Tola baja, América, Larrea	Medio: 23.34 Ha Barrios: La Sena, La Chilena, San Sebastián, El Placer, La Victoria	Suelos que presentan baja y media permeabilidad. Pendientes Moderadas	Suelos que presentan baja y media permeabilidad. Pendientes moderadas. Peso moderado. Zonas de escumamiento lejano.	-San Sebastián -Victoria -La Loma -La Recoleta -San Diego -La Tola -La Tola Baja -Itchimbia -Panecillo -La Chilena	MEDIA VULNERABILIDAD
	Muy bajo: 10.47 Ha Barrios: La Chilena Bajo: 42.78 Ha Barrios: La Recoleta, La Independencia, El Tejar, El Placer, San Marcos, La Loma, La Sena, El Panecillo, Itchimbia, La Alameda, San Blas, El Ejido, San Juan, San Diego	Bajo: 4.90 Ha Barrios: El Tejar	Pendientes bajas o zonas planas. Zonas no propensa a inundaciones	Suelos firmes, sin incidencia de zonas de escurrimiento natural o artificial. Pendientes bajas o zonas planas.	-San Sebastián -La Sena -América -El Tejar - El Placer	BAJA VULNERABILIDAD
MATRIZ DE EDIFICACIONES						
	CONSTRUCCIONES INFORMALES	DETERIORO	BIENES PATRIMONIALES	BARRIOS IDENTIFICADOS	RANGO DE VULNERABILIDAD	
COMPONENTES	Alta	Crítico	0	-Panecillo -La Tola - San Sebastián -San Roque -San Blas	MAYOR VULNERABILIDAD	
	Media alta Media Media baja	Regular	1-2	-La Tola Baja -Larrea -Itchimbia -El Placer -San Blas -Alameda -La Loma -La Chilena -El Tejar -La Merced -La Independencia -La Recolecta -San Diego - San Juan - La Victoria	MEDIA VULNERABILIDAD	
	Baja	Bueno	3 o más	-Gonzales Suarez -La Sena - América	BAJA VULNERABILIDAD	
CRECIMIENTO URBANO						
	CONSTRUCCIONES INFORMALES	EXPANSIÓN DE LAS EDIFICACIONES	BARRIOS IDENTIFICADOS	RANGO DE VULNERABILIDAD		
COMPONENTES	Sin supervisión y previo control para la ejecución.	Asentamientos en zonas con suelos malos y riesgo de caída.	-Panecillo -Itchimbia -La Independencia -La Tola baja -La Loma -San Marcos	MAYOR VULNERABILIDAD		
	Presenta un previo análisis y construcción con ciertos criterios establecidos.	Asentamientos en zonas con pendientes moderadas.	-San Sebastián -La Tola -La Alameda -La Chilena -El Ejido -La Recolecta -El Sena -San Diego -La Merced -La Victoria	MEDIA VULNERABILIDAD		
	Cumplimiento del reglamento y control de la ejecución de la obra.	Asentamientos en zonas planas con tipo de suelo fuerte.	-El Tejar -El Placer -San Roque -Gonzales Suarez -América -Larrea	BAJA VULNERABILIDAD		

Figura 10. Matriz de vulnerabilidad)
Fuente: Elaboración propia (2021).

al límite urbano, y la segunda, son los asentamientos ilegales, que comprenden a establecimientos dentro del límite urbano y otros ubicados en suelos no urbanizables.

Asentamientos Informales en el DMQ: Se refleja el porcentaje el 5,56% asentamientos informales registrados en la zona del Centro Histórico, en la actualidad ese porcentaje ha aumentado, con un rango de 8 años reflejara el doble. El CHQ y su zona de amortiguamiento se caracterizan por una morfología irregular, dominada por el probable cono aluvial de San Juan, las colinas de El Dorado-Itchimbia, El Panecillo, el valle socavado del río Machángara y las quebradas afluentes (ya rellenadas) que descienden de las laderas del Ruco Pichincha, a lo largo de la Av. 24 de mayo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del análisis realizado se establece la siguiente matriz de vulnerabilidad (figura 10). La misma consta de 4 secciones correspondientes a las variables independientes y en cada una se clasifica a los barrios en 3 niveles de vulnerabilidad, mayor, medio y bajo; en función de las características de dichas variables.

