

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Estimación del riesgo sísmico y elaboración de plan de mitigación en la zona centro del Cantón Eloy Alfaro (Durán)”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Geología

Presentado por:

Dayse Kristel Mena Sinche

Fabricio Marcelo García Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

"El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir"
Albert Einstein.

Le dedicamos este trabajo:

A Dios que es dador de todos los dones que nos han permitido alcanzar este logro, agradecemos su infinito amor, expresado en el cariño y apoyo de todos los que nos rodean.

A nuestros padres por su amor, comprensión y dedicación.

A nuestros hermanos que han sido nuestros compañeros de aventuras en este camino llamado vida.

A nuestros tutores y profesores que nos abrieron las puertas al camino del conocimiento.

Y a nuestros amigos que son los hermanos que elegimos.

D.M.y F.G.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre que ha sido mi compañera de batallas en la vida.

Gracias por tus consejos y tu ejemplo de valentía.

Gracias por expresarme el amor más sincero e incondicional.

Gracias por haberme formado como una mujer de convicciones férreas y corazón valiente.

A mi compañero de vida que es la dulzura de mis días.

Gracias por caminar junto a mí.

Gracias por soñar conmigo.

Gracias por compartir mi amor hacia Dios.

D.K.M.S.

El amor y el apoyo incondicional que cada día me han brindado mis padres durante toda la vida y en especial durante esta etapa académica.

Han sido un pilar fundamental en mi desarrollo como persona y futuro profesional del Ecuador.

La guía de nuestros tutores y profesores por el camino del aprendizaje, que buscaron siempre educarnos no solo en el saber sino también en el ser.

Los amigos y futuros colegas que han recorrido junto a nosotros este camino, compartiendo muchos momentos de felicidad.

Por estar siempre presentes solo puedo expresar mi eterna gratitud.

Gracias a todos.

F.M.G.R.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Dayse Kristel Mena Sinche y Fabricio Marcelo García Rodríguez y damos nuestro consentimiento para que la ESPOLE realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Dayse Mena S.

Fabricio García R.

EVALUADORES

MSc. Eva Rivas
PROFESOR DE LA MATERIA

PhD. Maurizio Mulas
PROFESOR TUTOR

MSc. David Altamirano
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En el presente proyecto se estimó el riesgo sísmico para la zona centro del cantón Eloy Alfaro (Durán), comprendida por los barrios: Ferroviaria, Centro, Balsera y Recreo Viejo. Para la estimación del riesgo sísmico se determinó la vulnerabilidad de las edificaciones ante un posible escenario sísmico definido (peligrosidad).

La vulnerabilidad fue calculada con la data catastral georreferenciada facilitada por el Dirección General de Gestión de Riesgos (DGGR) del cantón, en la que se le asignó una codificación a cada edificación, en base al nivel de diseño y tipología constructiva.

El escenario sísmico fue tomado del estudio “Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador Continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito” de Parra (2016). El autor propuso un escenario sísmico para la ciudad de Guayaquil, el mismo que puede ser aplicado en Durán, debido a la cercanía y similitud geológica entre ambas ciudades.

Con estas variables cuantificadas, se procede a la estimación del riesgo sísmico que consiste en establecer el porcentaje de estado de daño para las edificaciones y expresarlos en un mapa.

Conociendo la exposición al riesgo sísmico, se desarrolló un plan de mitigación donde se indican las zonas seguras y puntos de encuentro. Este plan contempla el trabajo en conjunto entre autoridades y la comunidad.

Finalmente, el propósito del estudio es promover la calidad de vida de la población, generando una cultura sísmica, que busque reducir las consecuencias producidas posterior a un sismo, basándose en medidas preventivas.

Palabras claves: Riesgo sísmico, plan de mitigación, vulnerabilidad, peligrosidad.

ABSTRACT

This project estimated the seismic risk for the central zone of Eloy Alfaro canton (Durán), including the following neighborhoods: Ferroviaria, Centro, Balsera and Recreo Viejo. In order to estimate the seismic risk, vulnerability of the buildings to a possible defined seismic scenario (hazard) was determined.

Vulnerability was calculated with geo-referenced cadastral data provided by the Dirección General de Gestión de Riesgos (DGGR) of canton, in which a vulnerability coding was assigned to each building, based on design level and building typology.

Seismic scenario was taken from the study "Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador Continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito" by Parra (2016). Author proposed a seismic scenario in Guayaquil city, the same that could be applied in Durán, due to the proximity and geological similarity between both cities.

With these quantified variables, the seismic risk is estimated, which consists of establishing the percentage of damage to buildings and expressing it on a map.

Knowing the exposure to the seismic risk, a mitigation plan was developed where the safe areas and meeting points are indicated. This plan contemplated joint work between authorities and the community.

Finally, the purpose of this work is to promote the quality of population life, generating a seismic culture in them. On this way if preventive measures are applied, the effects related to a seismic event could be reduced.

Keywords: *Seismic risk, mitigation plan, vulnerability, hazard.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRATC.....	II
ABREVIATURAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Contexto del proyecto.....	3
1.3 Descripción del problema.....	3
1.4 Justificación del proyecto	4
1.5 Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2.1 Marco teórico.....	6
Amenazas naturales	6
Sismos.....	6
2.2 Marco geológico.....	9
Geología regional	9
Geología local.....	10
CAPÍTULO 3.....	12
ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO.....	12
3.1 Alternativas metodológicas	13
Vulnerabilidad:	13
Peligrosidad	14

Riesgo sísmico	17
3.2 Metodología.....	19
Vulnerabilidad:.....	19
Peligrosidad:	21
Método de coeficiente de desplazamiento mejorado (IDCM)	22
Riesgo sísmico:	23
3.3 Diseño metodológico y restricciones/limitaciones.....	26
3.4 Desarrollo metodológico y resultados	29
Proceso:	30
Depuración de los datos	30
Cálculo de vulnerabilidad.....	31
Peligrosidad	36
Método de coeficiente de desplazamiento mejorado (IDCM)	37
Riesgo sísmico:	40
CAPÍTULO 4.....	47
PLAN DE MITIGACIÓN.....	47
4.1 Marco metodológico	48
<i>Fase 1: Participación Pública</i>	48
<i>Fase 2: Evaluación del Riesgo</i>	48
<i>Fase 3: Estrategias de Mitigación</i>	48
4.2 Resultados.....	49
CAPÍTULO 5.....	52
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones	55

ABREVIATURAS

Au	Aceleración última
Ay	Aceleración de fluencia
CAD	Diseño asistido por computadora
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización
DGGR	Dirección General de Gestión de Riesgos
Du	Desplazamiento último
Dy	Desplazamiento de fluencia
EIRD	Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres
EMS-98	Escala Macrosísmica Europea
E _{Se}	Formación San Eduardo
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GAD	Gobierno autónomo descentralizado
High	Código alto
I	Intensidad
IDCM	Método de coeficiente de desplazamiento mejorado
K _{Cy}	Formación Cayo
K _{Gq}	Formación Guayaquil
Low	Código bajo
Ms	Magnitud de ondas superficiales
Mod	Código moderado
Mw	Magnitud de momento
PGA	Aceleración pico
Pre	Pre código
Rf	Distancia a la fuente
Q _{HAI}	Aluviales y terrazas recientes
Sa	Aceleración espectral

Sa^{cl}	Aceleraciones espectrales críticas
Sd^{cl}	Aceleración espectral o desplazamiento espectral pico
SIG	Sistema de Información Geográfica
SM	Arenas limosas rígidas de alta compacidad
SW	Arenas bien gradadas con grava de alta compacidad
T_f	Periodo fundamental
T	Periodos efectivos
T_r	Periodo de retorno
UNDRO	United Disaster Relief Organization
δ	Desplazamiento global máximo

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Ubicación de la zona de estudio [autores].....	3
---	---

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Mapa geológico de los cantones Guayaquil y Durán que enmarca la zona de interés [modificado de Reyes y Michaud, 2012].....	10
--	----

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Diagrama de flujo de los métodos empíricos [autores].....	13
---	----

Figura 3. 2 Diagrama de flujo de los métodos analíticos para el cálculo de vulnerabilidad [autores].....	14
--	----

Figura 3. 3 Diagrama de flujo del método determinista para el cálculo de peligrosidad [autores].....	15
--	----

Figura 3. 4 Diagrama de flujo de los métodos probabilista para el cálculo de peligrosidad [autores].....	17
--	----

Figura 3. 5 Diagrama de flujo de las metodologías para el cálculo del riesgo sísmico [autores].....	18
---	----

Figura 3. 6 Proceso para estimar la vulnerabilidad [autores].....	19
---	----

Figura 3. 7 Gráfica de desplazamiento espectral vs aceleración espectral (curva de capacidad) [Modificado de Hazus, 2003].....	21
--	----

Figura 3. 8 Proceso para estimar la peligrosidad [autores].....	22
---	----

Figura 3. 9 Proceso para relacionar la vulnerabilidad y peligrosidad mediante el método de coeficiente de desplazamiento mejorado [autores].....	22
--	----

Figura 3. 10 Proceso para estimar el riesgo sísmico [autores].....	24
--	----

Figura 3. 11 Diagrama de que ilustra las fases del diseño metodológico [autores].....	26
---	----

Figura 3. 12 Ubicación y delimitación de los barrios involucrados en la zona de estudio [autores].....	27
--	----

Figura 3. 13 Diagrama de barras que muestra en términos numéricos y de porcentaje los predios analizados y los no analizados [autores].....	31
Figura 3. 14 Distribución geográfica de las clases de la vulnerabilidad por cada predio comprendido en la zona de estudio [autores].....	33
Figura 3. 15 Diagramas circulares representando las clases de vulnerabilidad en porcentajes para cada barrio [autores].....	34
Figura 3. 16 Curvas de capacidad para cada clase de vulnerabilidad establecida en la zona de estudio [adaptadas de Hazus, 2003].....	36
Figura 3. 17 Curva de demanda que representa la peligrosidad a la que está expuesta la zona de estudio [tomada de Parra, 2016].....	37
Figura 3. 18 Proceso ilustrativo del método IDCM [autores].....	38
Figura 3. 19 Mapa de riesgo sísmico para la zona de estudio [autores].....	43
Figura 3. 20 Distribución geográfica de las clases de la vulnerabilidad para el barrio ferroviaria. En la figura (a) se observa que el barrio Ferroviario tiene 8 clases de vulnerabilidad, mientras que en la figura (b) se evidencian 6, dicha diferencia es producto de la validación de datos [autores].....	45
Figura 3. 21 Mapa de riesgo sísmico para las 5 manzanas analizadas del barrio Ferroviaria [autores].....	46

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1 Diagrama de que ilustra las fases para la elaboración del plan de mitigación [autores].....	48
Figura 4. 2 Mapa de zonas seguras y puntos de encuentro para las 5 manzanas analizadas del barrio Ferroviaria [autores].....	50

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 Categorías para definir el nivel de diseño [Códigos de la construcción ecuatoriana, 2015].....	20
Tabla 3. 2 Categorías para definir el nivel de diseño, con la penalización [Parra, 2016].....	20
Tabla 3. 3 Tipologías constructivas definidas en el estudio [modificadas de Hazus (2003)].....	32
Tabla 3. 4 Número de predios por clases de vulnerabilidad definidas en la zona de estudio [autores].....	33
Tabla 3. 5 Parámetros establecidos para las clases de vulnerabilidad en la zona de estudio [Hazus 2003].....	35
Tabla 3. 6 Parámetros utilizados en el IDCM [autores].....	37
Tabla 3. 7 Probabilidad y porcentaje para cada estado de daño [autores].....	42

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1 Distribución de las edificaciones que deben acudir a la zona segura: Estación del ferrocarril [autores].....	51
Tabla 4. 2 Distribución de las edificaciones que deben acudir a la zona segura: Cancha Ferroviaria [autores].....	51

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

Mundialmente se ha determinado que las zonas de mayor actividad sísmica y volcánica se encuentran ubicadas en el cinturón de fuego del Pacífico, como consecuencia de la tectónica de placas. Para el caso de Ecuador, esta interacción se produce entre la placa de Nazca y Sudamericana (Rivadeneira y otros, 2007).

Ecuador ha tenido, a lo largo de su historia, varios eventos sísmicos, entre ellos se puede destacar: el terremoto de Esmeraldas en 1906 (8,8 magnitud de momento, Mw) registrado frente a la costa del Pacífico (IGE, 2012), además de otros como el de Riobamba en 1797 (8,3 magnitud de ondas superficiales, Ms) y el de Ibarra en 1868 (7,7 Ms) (Yepes y otros, 1994).

El último gran evento sísmico registrado en el país se produjo el 16 de abril de 2016 en la ciudad de Pedernales, con Mw 7,8 afectando toda la costa ecuatoriana, en especial las provincias de Manabí y Esmeraldas (Chunga y otros, 2018). Este acontecimiento corroboró los máximos niveles de sismicidad (peligrosidad sísmica) estimados para el litoral ecuatoriano, con Mw hasta 8 (García y otros, 2018)

Las consecuencias del sismo del 16 de abril fueron 663 personas fallecidas, 6.274 heridos, 684 edificios y 35.254 viviendas colapsadas, que en términos económicos se estima en \$6.106.464,82 (INEC, 2017), es aquí donde se evidencia la importancia de invertir en estudios sobre los peligros que afectan el entorno biofísico de la población.

El análisis del riesgo sísmico está relacionado con el cálculo de la peligrosidad, es decir, la estimación de la sismicidad del área de estudio y los efectos de amplificación y atenuación del terreno; además del cálculo de vulnerabilidad a la que están expuestos los elementos de interés (Iglesias, 2007).

En las zonas urbanas y rurales el análisis de riesgo sísmico es considerado una herramienta importante para la elaboración de planes de mitigación y de contingencia, que buscan minimizar los daños causados por un evento sísmico.

1.2 Contexto del proyecto

La zona de estudio (ver Figura 1) se encuentra en Durán localizado en el Cantón Eloy Alfaro (Durán), provincia del Guayas. Limita al norte y oeste con el río Babahoyo, al este con el cantón Yaguachi y al sur con el cantón Naranjal.

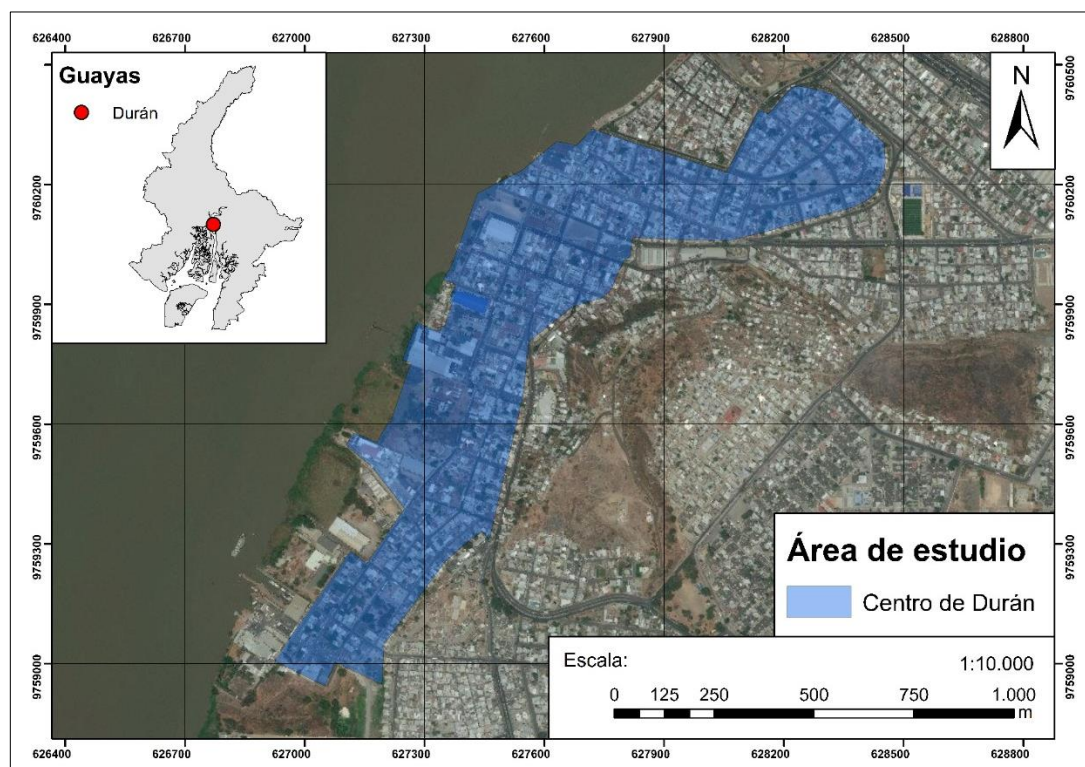


Figura 1.1 Ubicación de la zona de estudio [autores]

Con la realización del presente proyecto se espera generar un beneficio colectivo para la población, ya que los resultados de este se convertirán en un insumo que potenciará las actividades que desarrollan en la Dirección General de Gestión de Riesgos de Durán (DGGR) y departamento asociados.

1.3 Descripción del problema

La problemática por tratar es la afectación producida posterior a un evento sísmico, dado que los daños derivados provocan pérdidas humanas y materiales que alteran el desarrollo socioeconómico del cantón. Los eventos sísmicos en la zona de estudio se convierten en una amenaza latente que afecta de manera directa al sector terciario (prestan servicios a la sociedad) e indirecta al primario (obtienen materia prima del medio natural) y secundario (transforman la materia prima en productos elaborados).

Están relacionados con factores geográficos y geológicos, además se ven agravados por la existencia de asentamientos no incluidos dentro de la planificación urbana y tipología

constructiva que no cumple con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015), lo que en conjunto aumenta la vulnerabilidad del área.

1.4 Justificación del proyecto

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del cantón Eloy Alfaro (Durán) es una entidad gubernamental que promueve el desarrollo sostenible entregando a la comunidad servicios de calidad.

Con la realización del proyecto “Estimación de riesgo sísmico y elaboración de un plan de mitigación en el cantón Eloy Alfaro (Durán) – zona centro” se podrán identificar las afectaciones estructurales frente a la amenaza de riesgo sísmico.

En relación con las disposiciones generales décimo cuarta y décimo quinto del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010), este estudio se convierte en un aporte para la elaboración de proyectos estratégicos

El principal ente benefactor es la Dirección General de Gestión de Riesgos (DGGR) que se encarga de impulsar el análisis y gestión del riesgo como un elemento transversal a través de los departamentos municipales. A partir de este estudio la DGGR podrá generar recomendaciones para mejorar el diseño e implementación de planes de contingencia, mitigación y sistemas de información a los habitantes.

1.5 Objetivos

Objetivo General

Estimar el riesgo sísmico mediante la superposición de las variables peligrosidad y vulnerabilidad, para la elaboración de un plan de mitigación ante evento sísmicos.

Objetivos Específicos

1. Determinar la vulnerabilidad sísmica de la zona centro del cantón Eloy Alfaro Durán para la estimación de la afectación a las construcciones.
2. Diseñar un plan de mitigación para la determinación de puntos de encuentros y zonas seguras.
3. Socializar los resultados de las investigaciones para que el GAD y la población tengan conocimiento del grado de riesgo sísmico del sector.

CAPÍTULO 2

2.1 Marco teórico

Amenazas naturales

Las amenazas naturales corresponden a los elementos del medio biofísico que son peligrosos para los seres humanos y que no son producidos por la acción de estos. Según la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres - EIRD (2009), las amenazas naturales se agrupan en cuatro categorías:

Meteorológicas e hidrológicas: Se relacionan con variaciones en la temperatura de los océanos y la atmósfera.

Biológicas: Se originan por la proliferación de agentes patógenos como virus, toxinas, bacterias que pueden provocar daños e incluso la muerte de personas, animales y cosechas.

Dinámicos Externos de la Tierra: Son amenazas asociadas a procesos geofísicos que podrían evitarse y están asociadas a la acción antrópica sobre la naturaleza

Dinámicos Internos de la Tierra: Corresponden a fenómenos geofísicos propios de los procesos internos de la tierra, como sismos, terremotos y maremotos. Los seres humanos no pueden predecir ni evitar su ocurrencia. A este último grupo de eventos pertenecen:

- Tsunamis: movimientos producidos en la corteza terrestre marina, que originan y propagan olas de grandes dimensiones
- Erupciones volcánicas: emisión de magma y gases del interior de la tierra, hacia la superficie.
- Sismos: movimientos que se producen en la corteza terrestre generando deformaciones intensas en las rocas de la tierra, acumulando y liberando súbitamente energía que se propaga en forma de ondas.

Sismos

Los sismos son el movimiento de la corteza terrestre que genera deformaciones en las rocas, acumulando y liberando energía (De la Colina y Ramírez, 1999). Frecuentemente son el resultado del deslizamiento de la corteza terrestre a través de una falla.

Dependiendo del origen, los sismos pueden ser clasificados en: sismos antrópicos y naturales.

Antrópicos: Son resultado directo de la acción humana sobre los elementos de la naturaleza. Estos sismos se producen principalmente por explosiones inducidas en minas y canteras, y pocas veces, por explosiones nucleares.

Naturales: Son resultado de los procesos internos de la tierra. Entre estos se tiene:

- Tectónicos: son producidos por rupturas de grandes dimensiones en la zona de contacto entre placas tectónicas o bien en zonas internas de éstas, liberando así grandes cantidades de energía (Sánchez, 1994).
- Volcánicos: Están relacionado a procesos eruptivos, son de intensidad media y se producen cuando el suelo se deforma producto de la presión que ejerce los multicomponentes que constituyen el magma (líquido, gas y partículas) (Barragán, 2005).

A continuación, se detallan las características más relevantes de los sismos:

Hipocentro: También denominado foco, es la zona del interior de la Tierra donde se produce el desplazamiento inicial, es decir el lugar donde se ha liberado la energía (Tarbuck y Lutgens, 2000). Los sismos con un foco localizado hasta 70 Km. de profundidad se denominan superficiales; entre 70 y 300 Km. se denominan intermedios; y, aquellos que se encuentran a más de 300 km se conocen como profundos.

Epicentro: Es el punto proyectado en la superficie terrestre que se encuentra directamente encima del hipocentro.

Ondas Sísmicas: Las ondas sísmicas son energía elástica que irradia en todas las direcciones desde el hipocentro. Según Sánchez (1994) las ondas sísmicas se clasifican en: ondas de cuerpo y ondas de superficie.

Ondas de Cuerpo

- Ondas P: se denominan ondas primarias y se caracterizan porque producen en las rocas movimientos compresionales y extensionales en la dirección de propagación de la onda. Poseen velocidad entre 5 y 10 Km/s dependiendo del tipo de roca y son capaces de desplazarse por todos los medios.
- Ondas S: se denominan ondas de corte o secundarias y se caracteriza porque producen movimientos vibratorios laterales o perpendiculares a la dirección

donde se propagan las ondas. No pueden propagarse en materiales que poseen características de fluidos debido a que generan esfuerzos cortantes.

Ondas de Superficie

- Ondas Love: poseen movimiento vibratorio horizontal perpendicular a la dirección en la que se propagan las ondas sísmicas.
- Ondas Rayleigh: surgen como resultado de la interacción de las ondas de cuerpo. Describen movimientos elipsoidales.

La amplificación de las ondas sísmicas se da especialmente en sedimentos blandos y poco compactados por lo que amplifican las vibraciones de las ondas más que un sustrato de roca sólida (Tarbuck y Lutgens, 2000).

Según Tarbuck y Lutgens (2000) los sismos pueden ser evaluados de dos formas diferentes. La magnitud corresponde a una escala cuantitativa que establece valores de energía emitida mientras que la intensidad es una escala basada en los daños que pueden ser observados en la superficie cuando ocurre un evento de este tipo.

Tipos de magnitud

Los parámetros con los cuales eran comparados los terremotos variaban considerablemente de un lugar a otro, por lo que se desarrollaron diferentes escalas para medir los sismos. Se estandarizaron las siguientes:

- Magnitud Local: Conocida como magnitud Richter, es una escala logarítmica que representa un aumento en 10 la amplitud de la onda. Cada unidad de magnitud equivale a un incremento de 32 veces en la fuerza de un sismo.
- Magnitud de Coda: Se obtiene basada en la duración del registro sísmico, son excelentes para medir terremotos locales o regionales. Mide la duración o amplitud de una porción de la onda.
- Magnitud de ondas Superficiales: Se obtiene midiendo la amplitud de la mayor onda superficial con un periodo cercano a 20 segundos. No son eficientes al momento de medir terremotos con un hipocentro profundo
- Magnitud de Momento: Se determina en base al momento sísmico, el cual a su vez está íntimamente relacionado con el área de ruptura y el desplazamiento que provocó el sismo. Se caracteriza por no saturarse en

ningún valor, por lo que hoy en día es la más utilizada y confiable (Hanks y Kanamori, 1979).

2.2 Marco geológico

Geología regional

Ecuador continental se encuentra ubicado al noroeste de la placa Sudamericana, definida como un margen activo en la cual converge la placa de Nazca con una velocidad de 55-58 mm/año según Nocquet y otros (2009).

La placa sudamericana, además, interactúa con la cordillera de Carnegie que subduce oblicuamente entre los 25° y 35° (Guillier y otros, 2001). El resultado de esta interacción es el desprendimiento tectónico del Bloque Norandino con dirección noreste, a través del sistema de fallas transcurrentes dextral Pujilí-Pallatanga-Calacalí (Winter y otros, 1993). Este sistema probablemente sea responsable de los movimientos sísmicos más importantes del país (Beauval y otros, 2010).

La región costa o llanura costera se forma como resultado de sucesivas acreciones de terrenos alóctonos al margen de la placa Sudamericana (Reynaud y otros, 1999), representando la zona *fore-arc* o de antearco (Egüez y otros, 2003). El principal terreno corresponde a Piñón que se encuentra sobreyacido por material de los arcos volcánicos de San Lorenzo y Cayo (Jaillard y otros, 1997), además de las cuencas antearco de Manabí, Borbón y Progreso (Deniaud, 2000).

El Golfo de Guayaquil corresponde a una de las 7 provincias geológicas propuestas por Vera (2013). Se encuentra ubicada sobre corteza oceánica acrecionada y su apertura limita el sistema Chongón-Colonche que integra parte de la misma y el extremo oeste del macizo Molleturo. Se pueden observar sistemas extensionales en la corteza continental como fallas normales que muestran actividad durante el Pleistoceno temprano (Parra, 2016).

Geología local

El cantón Eloy Alfaro (Durán) y el Golfo de Guayaquil comparten características similares de tipología de suelo (Ver Figura 2.1), debido a que su formación se dio por procesos morfológicos, originados por eventos de transgresión y regresión marina (De La A, 2017).

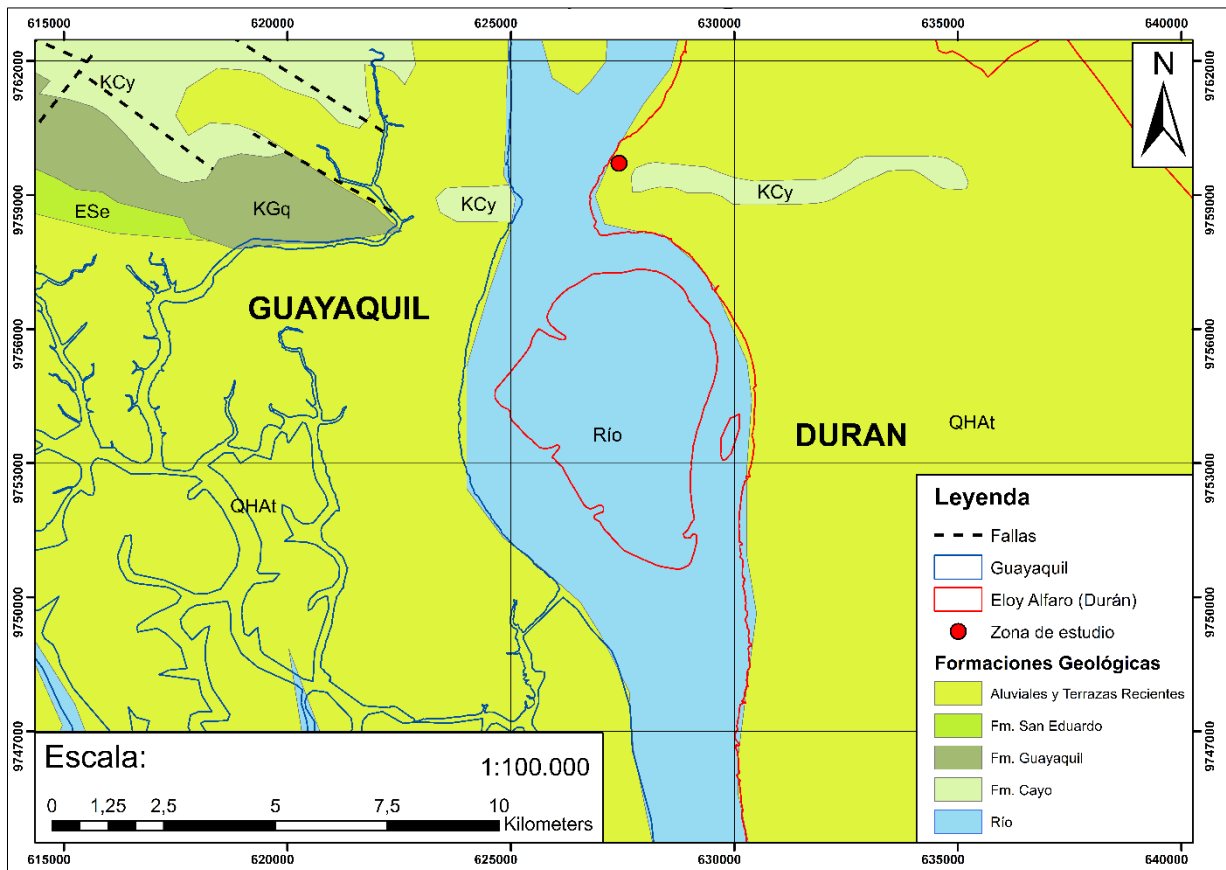


Figura 2. 1 Mapa geológico de los cantones Guayaquil y Durán que enmarca la zona de interés [modificado de Reyes y Michaud, 2012]

Eloy Alfaro (Durán) y el Golfo de Guayaquil muestran dos formaciones geológicas:

Aluviales y terrazas recientes (Q_{HAI}): Pertenecientes al período Cuaternario, correspondiente a aluviales y terrazas marinas (Reyes y Michaud, 2012).

Formación Cayo (K_{Cy}): Perteneciente al período Cretácico, compuesta según Olsson (1942) por secuencias monótonas volcano sedimentarias con espesor de hasta 3 km.

En Guayaquil además afloran las formaciones:

Formación San Eduardo (E_{se}): Pertenece al período Eoceno, compuesta según Bristow y Hoffstetter (1977), por secuencias discordantes de rocas calcáreas con potencia entre 30 y 100 m.

Formación Guayaquil (K_{Gq}): Pertenece al período cretácico, constituida, según Bristow y Hoffstetter (1977), por sedimentos silíceos de grano fino como cherts, lutita, limolita y algunos niveles de caliza.

Ambos cantones están compuestos en su mayoría por depósitos aluviales y terrazas recientes, pertenecientes al Cuaternario, formada según De La A (2017), en su mayoría por arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH), seguida de arenas limosas rígidas de alta compacidad (SM), con una capa de arenas bien gradadas con grava de alta compacidad (SW).

CAPÍTULO 3

ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

3.1 Alternativas metodológicas

Para la estimación del riesgo sísmico es necesario relacionar la vulnerabilidad y la peligrosidad. Cada una de estas variables disponen de varias metodologías que difieren en estructura y formato de entrega de resultados, los cuales se ajustan al tipo de estudio que se está realizando.

Vulnerabilidad:

Parra (2016) define la vulnerabilidad como la debilidad que presenta un elemento o elementos expuestos ante una amenaza. Dicha amenaza en este caso son los sismos.

Para estimar la vulnerabilidad existen dos grupos de metodologías: Métodos empíricos y analíticos.

Métodos empíricos:

Están basados en el análisis empírico del comportamiento de las edificaciones frente a eventos sísmicos, que permiten caracterizar sus deficiencias. (Cuevas y otros, 2014). Dentro de los métodos más utilizados se tienen (ver Figura 3.1):

Escala Macrosísmica Europea EMS-98: Apoyada en criterios cualitativos que comparan el desempeño sísmico que han tenido las estructuras en terremotos pasados. La escala de clasificación va de A a F, siendo A la categoría más vulnerable y F la menos vulnerable (Grünthal, 1998).

Índices de vulnerabilidad: Apoyada en criterios cuantitativos, asigna un índice numérico a cada edificación según las deficiencias sísmicas detectadas en función de su importancia relativa (Benedetti y Petrini, 1984).

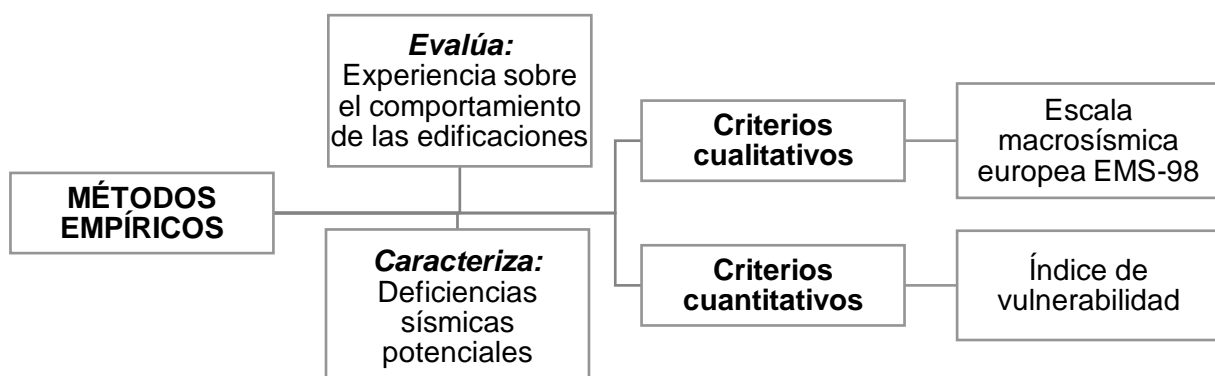


Figura 3. 1 Diagrama de flujo de los métodos empíricos [autores]

Métodos analíticos:

Utilizan modelos mecánicos de respuesta, donde los datos son las características mecánicas de las edificaciones, que denotan la resistencia de estas ante movimientos del terreno. (Cuevas y otros, 2014). Dentro de los métodos más utilizados se tienen (ver Figura 3.2):

Risk-UE: Se desarrolló en el proyecto europeo Risk-UE y estima la distribución global de las edificaciones, evaluando su vulnerabilidad y fragilidad. Además, establece categorías cuya composición estadística es determinada a partir de muestreos en zonas representativas. Típicamente se implementa en ciudades, donde la información catastral es escasa, parcial o incompleta (Milutinovic y Trendafiloski, 2003).

Hazus (2003): Se desarrolló en el programa estadounidense Hazus y propone un proceso estandarizado que calcula la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, considerando sus características mecánicas.