Tomando el ejemplo del barrio el Panecillo en el apartado de mecánica de suelos lo encontramos como a uno de los barrios con mayor rango de vulnerabilidad debido a que corresponde a un depósito de cangahua, zona F2, con asentamientos al margen de la quebrada y con un nivel alto de aceleración.

En cuanto al apartado de susceptibilidad a movimientos de masa, el Panecillo se encuentra en un rango de vulnerabilidad media debido a la considerable zona de inundaciones y derrumbes, suelo con permeabilidad media-baja y una pendiente moderada. Por otro lado, en lo que se refiere a la matriz de edificaciones se presenta una alta cantidad de construcciones informales y a un deterioro crítico de las mismas.

Finalmente, con respecto al crecimiento urbano el Panecillo cuenta con asentamientos en zonas con suelos no

aptos con riesgo de caída y construcciones sin supervisión ni previa planificación, lo que lo coloca nuevamente en el rango de mayor vulnerabilidad.

Con todo lo antes propuesto, se ubica a este barrio del CHQ en el grupo de micro zonas con un riesgo alto de vulnerabilidad frente a un sismo, debido a que presenta un mayor rango de riesgo en más del 50% de las variables.

Del mismo modo, con el análisis presentado anteriormente ahora realizado independientemente en cada uno de los barrios, se pudo determinar que:

Las micro zonas del CHQ representadas en la figura 11: La Loma, La Independencia, San Marcos, la Tola, San Blas, La Alameda y el Panecillo presentan un riesgo alto de vulnerabilidad urbana frente a un sismo.

Las micro zonas del CHQ: Itchimbia, San Diego, La Victoria, el Tejar, el Sena, el Ejido, San Sebastián, la Recoleta, la Chilena, San Roque, González Suarez, La Merced y San Juan presentan un riesgo medio de vulnerabilidad urbana frente a un sismo

Y las micro zonas del CHQ: América y el Placer presentan un riesgo bajo de vulnerabilidad urbana frente a un sismo.

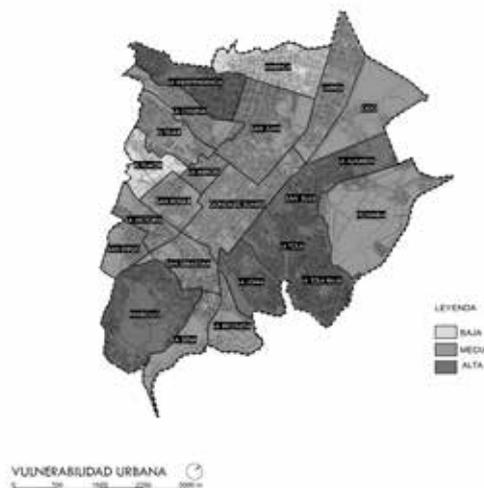


Figura 11. Mapa de vulnerabilidad en el CHQ. Fuente: Secretaría General de planificación. Gobierno Abierto. Elaboración propia (2021).

IV. CONCLUSIONES

Tras analizar los resultados, se evidencia que, cada uno de los indicadores planteados ponen de manifiesto un balance negativo en sus comportamientos sísmicos, inclusive ante la acción de sismos moderados. Además, estos indicadores permiten estandarizar criterios al momento de evaluar las zonas. Se puede obtener un modelo que permita establecer un entendimiento de la dinámica de las vulnerabilidades y de su nexo con las amenazas ante los efectos sísmicos, de esta manera se podrá tomar mejores decisiones tanto para el cuidado como para la preservación del área urbana del Centro Histórico de Quito, ya que representa un patrimonio importante para la ciudad y para el país.