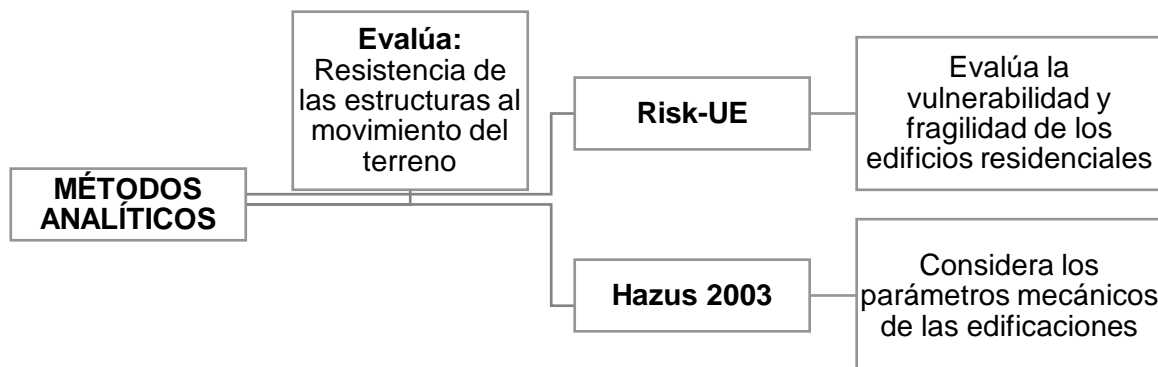


Figura 3. 2 Diagrama de flujo de los métodos analíticos para el cálculo de vulnerabilidad [autores]

Peligrosidad

La *United Disaster Relief Organization* UNDR0 (1980), define la peligrosidad como la probabilidad de excedencia en la intensidad de movimiento del suelo, producido por sismos, en un determinado lugar y durante un periodo de tiempo dado. Para estimar la peligrosidad existen dos tipos de metodologías: Método determinista y probabilista.

Método determinista:

Basado en un criterio conservador, estima el movimiento concerniente a un escenario sísmico, siendo seleccionado el más desfavorable. La ventaja que proporciona este método es que determina un movimiento con su Mw y distancia a la fuente (Rf) y la desventaja es que no estima la probabilidad de que dicho movimiento se produzca (Parra, 2016).

El proceso de cálculo está dado por los siguientes pasos (ver Figura 3.3):

- Identificar las fuentes sísmicas o estructuras de fallas y el área de afectación en el que se encuentre la zona de estudio. Para sismicidad homogénea, se considera una única fuente sísmica, y el método se conoce como zonificado, caso contrario, se conoce como no zonificado.
- Investigar los máximos sismos históricos, que han tenido afectación en la zona de estudio.
- Estimar la intensidad de los máximos sismos potenciales que tengan afectación futura en la zona de estudio, aplicando las leyes de atenuación.
- Tomar el valor máximo de intensidad del movimiento, para obtener la peligrosidad en la zona de estudio.

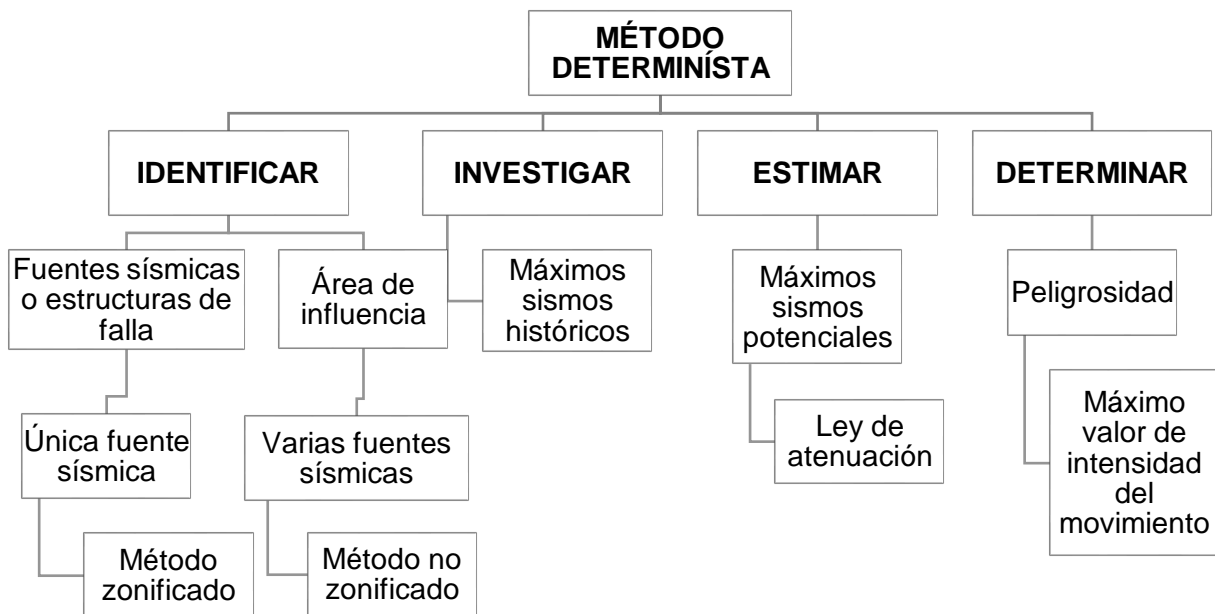


Figura 3. 3 Diagrama de flujo del método determinista para el cálculo de peligrosidad [autores]

Método probabilista:

A diferencia del método determinista, se consideran los efectos de todos los sismos que afectaron la zona de estudio, junto a sus períodos de recurrencia (Benito y Jiménez, 1999). Se clasifican en (ver Figura 3.4):

Método paramétrico: Consiste en adoptar un modelo de zonas sismogénicas, posterior a esto, se realiza una división en el área de influencia y en el ajuste de la sismicidad para cada zona a un modelo de recurrencia. Finalmente se suman las contribuciones de todas las fuentes, consiguiendo así la función de probabilidad que es la peligrosidad en el emplazamiento.

El proceso de cálculo está dado por los siguientes pasos:

- Identificar las zonas sismogénicas del área de influencia.
- Definir el modelo de recurrencia de cada fuente sismogénica.
- Estimar la peligrosidad local, que es la peligrosidad en cada zona en términos de intensidad (I) o aceleración pico (PGA) mediante leyes de atenuación.
- Calcular la peligrosidad total (H), siguiendo la distribución temporal de Poisson, que consisten en sumar las probabilidades obtenidas en cada zona sismogénica.

$$H = \sum_{i=1}^n (1 - e^{-\alpha}) \quad (3.1)$$

Donde:

α : tasa anual de sismos ocurridos en cualquier zona sismogénica, cuya intensidad o aceleración pico supere el valor de referencia en la zona de estudio.

n : número de zonas sismogénicas.

Método no paramétrico: Estiman la peligrosidad mediante funciones de valores extremos. El proceso de cálculo está dado por los siguientes pasos:

- Identificar las fuentes sísmicas o estructuras de falla que afectan la zona de estudio.
- Calcular los parámetros del movimiento “x” en la zona de estudio, además empleando las leyes de atenuación en dicho parámetro, se determina la sismicidad del área para el periodo de tiempo considerado.

- Ajustar la variable aleatoria que fue definida con los parámetros de movimiento “x”, a una distribución de valores extremos.
- Estimar la probabilidad de excedencia, de un valor extremo fijado “x_e” durante un tiempo de exposición t, para obtener el valor de peligrosidad.

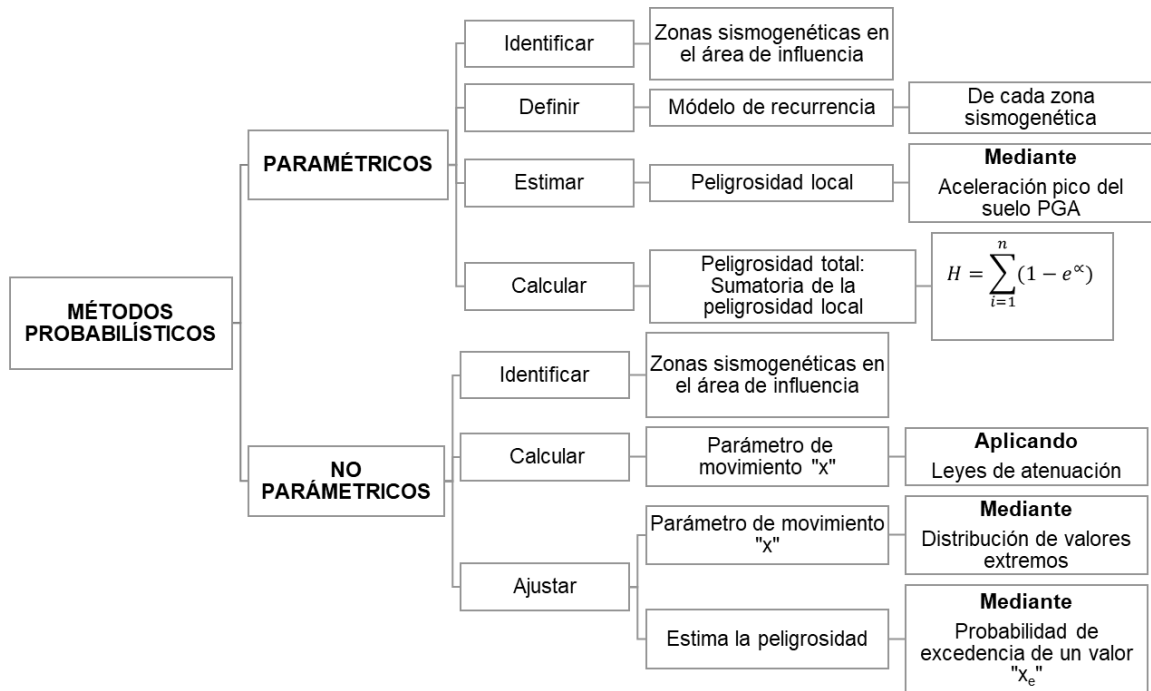


Figura 3. 4 Diagrama de flujo de los métodos probabilista para el cálculo de peligrosidad [autores]

Riesgo sísmico

Según la *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization - UNESCO* (2014) el riesgo sísmico, se define mediante la siguiente expresión:

$$RIESGO \acute{S}ISMICO = PELIGROSIDAD * VULNERABILIDAD * COSTO.$$

Donde la peligrosidad está representada por los sismos, la vulnerabilidad es evaluada a nivel estructural y el último parámetro esta sujeto a variaciones según el tipo de estudio que se realiza.

Para estimar el riesgo sísmico existen las siguientes metodologías (ver Figura 3.5):

Matrices de probabilidad: Calculan la probabilidad que una edificación sufra un nivel de daño a una determinada intensidad sísmica, utilizando tablas tipo (Whitman, 1973).

Funciones de índice de vulnerabilidad: Expresan los daños estructurales, relacionando la peligrosidad en función de la intensidad sísmica con el índice de vulnerabilidad establecido por Benedetti y Petrini (1984).

Funciones de vulnerabilidad: Se consideran características de los sismos (aceleración máxima del terreno, desplazamiento o aceleración espectral, desplazamiento relativo entre los niveles, etc.), para determinar los daños que sufren las estructuras y expresarlos en términos de pérdidas económicas (Barbat y otros, 2011).

Curvas de fragilidad: La probabilidad de daño es estimada a partir de un parámetro de severidad sísmica cuantitativo, donde se determina si el daño global que sufre la estructura, supera el factor de seguridad establecido para la misma (Hanus, 2003).

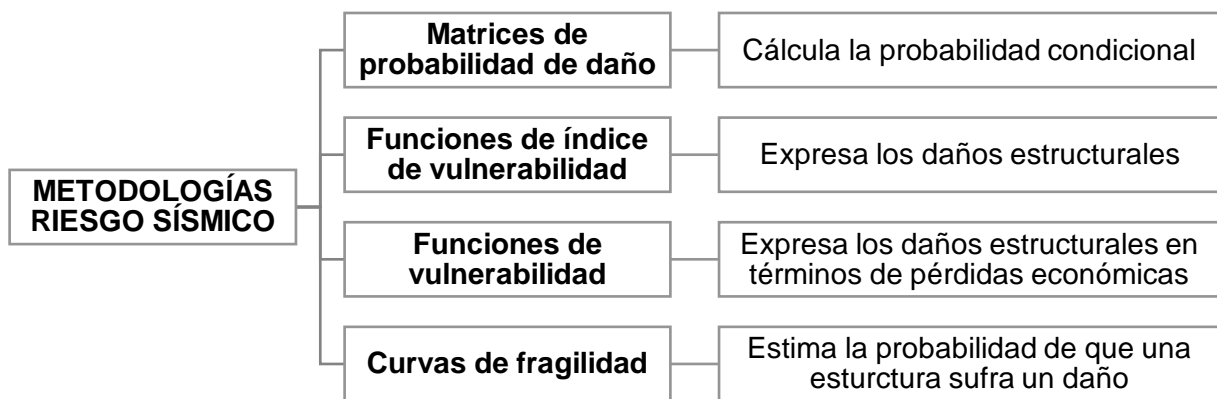


Figura 3. 5 Diagrama de flujo de las metodologías para el cálculo del riesgo sísmico [autores]

3.2 Metodología

La selección de la metodología a utilizar para la estimación del riesgo sísmico se ajusta a las condiciones de diseño, es decir a los datos disponibles, formato en el que se encuentran, escala de trabajo, el tiempo destinado al desarrollo y el tipo de resultados que se desea obtener.

Las metodologías aplicadas para la estimación de cada variable son las siguientes:

Vulnerabilidad:

El proceso para la estimación de la vulnerabilidad (ver Figura 3.6) requiere como *input* los datos catastrales, para clasificar cada edificio en base al nivel de diseño y tipología constructiva. Las metodologías a utilizar para obtener estas variables son: Parra (2016) y Hazus (2003) respectivamente.

Después de obtener el nivel de diseño y la tipología constructiva, es necesario correlacionarlas para definir las clases de vulnerabilidad correspondientes a las edificaciones de la zona de interés.

Finalmente se utilizan tablas estandarizadas que contienen los siguientes parámetros: Punto de fluencia (representado por el desplazamiento de fluencia D_y y por la aceleración de fluencia A_y) que corresponde al período fundamental (T_f) de la estructura y punto de capacidad última (dado por el desplazamiento último D_u y la aceleración última A_u). Dichos parámetros permitirán graficar las curvas de capacidad de cada una de las clases de vulnerabilidad ya definidas

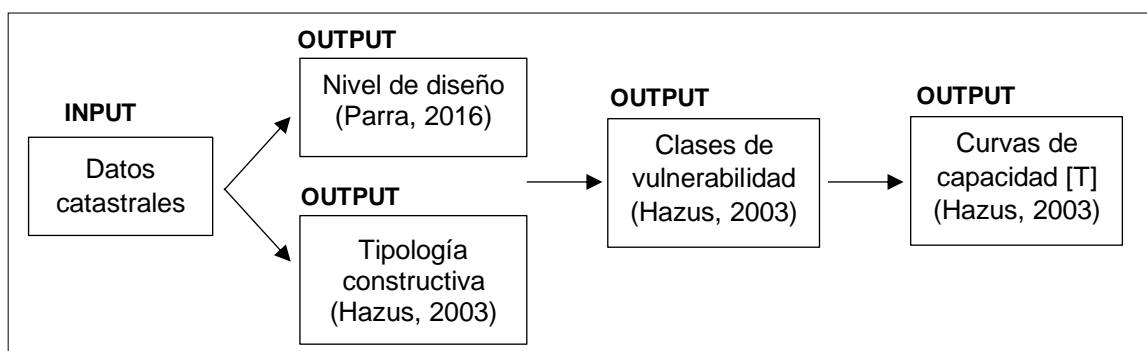


Figura 3. 6 Proceso para estimar la vulnerabilidad [autores]

El *nivel de diseño* se basa en el cumplimiento de los códigos de construcción y se clasifica en cuatro categorías que dependen del año de construcción y del estado de conservación de la edificación: Pre, Low, Mod, High (ver Tabla 3.1).

Tabla 3. 1 Categorías para definir el nivel de diseño [Códigos de la construcción ecuatoriana, 2015]

Pre	Edificaciones construidas antes de 1951.
Low	Edificaciones construidas entre 1951 y 1976.
Mod	Edificaciones construidas entre 1977 y 2001.
High	Edificaciones construidas luego del 2001.

Parra (2016) aplica una penalización al nivel de diseño (ver Tabla 3.2), que consiste en bajar una categoría si su estado de conservación es regular y malo. Por ejemplo, para una edificación en mal estado construida en el 2000, su nivel de diseño pasará de High a Mod.

Tabla 3. 2 Categorías para definir el nivel de diseño, con la penalización [Parra, 2016]

Años	Estado de conservación	Nivel de diseño	
		Por código	Penalización
Anterior 1951	Muy bueno	Pre	
	Bueno	Pre	
	Regular	Pre	
	Malo	Pre	
1951 - 1976	Muy bueno	Low	
	Bueno	Low	
	Regular		Pre
	Malo		Pre
1977 - 2001	Muy bueno	Mod	
	Bueno	Mod	
	Regular		Low
	Malo		Low
Posterior al 2001	Muy bueno	High	
	Bueno	High	
	Regular		Mod
	Malo		Mod

La *tipología constructiva* clasifica a las edificaciones considerando el material de construcción, la descripción de la estructura y el número de pisos. Hazus (2003) muestra una clasificación de 36 tipologías constructivas (ver Anexo A), codificándolas por material y altura, por ejemplo: para un predio con paredes de hormigón de 2 pisos es asignada la codificación C2L (C2 por hormigón y L por baja altura).

Las *clases de vulnerabilidad* relacionan el nivel de diseño y la tipología constructiva, por ejemplo: para una edificación con estructura de acero, 5 pisos, construida en 1970 y en buen estado, su clase de vulnerabilidad sería S2M_Low (S2 por tener estructura de acero, M por ser de altura media y Low por ser una edificación en buen estado, construida en 1970).

Las *curvas de capacidad* muestran el comportamiento elástico y plástico de la estructura, además son propias de cada clase de vulnerabilidad. Como se está analizando el riesgo sísmico se debe considerar el punto de fluencia (punto de transición en el comportamiento del material), con su respectivo periodo fundamental T_f , y el punto de capacidad última (punto de ruptura del material).

Estas curvas (ver Figura 3.7) fueron construidas utilizando los parámetros de: punto de fluencia: A_y , D_y y punto de capacidad última: A_u , D_u , propuestos por Hazus (2003).

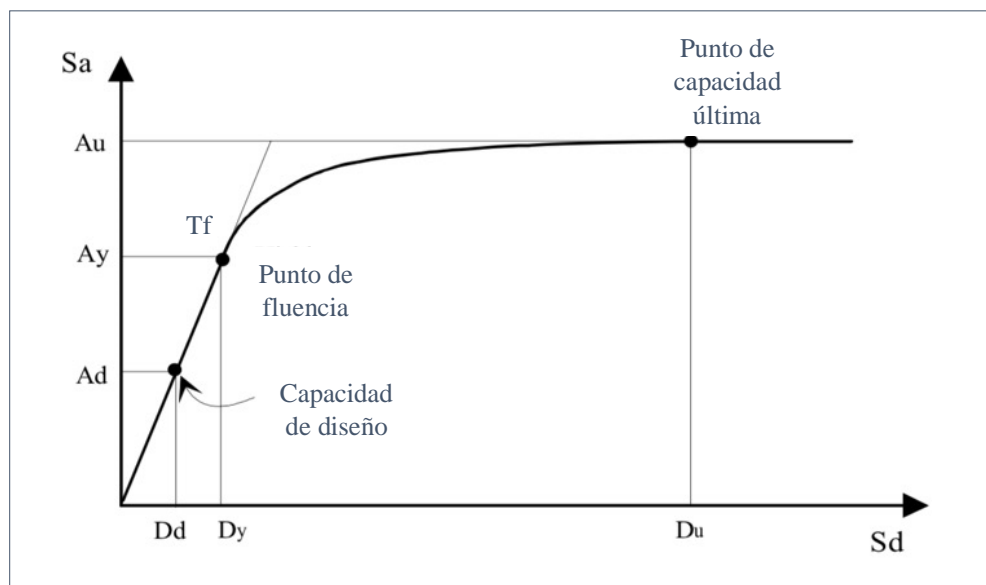


Figura 3. 7 Gráfica de desplazamiento espectral vs aceleración espectral (curva de capacidad) [Modificado de Hazus, 2003]

Peligrosidad:

El proceso para la estimación de la peligrosidad (ver Figura 3.8) requiere como input el escenario sísmico y el tipo de suelo de la zona de estudio, los mismos que fueron establecidos a partir del trabajo “Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito” de Parra (2016) y la clasificación de *National Earthquake Hazard Reduction Program* (2003) respectivamente.

Se define el espectro de respuesta: aceleración espectral (S_a) a diferentes periodos efectivos (T): 0 – 0,1 – 0,2 - 0,5 - 1 y 2 segundos. De esta forma se puede medir la reacción que presentan las estructuras frente a la vibración del suelo en un evento sísmico definido. Además, con estos parámetros S_a y T se grafica la curva de demanda.

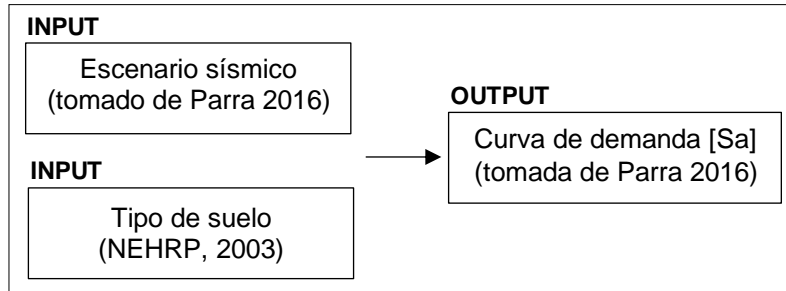


Figura 3. 8 Proceso para estimar la peligrosidad [autores]

Método de coeficiente de desplazamiento mejorado (IDCM)

El IDCM definido por Federal Emergency Management Agency - FEMA 440 (2005) es un paso transicional en el cual se relacionan el T_f y la S_a , determinadas en los análisis de vulnerabilidad y peligrosidad respectivamente. El fin es de obtener el desplazamiento global máximo (δ) (sumatoria de los desplazamientos elásticos e inelásticos), que es una variable que servirá para definir el riesgo sísmico en términos de porcentajes de daño (ver Figura 3.9).

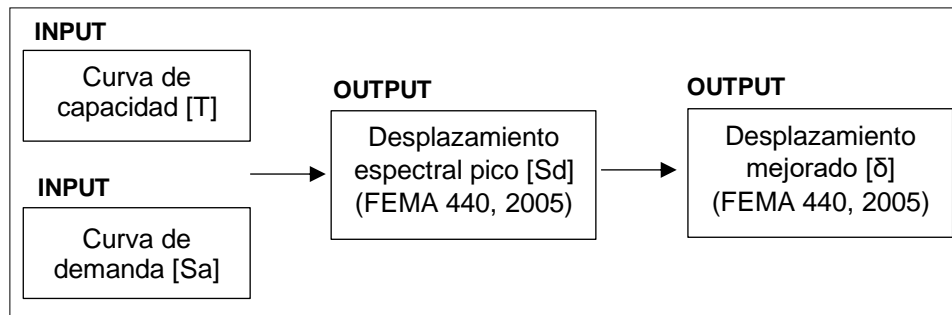


Figura 3. 9 Proceso para relacionar la vulnerabilidad y peligrosidad mediante el método de coeficiente de desplazamiento mejorado [autores]

El proceso de cálculo es el siguiente:

El T_f obtenido de la curva de capacidad (análisis de vulnerabilidad) es graficado en la curva de demanda (análisis de peligrosidad) para obtener las aceleraciones espectrales críticas (S_a^{cl}) para cada clase de vulnerabilidad.

Con la S_a^{cl} estimamos la demanda máxima de aceleración espectral o desplazamiento espectral pico (S_d^{cl}), utilizando la siguiente expresión matemática 3.3:

$$S_d^{cl} = \frac{T_f^2}{4\pi^2 S_a^{cl}} \quad (3.3)$$

Finalmente, determinamos la demanda de desplazamiento global a través de la ecuación 3.4:

$$\delta = C_1 C_2 S d^{cl} \quad (3.4)$$

Donde:

C_1 : factor que relaciona el desplazamiento máximo esperado con la demanda de desplazamiento máximo.

C_2 : factor de modificación para representar la pérdida de rigidez en respuesta al desplazamiento máximo.

Los coeficientes C_1 y C_2 se determinan con las siguientes ecuaciones (3.5 y 3.6):

$$C_1 = \frac{1+(R-1)}{a R f^2} \quad (3.5)$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800(R - (\frac{1}{Rf}))^2} \quad (3.6)$$

Donde:

a : constante de la ecuación que depende del tipo de suelo. Parra (2016) le asigna un valor $a=60$ a la tipología de suelo arcilloso (suelo D).

R : Tasa que relaciona la aceleración espectral (obtenida de la curva de demanda) con la aceleración de fluencia (obtenida de la curva de capacidad), mostrada en la ecuación 3.7:

$$R = \frac{S a^{cl}}{A_y} \quad (3.7)$$

Riesgo sísmico:

El proceso para estimar el riesgo sísmico (ver Figura 3.10) está dividido en dos etapas.

La primera etapa consiste en determinar la probabilidad de daño, utilizando las curvas de fragilidad que responden a una función de distribución normal acumulada.

La segunda etapa utiliza estas probabilidades, relacionándolas mediante expresiones matemáticas que permiten obtener el resultado en términos de porcentaje de daño.

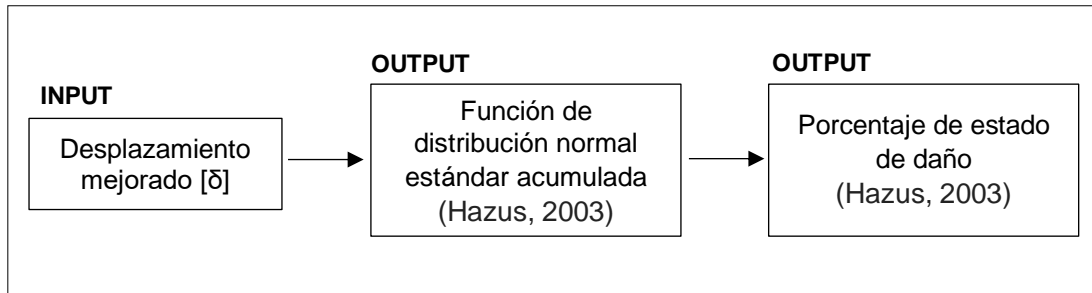


Figura 3. 10 Proceso para estimar el riesgo sísmico [autores]

Las curvas de fragilidad definidas por Hazus (2003), indican la probabilidad de lograr o exceder diferentes estados de daño, teniendo un δ frente a un nivel de movimiento del suelo. Son representadas por la función normal estándar acumulada, que calcula la probabilidad para cada estado de daño: Leve, moderado, extensivo y completo.

A continuación, se detalla la expresión matemática (3.8) a utilizar:

$$P[ds|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right] \quad (3.8)$$

Donde:

$P[ds|\delta]$: Probabilidad de que la estructura logre o exceda el estado de daño (ds), debido al δ .

Φ : Función de distribución normal estándar acumulada

β_{ds} : Desviación estándar del logaritmo natural del δ para el ds

$S_{d,ds}$: Valor medio del δ , en el que el predio alcanza el ds

Nota: Los valores β_{ds} , $S_{d,ds}$, son exclusivos para cada clase de vulnerabilidad y se pueden obtener de las tablas tipo.

Finalmente, los resultados son expresados en términos de porcentajes de daño, para lo que se utiliza las siguientes expresiones matemáticas:

$$\% \text{ de daño}_{\text{completo}} = P[ds_{\text{completo}}|\delta] \quad (3.9)$$

$$\% \text{ de daño}_{\text{extensivo}} = P[ds_{\text{extensivo}}|\delta] - P[ds_{\text{completo}}|\delta] \quad (3.10)$$

$$\% \text{ de daño}_{\text{moderado}} = P[ds_{\text{moderado}}|\delta] - P[ds_{\text{extensivo}}|\delta] \quad (3.11)$$

$$\% \text{ de daño}_{\text{leve}} = P[ds_{\text{leve}}|\delta] - P[ds_{\text{moderado}}|\delta] \quad (3.12)$$

$$\% \text{ de daño}_{\text{nulo}} = 1 - \sum_i P[ds_i|\delta] \quad i = \text{completo}, \dots, \text{leve} \quad (3.13)$$

3.3 Diseño metodológico y restricciones/limitaciones

El presente estudio se dividió en cuatro fases (ver Figura 3.11)

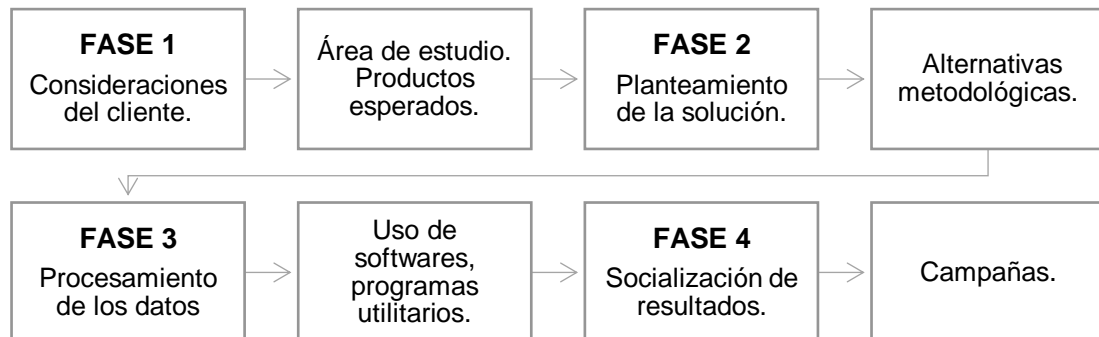


Figura 3. 11 Diagrama de que ilustra las fases del diseño metodológico [autores]

Fase 1: Consideraciones del cliente:

- *Delimitación del área de estudio:* El sismo del 16 de abril del 2016 con epicentro en la ciudad de Pedernales perteneciente a la provincia de Manabí, afectó varias ciudades del país, entre ellas el cantón Eloy Alfaro (Durán).
El reporte de daños posterior al evento sísmico indicaba que la mayor concentración de daños en edificaciones estaba en los sectores 248 Hectáreas y Centro. Sin embargo, por la disponibilidad de datos y la antigüedad de las edificaciones se determinó como zona de alta prioridad al Centro del cantón. Esta zona comprende los barrios Ferroviaria, Centro, Balsera y Recreo Viejo (ver Figura 3.12).
- *Productos esperados:* El DGGR requiere la elaboración de planes de emergencia para combatir los diferentes peligros que afectan al cantón, entre ellos: Inundaciones, movimientos en masa, sismos y antrópicos. En acuerdo con las partes involucradas, se definió que el estudio a realizar sería **“Estimación del riesgo sísmico y elaboración de plan de mitigación en la zona centro del Cantón Eloy Alfaro (Durán)”**, obteniendo los siguientes productos: Mapa de riesgo sísmico y mapa de zonas seguras y puntos de encuentro.

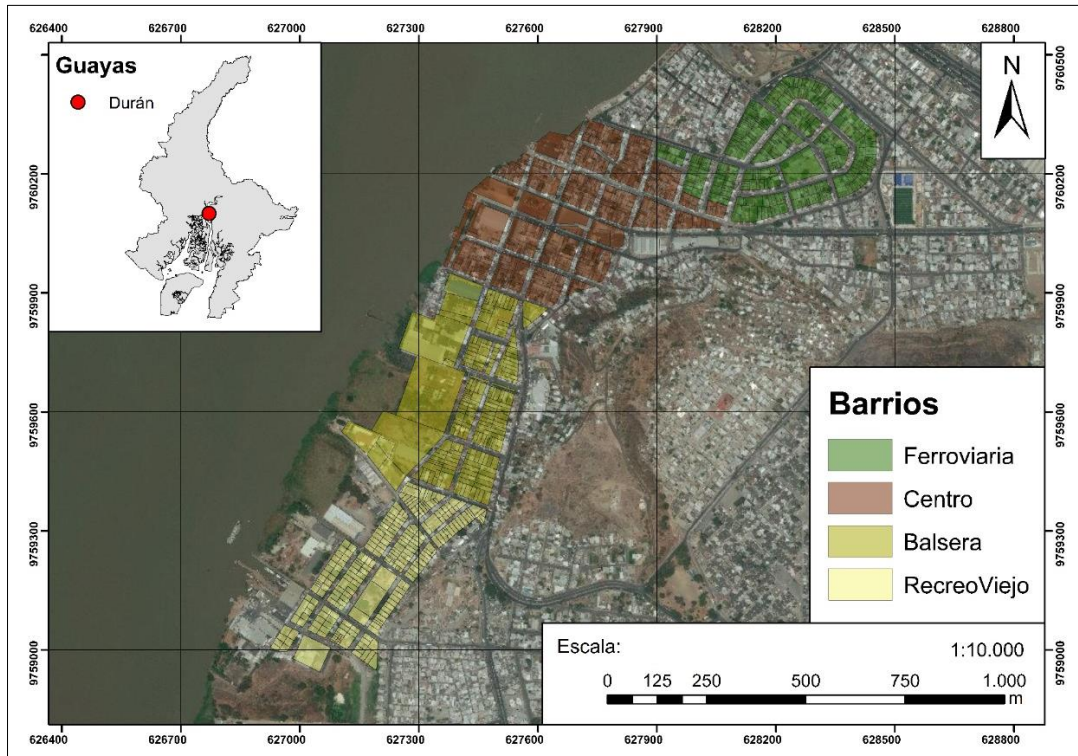


Figura 3. 12 Ubicación y delimitación de los barrios involucrados en la zona de estudio [autores]

Fase 2: Planteamiento de la solución:

- Evaluación de distintas alternativas metodológicas, sujetas a las restricciones y limitaciones relacionadas con la calidad y disponibilidad de todos los *inputs* del proyecto.

Restricciones y limitaciones

Para el presente estudio las restricciones están ligadas al factor tiempo y a la accesibilidad y/o disponibilidad de datos. Estas restricciones conllevan limitantes que se reflejan directamente en el alcance del proyecto y en el proceso de validación de resultados. A continuación, se detallan las principales:

- Duración del proyecto: 4 meses
- Condiciones de diseño: Datos catastrales no actualizados, escenario sísmico tomado del estudio de Parra (2016).
- Área de estudio: Definida por la disponibilidad de los datos y la accesibilidad a los sectores.

Fase 3: Procesamiento de los datos:

- Depuración de los datos.
- Procesamiento informático de los datos.
 - * Obtención de los *outputs*.
- Análisis de resultados.

Fase 4: Socialización de los resultados:

- Divulgación de resultados al personal del DGGR y a la comunidad.

3.4 Desarrollo metodológico y resultados

Se realizará un análisis de riesgo sísmico a escala municipal para la zona centro del cantón Eloy Alfaro (Durán) que comprende los barrios: Ferroviaria, Centro, Balsera y Recreo Viejo.