La elaboración de la matriz permitió clasificar a las micro zonas del CQH en 3 niveles de vulnerabilidad frente a los sismos. No obstante, se debe continuar con estudios de modelos técnicos que arrojen datos cuantitativos sobre los efectos de los fenómenos sísmicos.

De igual manera se recomienda realizar un censo sísmico que catalogue las edificaciones y espacios urbanos del CHQ y con ello priorizar acciones sobre dichas zonas. Además, incentivar a la población a generar consciencia sobre la vulnerabilidad urbana que tiene la zona y sus efectos, a través de planes de mitigación. Finalmente incluir en el pensum académico el uso de herramientas y paquetes informáticos en las Facultades de Arquitectura e Ingeniería para el sector de la construcción y de esa manera cumplir los criterios necesarios al momento de planificar, diseñar, rehabilitar y construir ciudades.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archivo Metropolitano de Historia de Quito. (2015). Plano de la ciudad de Quito. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de <http://archivoqhistorico.quito.gob.ec/>

IMP. (2016). Plan de gestión del riesgo de desastres para el núcleo central del Centro Histórico de Quito. Quito.

IMP. (2019). Plan parcial para el desarrollo integral del Centro Histórico. Quito.

IMP, I. m. (2017). Plan de Gestión del Riesgo de desastres para el núcleo central del centro histórico de Quito, patrimonio mundial. Quito.

IMP. (2016). Plan de gestión del riesgo de desastres para el Núcleo Central del Centro Histórico de Quito, patrimonio mundial. Quito.

Instituto de la Ciudad. (2018). Vulnerabilidad de las viviendas del Centro Histórico de Quito, frente a fenómenos naturales y resiliencia (6/14). Obtenido de <https://bit.ly/3wBSgbi>

Instituto de la Ciudad. (2017). Resiliencia y vulnerabilidad frente a las lluvias en el CHQ. Recuperado el 20 de Julio de 2020, de <https://bit.ly/3vp1mrr>

Instituto de la ciudad. (2018). Instituto de la ciudad. Obtenido de Dinámicas demográficas en el Centro Histórico de Quito (2/14): <https://bit.ly/3fnUjK7>

Instituto Geofísico. (2014). Breve reseña de los sismos provenientes de la falla geológica de Quito que han afectado a la capital. Recuperado el 03 de agosto de 2020, de <https://bit.ly/3F5B3yFMQhm>

Instituto Metropolitano de Patrimonio. (2017). Plan de gestión del riesgo de desastres para el núcleo central del Centro Histórico de Quito, Patrimonio Mundial. Recuperado el 8 de agosto de 2020, de <https://bit.ly/3uo99oj>

Lara. (2015). Conpat 2015. Obtenido de La Construcción tradicional y su vulnerabilidad sísmica "El caso de Quito y sus construcciones con valor patrimonial": <https://bit.ly/2SwbSyR>

MDMQ. (2002). Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito. Quito: Junta de Andalucía.

MDMQ. (2015). Atlas de Amenazas naturales y exposición de infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito. Quito.

MDMQ, M. d. (2016). Eje Territorial. Quito.

MIDUVI; Subsecretaría de Hábitat y Espacio Público. (2016). Habitat y vivienda. Obtenido de Revitalización del Centro Histórico de Quito: <https://bit.ly/3hRdRZ7>

Paredes, A. L. (Diciembre de 1995). La vista de la ciudad de Quito. Obtenido de Proyecto para el manejo del riesgo sísmico de Quito: <https://bit.ly/3yDw42d>

Valverde, I. J., Fernández, I., Jiménez, I., Vaca, I. y Alarcón, I. (2015). Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito. Recuperado el 11 de agosto de 2020, de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51553.pdf> (pp. 9-53).