Inicialmente se procederá a la elaboración de una base de datos georreferenciada, para lo cual es necesario depurar, ordenar y procesar la información catastral proporcionada por el GAD de Durán, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para la estimación del riesgo sísmico es necesario relacionar la vulnerabilidad y la peligrosidad. Estas variables comprenden un proceso metodológico distinto, sin embargo, la relación de sus resultados permite estimar el grado de daño.

Para estimar la **vulnerabilidad** es necesario definir el nivel de diseño y la tipología constructiva de las edificaciones, que en conjunto los clasifican en una determinada clase de vulnerabilidad.

Una vez definidas las clases de vulnerabilidad, se grafican las curvas de capacidad donde se obtiene T_f , que es el punto de transición entre el comportamiento elástico y plástico de la edificación.

La **peligrosidad** requiere establecer el escenario sísmico más probable que afecte a la zona de estudio. Para ello es necesario identificar las fuentes sísmicas, la propagación de las ondas y el efecto local.

Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito”, determinó los escenarios sísmicos para las ciudades de Quito, Guayaquil, Esmeraldas y Loja.

En el presente trabajo se utilizará el escenario propuesto para la ciudad de Guayaquil, donde se considera un sismo de control con $M_w = 7,25$ y $R_f = 60-90\text{km}$, para un periodo de retorno (T_r) de 475 años, que será expresado en términos de curva de demanda, que es la representación de como el suelo de la zona de estudio se comporta frente a este evento sísmico.

Aunque la zona de estudio está ubicada en Durán, se empleará la misma información, debido a que ambos sitios se encuentran próximos y comparten características geológicas similares.

Finalmente, la estimación del **riesgo sísmico** se basa en el cruce de la curva de demanda con las curvas de capacidad, para obtener el desplazamiento máximo que puede soportar el predio. Este desplazamiento es insertado en la curva de fragilidad, obteniendo la probabilidad para cada estado de daño (leve, moderado, extensivo y completo) que presentaría un determinado predio al estar sometido a una acción sísmica definida.

Proceso:

Depuración de los datos

La depuración de los datos catastrales proporcionada por el DGGR en formato CAD (diseño asistido por computadora) y Excel sirve para obtener una base de datos georreferenciada, que será ejecutada con el software ArcGis (licencia: EFL493486842).

Las variables requeridas (Ver Anexo B) son: año de construcción, estado de conservación, material de construcción, descripción y número de pisos. Es importante destacar que en algunas edificaciones esta información se encuentra incompleta, por lo que serán excluidos del análisis, convirtiendo así al estudio en una etapa preliminar en la estimación del riesgo sísmico en el cantón.

Detalle de las edificaciones analizadas por barrios (Ver Figura 3.13):

- Ferroviaria: Tiene un total de 305 edificaciones, de las cuales 125 serán analizadas, lo que en términos porcentuales corresponden al 41% del total.
- Centro: Tiene un total de 516 edificaciones, de las cuales 245 serán analizadas, lo que en términos porcentuales corresponden al 47% del total
- Balsera: Tiene un total de 199 edificaciones, de las cuales 54 serán analizadas, lo que en términos porcentuales corresponden al 27% del total.
- Recreo Viejo: Tiene un total de 239 edificaciones, de las cuales 72 serán analizadas, lo que en términos porcentuales corresponden al 30% del total.

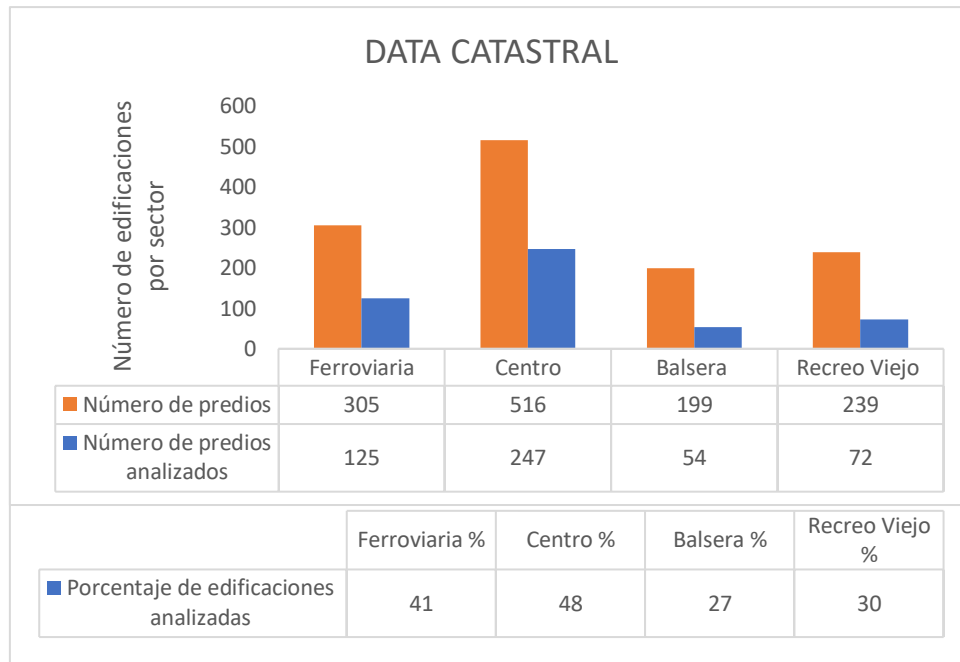


Figura 3. 13 Diagrama de barras que muestra en términos numéricos y de porcentaje los predios analizados y los no analizados [autores]

Cálculo de vulnerabilidad

Para determinar la vulnerabilidad se requiere establecer el nivel del diseño y la tipología constructiva.

Nivel de diseño: Debe considerarse el cumplimiento de los códigos de la construcción ecuatoriana (2015), donde se definen las siguientes categorías de nivel de diseño: Pre código (Pre), Código bajo (Low), Código moderado (Mod) y Código alto (High), que dependen del año de construcción del predio (ver Tabla 3.1).

Además, Parra (2016) propone una penalización, que depende del estado de conservación del predio. Esto solo aplica para edificaciones cuyo estado de conservación es regular o malo (ver Tabla 3.2).

Tipología constructiva: Hazus (2003) define 36 tipologías constructivas (ver Anexo A) a partir de las variables: material de construcción, descripción y número de pisos. La información referente al material de la estructura predial fue ajustada a la clasificación de Hazus (2003), obteniendo así 6 tipologías constructivas (ver Tabla 3.3).

Tabla 3. 3 Tipologías constructivas definidas en el estudio [modificadas de Hazus (2003)]

Tipología constructiva	Altura	Descripción Hazus (2003)	Descripción (datos)
W1		Estructura de madera Área < 465 m ² # pisos: 1-2	Edificación mixta, rústica. Habitacional de primera, económica, medio y mixta. Galpón liviano.
W2		Estructura de madera Área > 465 m ² # pisos: todos	Edificación mixta, rústica. Habitacional de primera, económica, medio y mixta. Galpón pesado.
S1	Baja S1L	Marco de momento de acero # pisos: 1-3	Estructura metálica.
	Media S1M	Marco de momento de acero # pisos: 4-7	No datos.
	Alta S1H	Marco de momento de acero # pisos: > 8	No datos.
C1	Baja C1L	Marcos resistentes a momentos de hormigón armado # pisos: 1-3	Habitacional económica, medio.
	Media C1M	Marcos resistentes a momentos de hormigón armado # pisos: 4-7	Habitacional económica.
C1	Alta C1H	Marcos resistentes a momentos de hormigón armado # pisos: > 8	No datos.
RM1	Baja RM1L	Muros de soporte de mampostería reforzada con diafragmas de cubierta de madera o metal # pisos: 1-3	Habitacional económica.
	Media RM1M	Muros de soporte de mampostería reforzada con diafragmas de cubierta de madera o metal # pisos: > 4	No datos.

Posteriormente, relacionando el nivel de diseño y la tipología constructiva, se obtienen las clases de vulnerabilidad.

A continuación, se muestra el detalle de las clases de vulnerabilidad que corresponden a las edificaciones analizadas por cada barrio (ver Tabla 3.4 y Figura 3.14):

Tabla 3. 4 Número de edificaciones por clases de vulnerabilidad definidas en la zona de estudio [autores]

Clase de vulnerabilidad	Ferroviaria	Centro	Balsera	Recreo Viejo
W1_High	71	139	36	60
W1_Mod	21	36	1	4
W1_Low	2	0	0	0
W2_High	23	32	9	4
W2_Mod	3	14	3	1
W2_Low	0	2	1	0
S1L_High	0	1	3	0
S1L_Mod	0	0	1	0
C1L_High	3	7	0	1
C1L_Mod	1	14	0	1
C1L_Low	0	1	0	0
C1M_High	0	1	0	0
RM1L_High	1	0	0	1

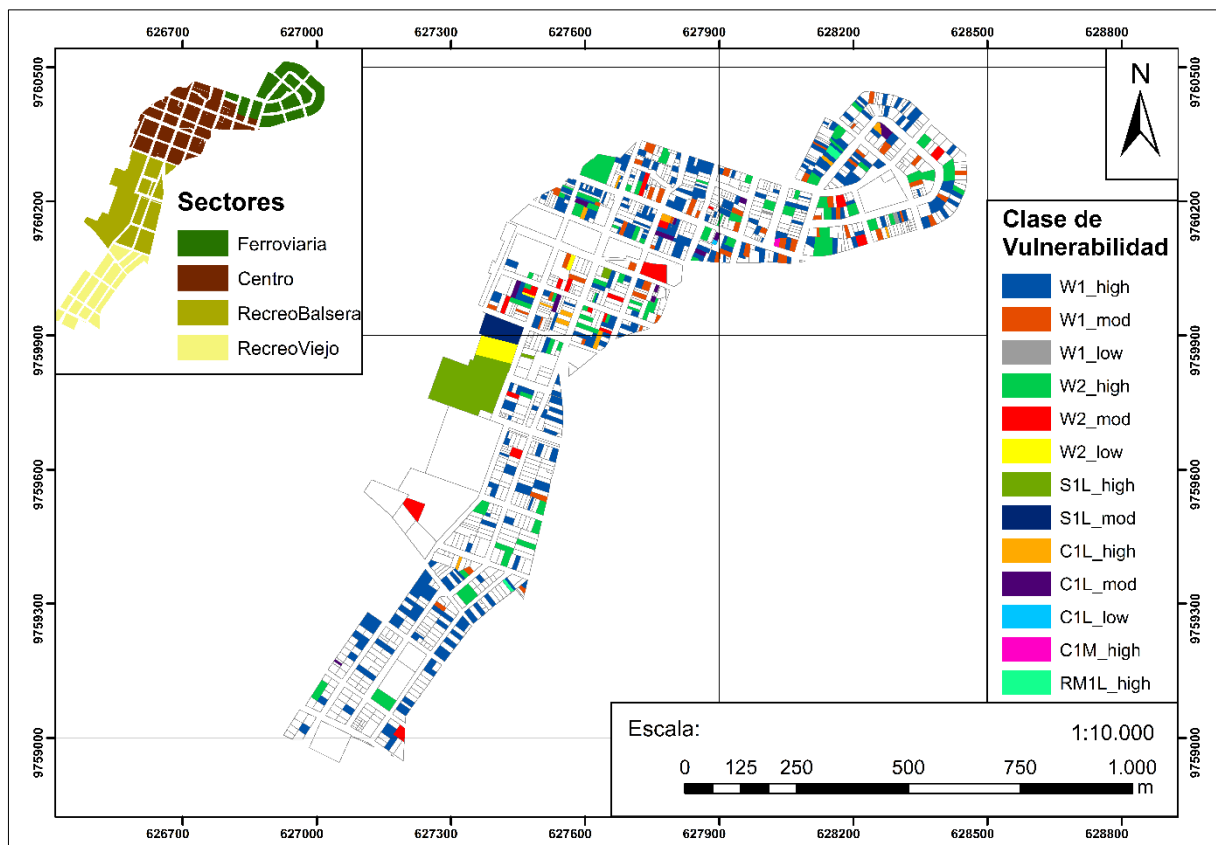


Figura 3. 14 Distribución geográfica de las clases de la vulnerabilidad por cada predio comprendido en la zona de estudio [autores]

En resumen, se detallan 8, 10, 7 y 7 clases de vulnerabilidad para los barrios Ferroviaria, Centro, Balsera y Recreo Viejo respectivamente (ver Figura 3.15).

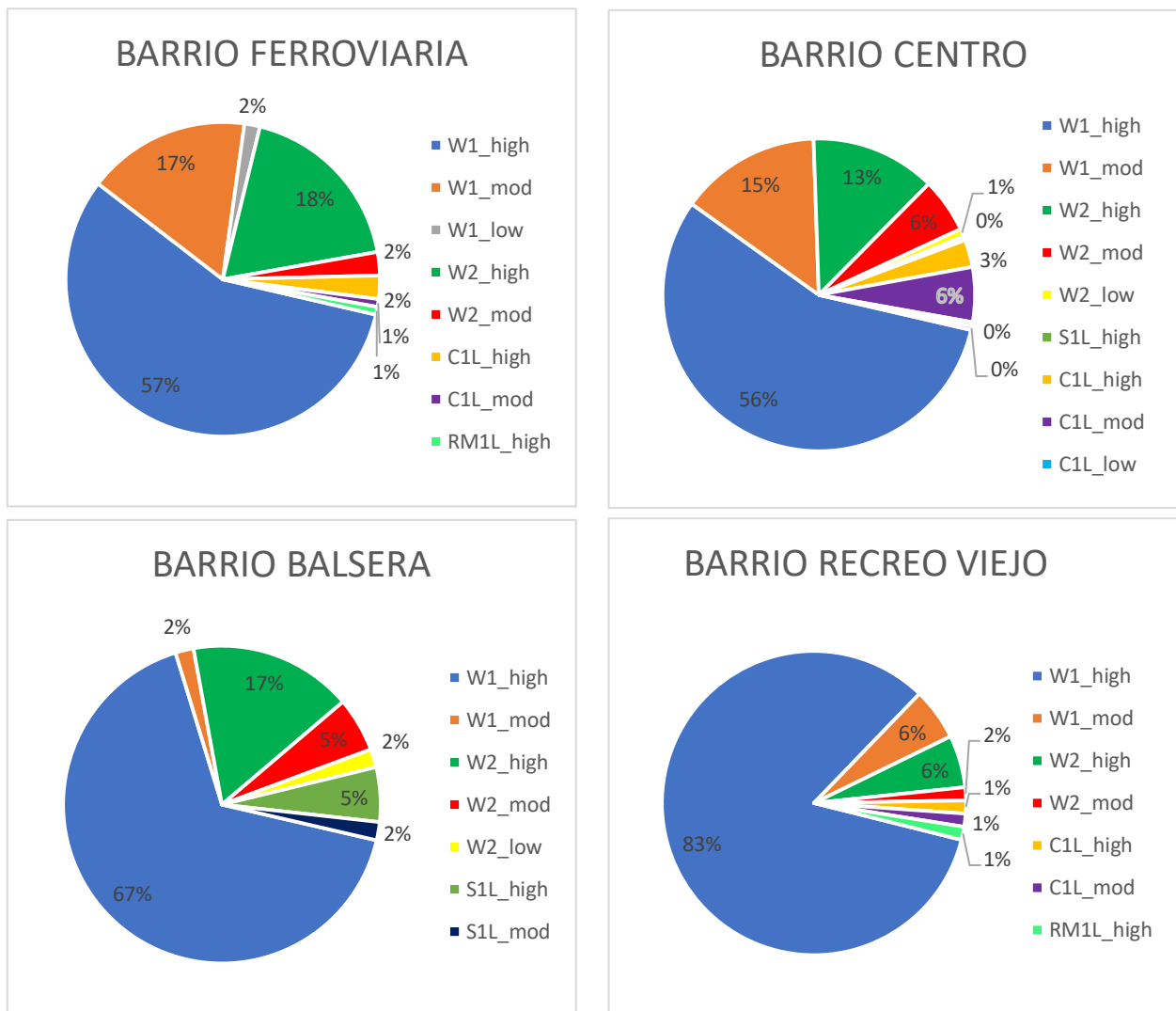


Figura 3. 15 Diagramas circulares representando las clases de vulnerabilidad en porcentajes para cada barrio [autores]

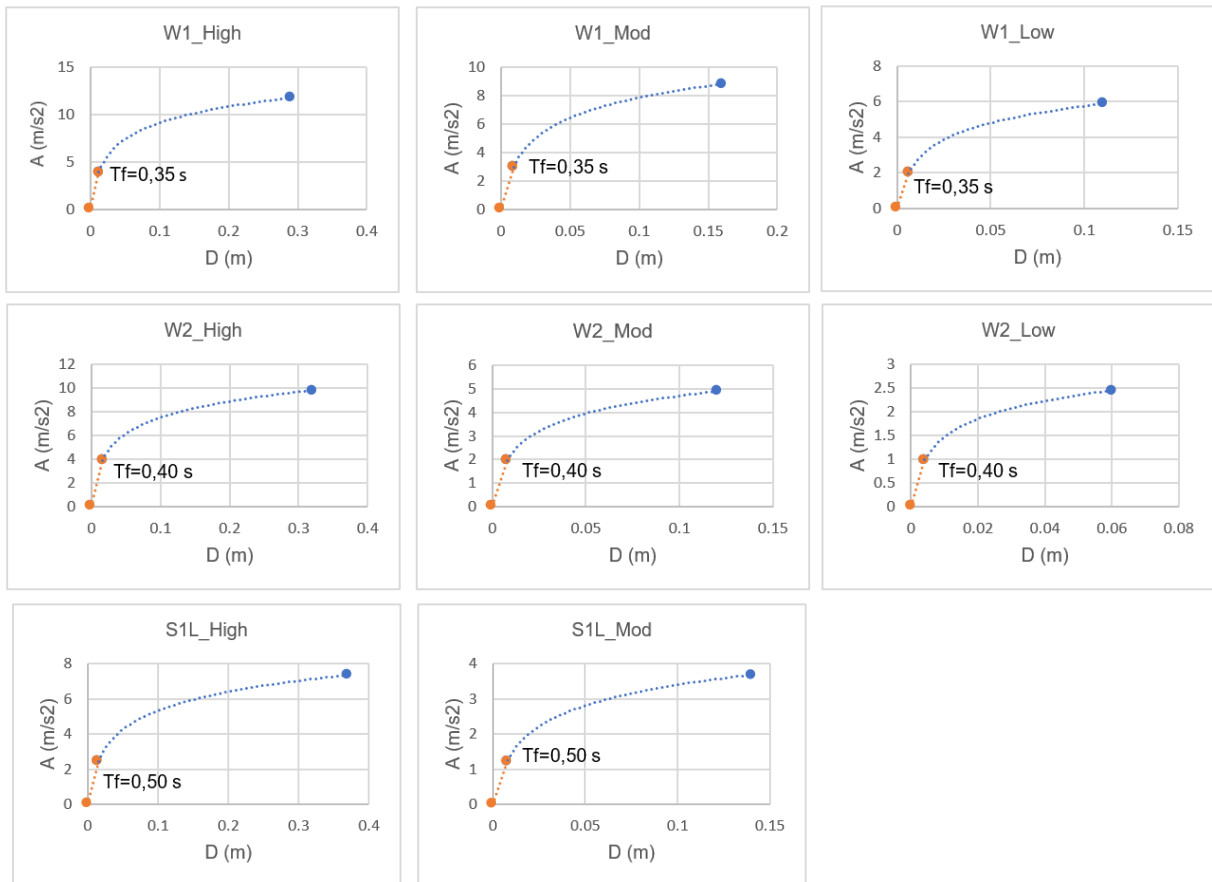
Finalmente se construyen las curvas de capacidad para cada clase de vulnerabilidad, las mismas que se muestran a continuación (ver Tabla 3.5).

Para construir las curvas es necesario utilizar tablas estandarizadas (ver Anexo C) que definen los parámetros: Punto de fluencia y punto de capacidad última o máxima.

Tabla 3. 5 Parámetros establecidos para las clases de vulnerabilidad en la zona de estudio [HazuS 2003]

Clase de Vulnerabilidad	Punto de fluencia		Punto de capacidad máxima		Tf (s)
	Dy (m)	Ay (m/s ²)	Du (m)	Au (m/s ²)	
W1_High	0.0122	3.92	0.29	11.76	0.35
W2_High	0.016	3.92	0.32	9.8	0.4
S1L_High	0.0155	2.45	0.37	7.34	0.5
C1L_High	0.0099	2.45	0.24	7.34	0.4
C1M_High	0.0292	2.04	0.47	6.12	0.75
RM1L_High	0.0163	5.22	0.26	10.45	0.35
W1_Mod	0.0091	2.94	0.16	8.82	0.35
W2_Mod	0.0079	1.96	0.12	4.9	0.4
S1L_Mod	0.0079	1.23	0.14	3.68	0.5
C1L_Mod	0.0051	1.23	0.09	3.68	0.4
W1_Low	0.0061	1.96	0.11	5.88	0.35
W2_Low	0.0041	0.98	0.06	2.45	0.4
C1L_Low	0.0025	0.61	0.04	1.83	0.4

A continuación, se presentan las curvas de capacidad para cada clase de vulnerabilidad establecida en la zona de estudio (ver Figura 3.16).



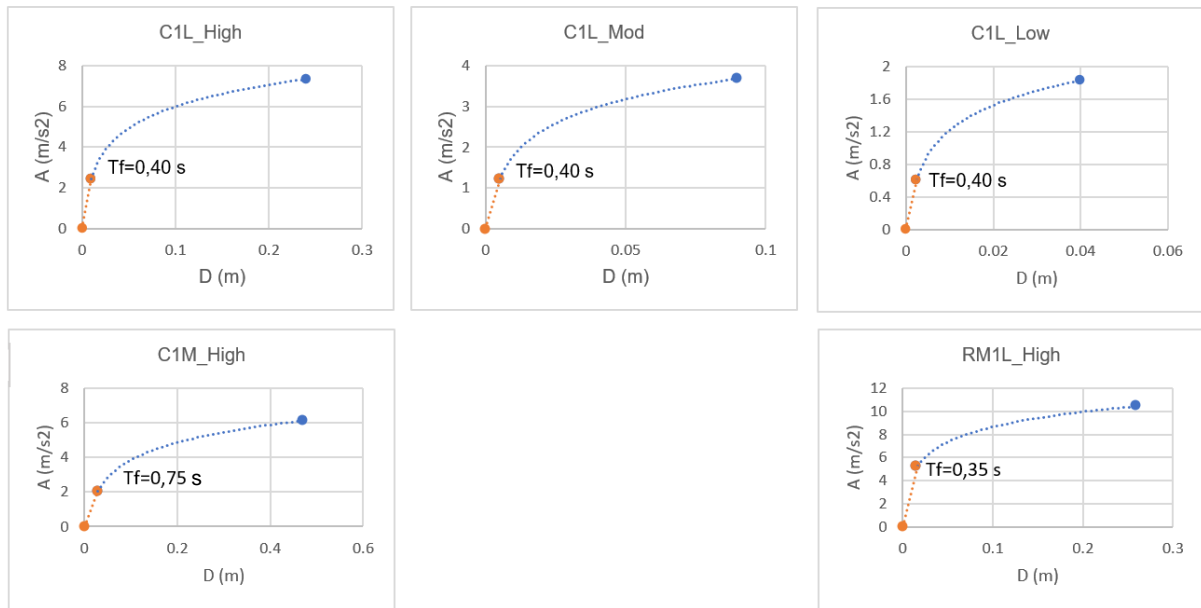


Figura 3. 16 Curvas de capacidad para cada clase de vulnerabilidad establecida en la zona de estudio [adaptadas de Hazus, 2003]

Peligrosidad

El proceso para la estimación de la peligrosidad requiere del escenario sísmico y el tipo de suelo correspondientes a la zona de interés. Para el presente estudio esta información fue tomada del trabajo “Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito” de Parra (2016) y la clasificación de *National Earthquake Hazard Recution Program* (2003) respectivamente.

A continuación, se detallan los parámetros a utilizar para estimar la peligrosidad y expresarla a través de la curva de demanda (ver Figura 3.17):

- Escenario sísmico: Sismos de control $M_w=7.25$ y $R_f= 60-90$ Km.
- Tipo de suelo: D con constante $a=60$.
- T_r : 475 años (utilizado para estructuras de importancia normal).

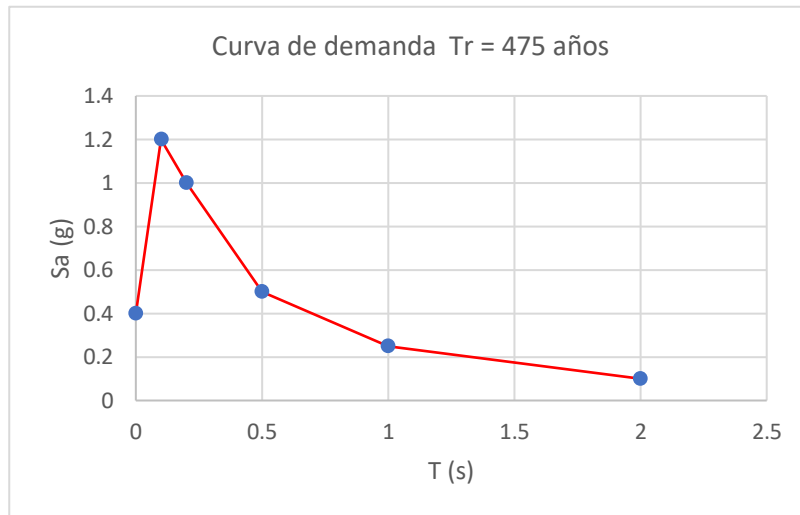


Figura 3. 17 Curva de demanda que representa la peligrosidad a la que está expuesta la zona de estudio [tomada de Parra, 2016]

Método de coeficiente de desplazamiento mejorado (IDCM)

A partir de los periodos fundamentales de cada clase de vulnerabilidad y de la curva de demanda, se obtuvieron los siguientes valores para el δ (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Parámetros utilizados en el IDCM [autores]

Clase de vulnerabilidad	Sa^{cl} (m/s ²)	Sd^{cl} (m)	R	a	C1	C2	δ (m)	δ (cm)
W1_High	7.46	0.02320	1.90	60	1.1223	1.0083	0.02626	2.6258
W2_High	6.56	0.03022	1.67	60	1.0702	1.0036	0.03245	3.2453
S1L_High	4.91	0.04721	2.00	60	1.0668	1.0050	0.05062	5.0620
C1L_High	6.56	0.03022	2.68	60	1.1749	1.0220	0.03628	3.6282
C1M_High	3.68	0.10623	1.80	60	1.0238	1.0014	0.10891	10.8914
RM1L_High	7.42	0.02313	1.42	60	1.0572	1.0018	0.02450	2.4503
W1_Mod	7.42	0.02313	2.52	60	1.2072	1.0237	0.02859	2.8587
W2_Mod	6.56	0.03022	3.35	60	1.2446	1.0431	0.03923	3.9229
S1L_Mod	4.91	0.04721	3.99	60	1.1992	1.0446	0.05914	5.9144
C1L_Mod	6.56	0.03022	5.34	60	1.4516	1.1469	0.05030	5.0305
W1_Low	7.42	0.02313	3.78	60	1.3788	1.0791	0.03442	3.4419
W2_Low	6.56	0.03022	6.70	60	1.5934	1.2535	0.06035	6.0355
C1L_Low	6.56	0.03022	10.76	60	2.0165	1.7440	0.10627	10.6268

Además, se adjunta un ejemplo que ilustra el proceso aplicado a la clase de vulnerabilidad W1_High (ver Figura 3.18):

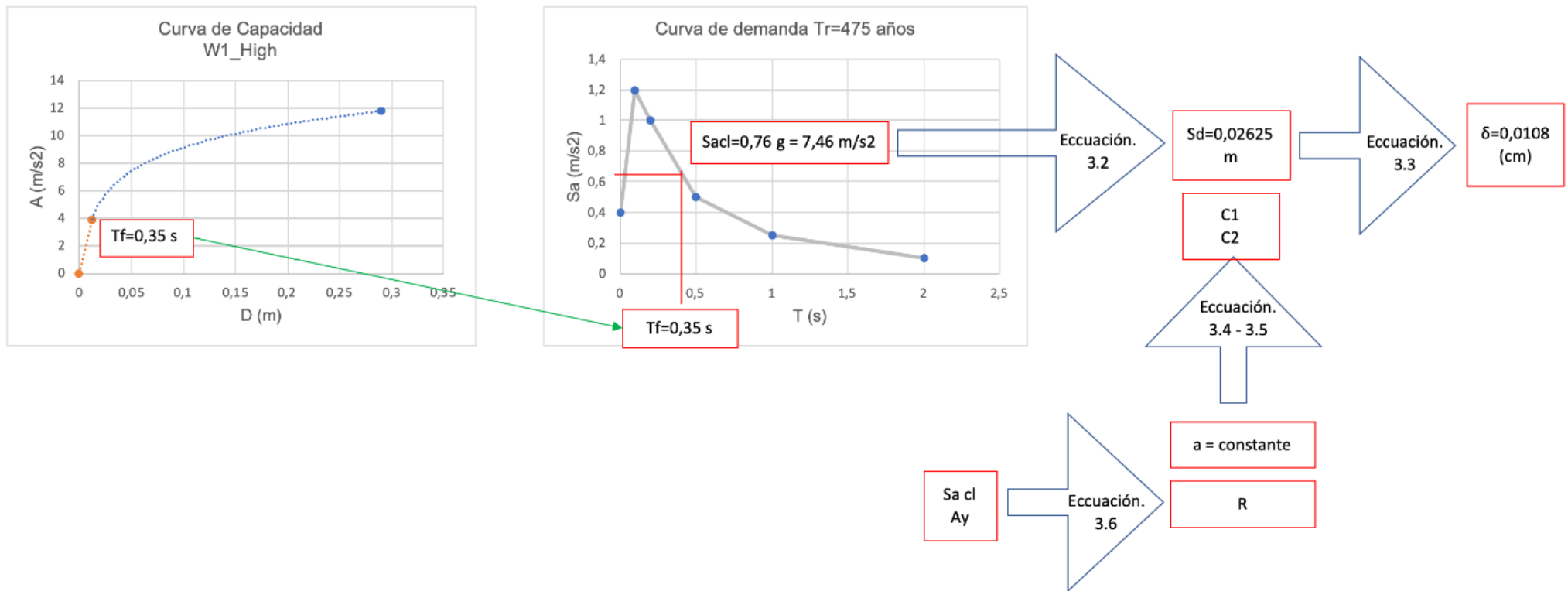


Figura 3. 18 Proceso ilustrativo del método IDCM [autores]

Procedimiento:

Para la clase de vulnerabilidad W1_High se tiene un $T_f = 0,35$ s, el mismo que es evaluado en la curva de demanda del escenario sísmico planteado para la zona de estudio.

De dicha evaluación se obtiene el valor de $Sa^{cl} = 7,4088$ m/s², el que servirá para el cálculo del Sd^{cl} usando la ecuación (3.2).

$$Sd^{cl} = \frac{Tf^2}{4\pi^2 Sa^{cl}} \quad (3.2)$$

$$Sd^{cl} = \frac{(0,35)^2}{4\pi^2(7,46)}$$

$$Sd^{cl} = 0,02320 \text{ m}$$

Previo al cálculo del δ , es necesario definir los coeficientes empíricos C_1 y C_2 , utilizando las ecuaciones (3.4) y (3.5) respectivamente, que depende de R , que relaciona las variables Sd^{cl} y A_y ecuación (3.6).

$$R = \frac{Sa^{cl}}{A_y} \quad (3.6)$$

$$R = \frac{7,46}{3,92}$$

$$R = 1,90$$

El suelo en la zona de estudio es tipo D, con $a = 60$, el valor $A_y = 3,92$ m/s² es obtenido de la tabla tipo (ver Anexo C).

$$C_1 = \frac{1+(R-1)}{aTf^2} \quad (3.4)$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800(R - (\frac{1}{Tf}))^2} \quad (3.5)$$

$$C_1 = \frac{1+(1,90-1)}{(60)(0,35)^2}$$

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800(1,90 - (\frac{1}{0,35}))^2}$$

$$C_1 = 1,1223$$

$$C_2 = 1,0083$$

Finalmente se aplica la ecuación 3.3 para obtener el δ :

$$\delta = C_1 C_2 S d^{cl} \quad (3.3)$$

$$\delta = (1,1223)(1,0083)(0,02320)$$

$$\delta = 0,02625 \text{ m}$$

$$\delta = 2,6258 \text{ cm}$$

Riesgo sísmico:

Las etapas para estimar el riesgo sísmico permiten determinar la probabilidad y el porcentaje de daño.

Para ilustrar el proceso se continua con el ejemplo anterior, es decir se definirá la probabilidad y porcentaje de daño para la clase de vulnerabilidad W1_High.

Procedimiento:

Para estimar el porcentaje a cada estado de daño se utiliza la ecuación 3.7.

$$P[ds|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right] \quad (3.7)$$

Nota: Los valores β_{ds} , $S_{d,ds}$, son exclusivos para cada clase de vulnerabilidad y estado de daño, y se pueden obtener de las tablas tipo (ver Anexo D).

Para el estado de daño leve se tiene:

$$P[ds_{leve}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right]$$

$$P[ds_{leve}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{0,80}\right) * \ln (2,626/1,27)\right]$$

$$P[ds_{leve}|\delta] = 0,82$$

Para el estado de daño moderado se tiene:

$$P[ds_{moderado}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right]$$

$$P[ds_{moderado}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{0,81}\right) * \ln (2,626/3,8354)\right]$$

$$P[ds_{moderado}|\delta] = 0,32$$

Para el estado de daño extensivo se tiene:

$$P[ds_{extensivo}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right]$$

$$P[ds_{extensivo}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{0,85}\right) * \ln (2,626/12,8016)\right]$$

$$P[ds_{extensivo}|\delta] = 0,03$$

Para el estado de daño completo se tiene:

$$P[ds_{completo}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{\beta_{ds}}\right) * \ln (\delta/S_{d,ds})\right]$$

$$P[ds_{completo}|\delta] = \Phi\left[\left(\frac{1}{0,97}\right) * \ln (2,626/32,004)\right]$$

$$P[ds_{completo}|\delta] = 0,005$$

*Nota: La fórmula de la función normal estándar acumulada en formato Excel es:
=DISTR.NORM.ESTAND((1/βds)*LN(δ/Sds))*

Una vez obtenidos las probabilidades de cada estado de daño se procede a utilizar las expresiones matemáticas: 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12, que permiten expresar el resultado en términos porcentuales.

Para el estado de daño completo se tiene:

$$\% \text{ de daño completo} = P[ds_{completo}|\delta] \tag{3.8}$$

$$\% \text{ de daño completo} = 0,005$$

Para el estado de daño extensivo se tiene:

$$\% \text{ de daño extensivo} = P[ds_{extensivo}|\delta] - P[ds_{completo}|\delta] \tag{3.9}$$

$$\% \text{ de daño extensivo} = 0,03 - 0,005$$

$$\% \text{ de daño extensivo} = 0,026$$

Para el estado de daño moderado se tiene:

$$\% \text{ de daño moderado} = P[ds_{moderado}|\delta] - P[ds_{extensivo}|\delta] \tag{3.10}$$

$$\% \text{ de daño moderado} = 0,32 - 0,03$$

$$\% \text{ de daño moderado} = 0,289$$

Para el estado de daño leve se tiene:

$$\% \text{ de daño leve} = P[ds|\delta] ds_{\text{leve}} - P[ds|\delta] / ds_{\text{moderado}} \quad (3.11)$$

$$\% \text{ de daño moderado} = 0,82 - 0,32$$

$$\% \text{ de daño moderado} = 0,50$$

Para el estado de daño nulo se tiene:

$$\% \text{ de daño nulo} = 1 - \sum_i P[ds_i|\delta] \quad i = \text{competo}, \dots, \text{leve} \quad (3.12)$$

$$\% \text{ de daño nulo} = 1 - (0,005 + 0,026 + 0,289 + 0,5)$$

$$\% \text{ de daño moderado} = 0,182$$

Finalmente, el porcentaje de daño para cada clase de vulnerabilidad se definió a partir del mayor valor obtenido en los estados de daño, los cuales se muestran sombreados en la tabla 3.7.

Tabla 3. 7 Probabilidad y porcentaje para cada estado de daño [autores]

Clase de vulnerabilidad	δ (cm)	P[ds δ]				Porcentaje de daño				
		Leve	Moderado	Extensivo	Completo	Leve	Moderado	Extensivo	Completo	Nulo
W1_High	2.6258	0.8181	0.3200	0.0312	0.0050	0.4981	0.2888	0.0262	0.0050	0.1819
W2_High	3.2453	0.6875	0.2110	0.0168	0.0003	0.4765	0.1942	0.0165	0.0003	0.3125
S1L_High	5.0620	0.7033	0.3651	0.0437	0.0014	0.3382	0.3214	0.0424	0.0014	0.2967
C1L_High	3.6282	0.7158	0.3916	0.0610	0.0022	0.3242	0.3305	0.0588	0.0022	0.2842
C1M_High	10.8914	0.9388	0.7030	0.1378	0.0167	0.2358	0.5652	0.1210	0.0167	0.0612
RM1L_High	2.4503	0.6362	0.3207	0.0516	0.0055	0.3155	0.2691	0.0461	0.0055	0.3638
W1_Mod	2.8587	0.8330	0.4514	0.0831	0.0204	0.3815	0.3684	0.0627	0.0204	0.1670
W2_Mod	3.9229	0.7447	0.3657	0.0628	0.0053	0.3790	0.3029	0.0574	0.0053	0.2553
S1L_Mod	5.9144	0.7669	0.5206	0.1459	0.0255	0.2463	0.3747	0.1204	0.0255	0.2331
C1L_Mod	5.0305	0.8122	0.6046	0.2018	0.0283	0.2077	0.4028	0.1735	0.0283	0.1878
W1_Low	3.4419	0.8582	0.5328	0.1637	0.0249	0.3253	0.3691	0.1388	0.0249	0.1418
W2_Low	6.0355	0.8526	0.5463	0.1248	0.0263	0.3063	0.4215	0.0986	0.0263	0.1474
C1L_Low	10.6268	0.9471	0.8794	0.5702	0.2149	0.0677	0.3092	0.3553	0.2149	0.0529

Además, con dichos valores se elaboró el mapa de riesgo sísmico para la zona de estudio (ver Figura 3.19).

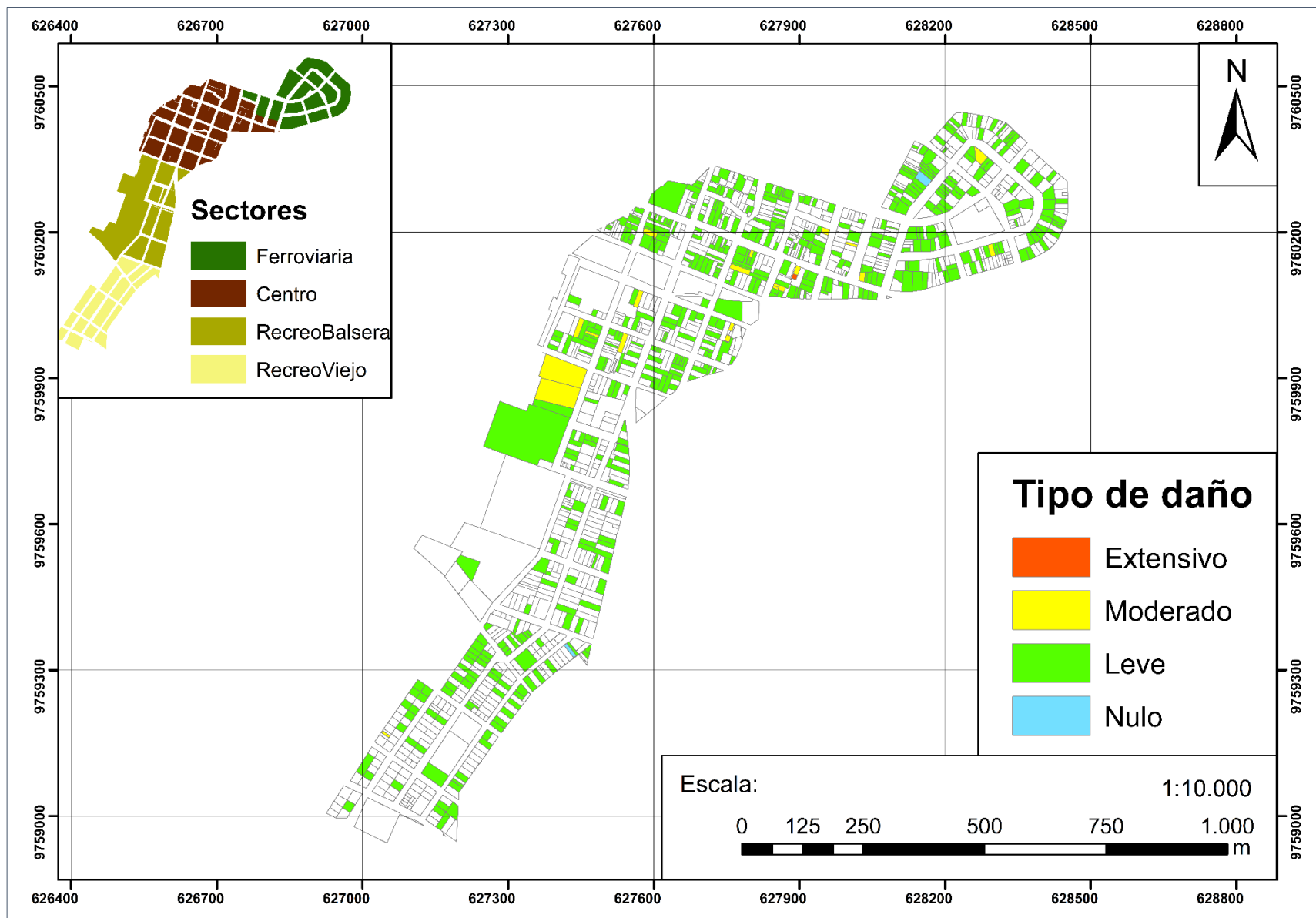


Figura 3. 19 Mapa de riesgo sísmico para la zona de estudio [autores]

3.5 Validación de los resultados

La validación de los resultados es un proceso necesario en este tipo de trabajo, pues de esta forma aseguramos que los productos obtenidos cumplan con los atributos de calidad exigibles. Siendo el objetivo principal de este proyecto la estimación del riesgo sísmico es de vital importancia corroborar los datos.

La validación de datos se basó en los siguientes criterios:

- En el apartado 3.4 se precisó que los datos catastrales proporcionados por el GAD estaban incompletos.
- Mediante el procesamiento de los datos se obtuvo el mapa de riesgo sísmico (ver Figura 3.19) para la zona de estudio, donde se evidencia que la mayor parte de las edificaciones se encuentran expuestas al riesgo sísmico con un grado de daño leve.
- En el recorrido visual realizado en la zona de estudio se hallaron incongruencias respecto a las características estructurales de las edificaciones.

Con la finalidad de que el estudio sea lo más cercano a la realidad, culminar el apartado correspondiente al plan de mitigación y tomando en cuenta las restricciones y limitaciones, se procedió a la validación de los resultados en 5 manzanas del barrio Ferroviaria, generando así un ejemplo tipo.

Este proceso se ejecutó con el apoyo de la DGGR, a partir de encuestas de respuesta abierta realizadas a la población obteniendo los siguientes resultados (ver Anexo E):

Clases de vulnerabilidad: en la figura 3.20 se puede observar el contraste entre los resultados obtenidos utilizando los datos proporcionados por el GAD y los de la validación.

Finalmente, se muestra el mapa de riesgo sísmico para las 5 manzanas analizadas en el barrio Ferroviaria (ver Figura 3.21).

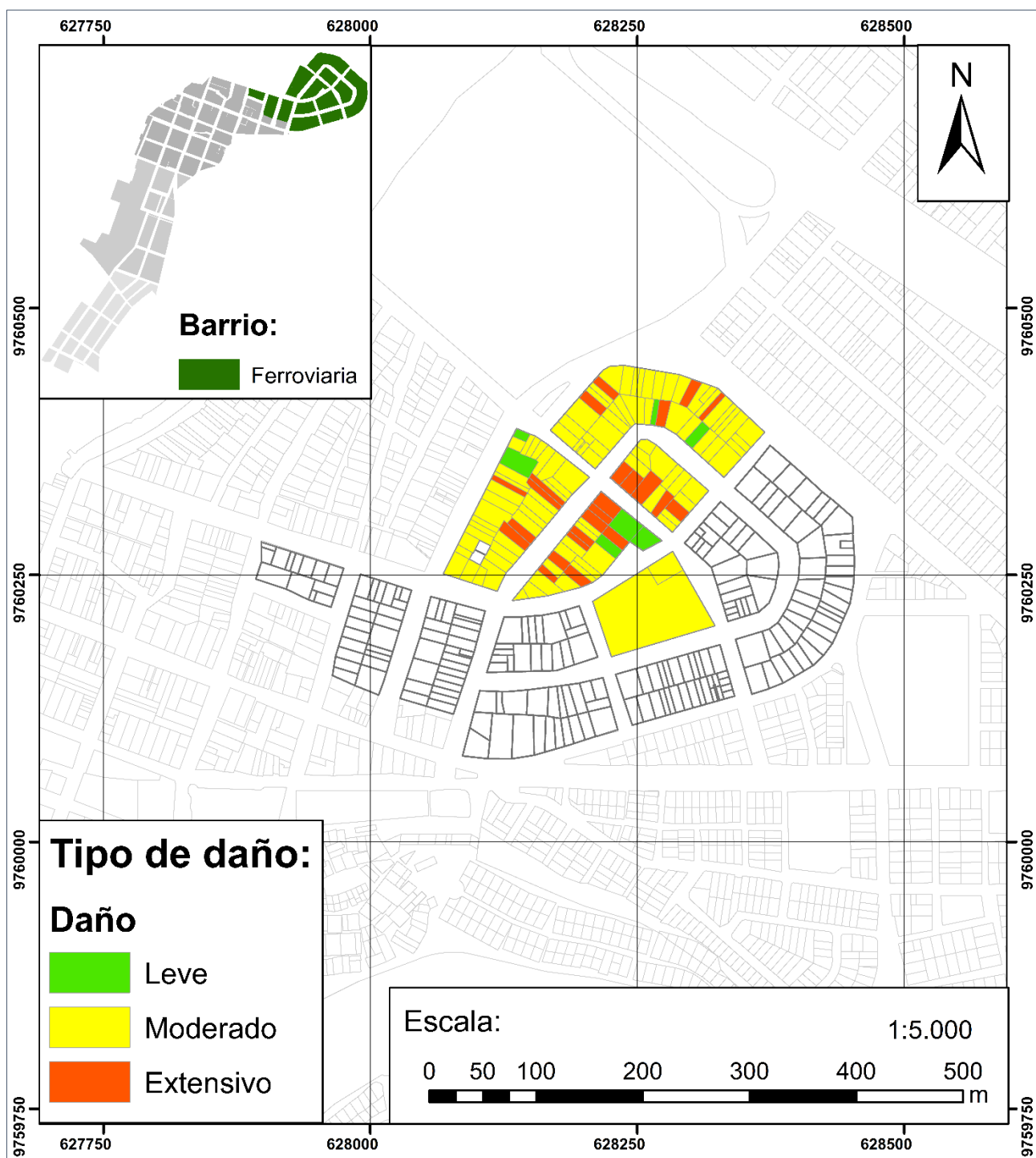


Figura 3. 21 Mapa de riesgo sísmico para las 5 manzanas analizadas del barrio Ferroviaria [autores]

CAPÍTULO 4

PLAN DE MITIGACIÓN

4.1 Marco metodológico

FEMA (2013) define a la mitigación como el conjunto de acciones que, basadas en estrategias a largo plazo, permiten reducir los efectos negativos de futuros desastres naturales sobre las personas, propiedades y el ambiente. El plan de mitigación incluye las siguientes fases (ver Figura 4.1):

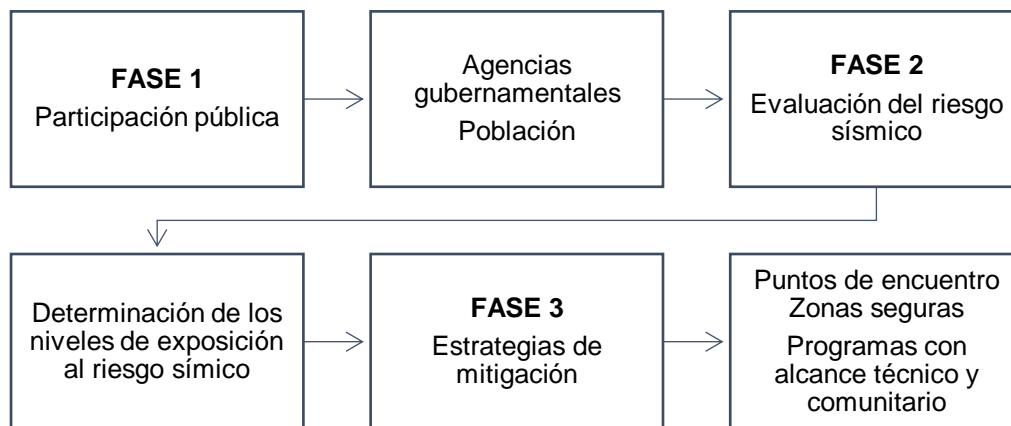


Figura 4. 1 Diagrama de que ilustra las fases para la elaboración del plan de mitigación [autores]

Fase 1: Participación Pública

Involucra a las partes interesadas (agencias gubernamentales y la población), se basa en comentarios y fomenta el debate acerca de una comunidad más segura y preparada ante eventos de este tipo.

La COOTAD en sus artículos 140 y 466, dispone que los planes de ordenamiento territorial deben contemplar estudios de evaluación de riesgos de desastres y, en el ejercicio de la competencia de gestión de riesgos, deben adoptar normas técnicas para la prevención y gestión de riesgo sísmicos.

Fase 2: Evaluación del Riesgo

Consiste en identificar los peligros y riesgos naturales que pueden afectar a una comunidad. Estiman la posible frecuencia y magnitud de los desastres y, son la base para desarrollar las actividades de mitigación.

Fase 3: Estrategias de Mitigación

Corresponden a las actividades que tienen como objetivo disminuir los efectos negativos de los desastres naturales. Deben ser efectivas, no dañar el ambiente, viables a nivel técnico y permitir la inversión estratégica de los recursos.

Las actividades de mitigación para la reducción de riesgo pueden incluir:

- Adopción y aplicación de herramientas reglamentarias.
- Mejoras en la infraestructura.
- Establecimiento de zonas seguras o de amortiguación.
- Programas de alcance comunitario.

Si las estrategias de mitigación son aplicadas de manera efectiva, permitirán a las entidades:

- Prevenir la pérdida de vidas humanas y minimizar el riesgo para el personal de respuesta.
- Reducir el costo de respuesta y recuperación ante un desastre.
- Minimizar el tiempo sin operar y acelerar la recuperación, tanto del gobierno como los negocios privado, después de los desastres.
- Enfocar los recursos estatales en zonas de mayor riesgo.

4.2 Resultados

La elaboración de un plan de mitigación ante un evento sísmico constituye un conjunto de herramientas que ayudan a disminuir los daños producidos por el sismo, tomando como base el análisis de riesgo sísmico (ver Figura 3.20).

Para el presente proyecto, se han planificado tres estrategias de mitigación, las mismas que fueron definidas considerando, los recursos disponibles, el tiempo destinado a la ejecución de las actividades y las características socioespaciales de la zona de estudio:

- Programas con alcance técnico: con esta actividad se busca generar un insumo para la DGGR. En este caso *la metodología para el análisis de riesgo sísmico y la elaboración del presente plan de mitigación*, de manera que puedan ser reproducidos en otras zonas del cantón. Además, se convierten en un elemento transversal que aporte y apoye a la gestión de otros departamentos.
- Programas con alcance comunitario: con esta actividad se busca que la población tenga conocimiento sobre su entorno y los riesgos a los que está expuesta, para que desarrolle una conducta de prevención que le permitan protegerse.

- Mapa de puntos de encuentro y zonas seguras (ver Figura 4.2) donde se asignaron dos puntos de encuentros en el barrio Ferroviaria: Estación del ferrocarril y la cancha Ferroviaria.

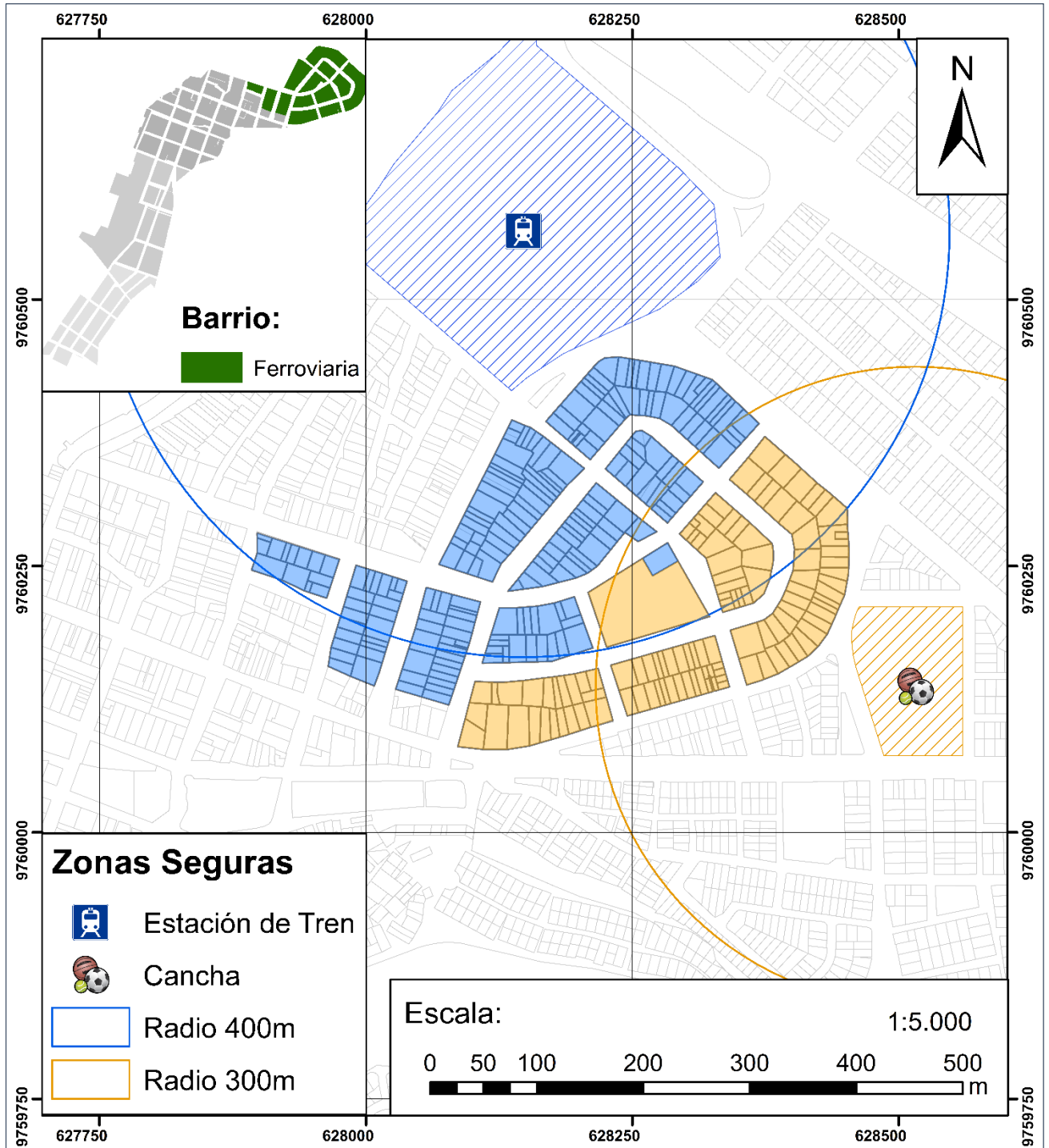


Figura 4. 2 Mapa de zonas seguras y puntos de encuentro para las 5 manzanas analizadas del barrio Ferroviaria [autores]

Para definir las zonas seguras: estación del ferrocarril (con una superficie libre de 47234,4m²) y cancha de Ferroviaria (con una superficie libre de 13071 m²) se consideró lo siguiente:

- En una edificación habitan en promedio 5 personas en cada piso.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como norma, que en alojamientos de emergencia una persona ocupa 3,5m².

Así se obtuvo que el área que ocuparían las personas en las zonas seguras corresponde (ver Tabla 4.1 y 4.2):

- Estación del ferrocarril 6072,5 m² (13% del área libre).
- Cancha Ferroviaria 2940 m² (22.5% del área libre).

Tabla 4. 1 Distribución de las edificaciones que deben acudir a la zona segura: Estación del ferrocarril [autores]

Zona segura estación del ferrocarril			
Número de Pisos	Número de edificaciones	Número de personas (5personas por piso)	Área ocupada (3,5m ² por persona)
1	76	380	1330
2	76	760	2660
3	37	555	1942.5
4	2	40	140
Total	191	1735	6072.5

Tabla 4. 2 Distribución de las edificaciones que deben acudir a la zona segura: Cancha Ferroviaria [autores]

Zona segura Cancha de Ferroviaria			
Número de Pisos	Número de edificaciones	Número de personas (5personas por piso)	Área ocupada (3,5m ² por persona)
1	64	320	1120
2	44	440	1540
3	4	60	210
4	1	20	70
Total	113	840	2940

CAPÍTULO 5

5.1 Conclusiones

Conclusiones generales:

En el presente estudio se realizó la estimación del riesgo sísmico y sus resultados se expresaron en un mapa de fácil interpretación. Sin embargo, las bases numéricas de este análisis implican cálculos matemáticos y estadísticos complejos que se expresan en términos de probabilidad.

El proceso para estimar el riesgo sísmico engloba el análisis de los parámetros estructurales de las edificaciones (vulnerabilidad) y de las características geológicas que determinarán el comportamiento del sismo en la zona (peligrosidad).

Las bases de datos utilizadas en la estimación de cada parámetro son muy importantes, pues sobre ellas recae la fiabilidad del estudio. No obstante, se recalca que el producto final es expresado en términos de probabilidad, lo que implica que los resultados buscan ser lo más cercanos a la realidad, pero jamás se tendrá la certeza absoluta de lo que va a ocurrir.

Para potenciar este análisis existen los planes de mitigación, que son una alternativa paliativa al problema. A partir de las estrategias de mitigación, que implican un trabajo en conjunto entre las autoridades y la comunidad, se desarrollan habilidades de respuesta y normas que disminuyan los efectos posteriores a un sismo.

Conclusiones técnicas:

De acuerdo con los datos obtenidos en el levantamiento catastral realizado en Ferroviaria, se definieron 6 clases de vulnerabilidad: C2L_High, C2L_Mod, C2L_Low, C2L_Pre, C2M_Low y C2M_Pre (en el análisis preliminar de todo el centro de Durán se identificaron 13 clases).

Las edificaciones de este barrio son de tipo C2L_Mod (36,8%) y C2L_Low (36,8%), que corresponden a construcciones realizadas entre el año 1951 a 2001, de hormigón, con 1-3 pisos y estados de conservación entre bueno y malo.

Considerando un escenario sísmico de $M_w=7,25$; $R_f=60-90$ km, el 75,2% de las edificaciones en Ferroviaria van a experimentar un daño moderado, el 19,2% extensivo y el 5,6% leve.

Se realizó un mapa de puntos de encuentro, donde se determinaron 2 zonas seguras: la estación del ferrocarril y la cancha Ferroviaria que tiene una superficie de 67.414 y 13.071 m² correspondientemente, cuya finalidad es agrupar a la población durante los primeros momentos posterior a sismos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como norma, que en alojamientos de emergencia una persona ocupa 3,5m², por lo que las zonas antes definidas podrán acoger a 22.995 personas (Estación del ferrocarril 19.261 y la cancha Ferroviaria 3.734)

Las viviendas cuyo punto de encuentro es el ferrocarril, tienen un total de habitantes de 1.735 personas, que es equivalente al 13% del total de personas que este lugar puede albergar.

Las viviendas cuyo punto de encuentro es la cancha Ferroviaria, tienen un total de habitantes de 840 personas, que es equivalente al 22,5% del total de personas que este lugar puede albergar.

5.2 Recomendaciones

Las recomendaciones y líneas de investigación propuestas en base a los resultados obtenidos en el presente estudio son las siguientes:

- Actualizar periódicamente la información catastral (periodicidad sugerida: 10 años) con el objetivo de extender el análisis de riesgo en todo el cantón.
- Realizar fichas evaluativas sobre el estado de las edificaciones y el cumplimiento de las normas establecidas por la NEC.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbat Barbat, H. A., Carreño Tibaduiza, M. L., Cardona Arboleda, O. D., & Marulanda Fraume, M. C. (2011). Evaluación holística del riesgo sísmico en zonas urbanas. *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*.
- Barragan, J., *Volcanes y Terremotos.*, FIGEMPA. 2005
- Beauval, C., Yespes, H., Bakun, W., Egred, J., Alvarado, A., & Singaicho, J. (2010). Locations and magnitudes of historical earthquakes in the sierra of Ecuador (1587-1996). *Geophysical Journal International*.
- Benedetti, Petriniv. (1984). "Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposte di un metodo di valutazione". *L'industria delle Costruzioni*.
- Benito, B., & Jiménez, E. (1999). Peligrosidad sísmica. *Física de la Tierra*.
- Bristow, C. R., Hoffstetter, R. (1977). Ecuador. *Lexique Stratigraphique International*, Vol. 5a2, CNRS, París, 410 pp.
- Chunga, K., López, G., & Méndez, W. (2018). El peligro sísmico y sus consecuencias en la costa ecuatoriana. Ejemplo del terremoto de Pedernales.
- Cuevas, S. M., Oterino, M. B. B., & Bravo, J. C. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, región de Murcia. Universidad politécnica de Madrid. Madrid, España.
- De La A. (2017). Caracterización geológica y geofísica del subsuelo para la construcción de una obra civil a orillas del Río Guayas en el Cantón Durán (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- De la Colina Martínez, J., & Ramírez, H. (1999). Características de los sismos y sus efectos en las construcciones (Segunda de dos partes). *CIENCIA ergo-sum*, *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 6(2).
- Deniaud, Y. (2000). Enregistrements sédimentaire et structural de l'évolution géodynamique des Andes Equatoriennes au cours du Néogène: Etude de bassins d'avant arc et bilan de masse.
- Ecuador, R. (2010). Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD. Quito: Asamblea Nacional.
- Egüez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M., Costa, C., & Dart, R. (2003). Database and Map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions.

- EIRD. 2009. Riesgo y Pobreza en un clima cambiante. Informe Global de Evaluación. Ginebra.
- FEMA 440 (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Applied Technology Council, California, Federal Emergency Management Agency, Washington, D. C., USA.
- FEMA. (2013). Local Mitigation Planning Resources. U.S Department of Homeland Security.
- García, S., Landín, J., Moreno, R., Chong, A. S. E., Mulas, M., Mite, M., & Cárdenas, N. (2018). Statistical analysis of the largest possible earthquake magnitudes on the Ecuadorian coast for selected return periods. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 1-13pp.
- Grünthal G. (editor). (1998). European Macroseismic Scale 1998. Centre Européen de Géodynamique et Séismologie. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Volume 15. Luxemburg.
- Guillier, B., Chatelain, J.-L., Jaillard, E., & Yepes, H. (2001). Seismological evidence on the geometry of the orogenic system in Central-Northern Ecuador (South America). *Geophysical Research Letters*.
- Hanks, T. C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 84(B5), 2348-2350.
- HAZUS (2003). Multi-hazard Loss Estimation Methodology. Technical Manual. Federal Emergency Agency, Washington D. C., USA. 712pp.
- Iglesias, S. (2007). Análisis del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas Mediante Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la Ciudad de Granada. Granada.
- INEC. (2017). Memorias, reconstruyendo las cifras luego del sismo de Quito.
- Jaillard, E., Benitez, S., & Mascle, G. (1997). Les deformations paleogenes de la zone d'avant-arc sud-equatorienne en relation avec l'evolution geodynamique.
- Milutinovic Z.V., Trendafiloski G.S. (2003). Vulnerability of current buildings. Work Package 4 of RISK-UE Project. European Commission. EVK4-CT-2000-00014.
- MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, Norma Ecuatoriana De La Construcción (NEC-2015). NEC SE DS. Quito, Ecuador.

- NEHRP (2003). National Earthquake Hazards Reduction Program. Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures. Part 1. Building Seismic Safety Program, Washington, D. C. USA. 308 pp.
- Nocquet, J., Mothes, P., & Alvarado, A. (2009). Geodesia, geodinámica y ciclo sísmico en Ecuador. En: Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador desde la Costa Continental hasta las Islas Galápagos. Guayaquil.
- Olsson, A. A., (1942). Tertiary deposits of north-western South America and Panama: Proceedings of the 8th American Sciences Congress, Washington, D. C., 4, 231-287.
- Parra, H. (2016). Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito.
- Reyes, P., & Michaud, F. (2012). Mapa geológico de la margen costera ecuatoriana. Quito.
- Reynaud, C., Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M., & Mascle, G. (1999). Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. ELSEVIER.
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., y Yepes, H. (2007). Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador.
- Sánchez, F. (1994). Los Terremotos y sus Causas. Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres físicos.
- Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2000). Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física (No. 551.1/. 4). Prentice Hall
- UNDRO, N. D. (1980). Vulnerability Analysis. In Report of Experts Group Meeting, Geneva.
- UNESCO. 2014. Gestión del Riesgo de Desastres para el Patrimonio Mundial. Francia
- Vera, R. (2013). Geology of Ecuador. Quito.
- Whitman R.V. (1973). Damage Probability Matrices for Prototype Buildings. Structures Publication 380. Department of Civil Engineering. Massachusetts Institute of Technology. Boston, Massachusetts.

- Winter, T., Avouac, J., & Lavenu, A. (1993). Late Quaternary Kinematics of the Pallatanga strike-slip fault (Central Ecuador) from topographic measurements of displaced morphological features. *Geophysical Journal International*.
- Yepes, H., Bertrand, G., & Chatelain, J.-L. (1994). Estudio del riesgo sísmico en Ecuador.

Referencias digitales:

- IGE. (30 de enero de 2012). Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/noticias/575-terremoto-de-esmeraldas-de-1906-uno-de-los-sismos-m%C3%A1s-grandes-la-historia>

ANEXOS

Anexo A: Tipologías constructivas definidas por Hazus (2003).

Tipología constructiva	Descripción	Rango	
		Altura	# pisos
W1	Madera, marco ligero ($\leq 465m^2$)		1 - 2
W2	Madera comercial e industrial ($>465m^2$)		All
S1L	Marco de acero con momento	Bajo	1 - 3
S1M		Medio	4 - 7
S1H		Alto	8+
S2L	Marco de acero reforzado	Bajo	1 - 3
S2M		Medio	4 - 7
S2H		Alto	8+
S3	Marco de acero ligero		All
S4L	Marco de acero con paredes de concreto	Bajo	1 - 3
S4M		Medio	4 - 7
S4H		Alto	8+
S5L	Marco de acero con paredes de mampostería sin reforzar	Bajo	1 - 3
S5M		Medio	4 - 7
S5H		Alto	8+
C1L	Marco de concreto con momento	Bajo	1 - 3
C1M		Medio	4 - 7
C1H		Alto	8+
C2L	Paredes de hormigón	Bajo	1 - 3
C2M		Medio	4 - 7
C2H		Alto	8+
C3L	Estructura de hormigón con paredes de relleno de mampostería sin refuerzo	Bajo	1 - 3
C3M		Medio	4 - 7
C3H		Alto	8+
PC1	Paredes de hormigón prefabricadas		Todos
PC2L	Marcos prefabricados de hormigón con paredes de hormigón	Bajo	1 - 3
PC2M		Medio	4 - 7
PC2H		Alto	8+
RM1L	Muros de soporte de mampostería reforzada con diafragmas de cubierta de madera o metal	Bajo	1 - 3
RM1M		Medio	4+
RM2L	Muros de soporte de mampostería reforzada con diafragmas de hormigón prefabricados	Bajo	1 - 3
RM2M		Medio	4 - 7
RM2H		Alto	8+
URLM	Muros de soporte de mampostería sin refuerzo	Bajo	1 - 2
URMM		Medio	3+
MH	Casas móviles		Todos

Anexo B: Datos catastrales proporcionados por el GAD de Durán.

GEOCODE	CODIGO_SECTOR	NOMBRE_SECTOR	NÚMERO_EDIFICACION	DESCRIPCION	ESTADO_VIVIENDA	MATERIAL DE LA ESTRUCTURA	AÑOS_CONSTRUCCIÓN	NÚMERO_PISOS
1.1.1.1.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	EDIFICIO RENTERO (3-4)	NO DEFINIDO	SIN DATA	1	3
1.1.1.10.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	Estructura Madera	10	2
1.1.1.10.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	2	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	Estructura Madera	10	1
1.1.1.10.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	3	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	Estructura Madera	10	1
1.1.1.11.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	20	2
1.1.1.11.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	2	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	15	2
1.1.1.12.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	Estructura Madera	15	1
1.1.1.12.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	2	HABITACIONAL ECONOMICA	BUENO	Estructura Madera	15	1
1.1.1.13.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	Paredes No tiene	10	1
1.1.1.14.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	10	2
1.1.1.14.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	10	2
1.1.1.14.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	1	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	10	2
1.1.1.14.0.0.0.0.0.0	1	CENTRO DE DURAN	2	HABITACIONAL MEDIO	BUENO	SIN DATA	10	2

Anexo C: Parámetros para la construcción de las curvas de capacidad por Hazus (2003).

Pre Code									
Tipología constructiva	Punto de fluencia				Punto de Capacidad última				Tf (s)
	Dy (in)	Ay (g)	Dy (m)	Ay (m/s2)	Du (in)	Au (g)	Du (m)	Au (m/s2)	
W1	0.24	0.2	0.0061	1.96	4.32	0.6	0.11	5.88	0.35
W2	0.16	0.1	0.0041	0.98	2.35	0.25	0.06	2.45	0.4
S1L	0.15	0.062	0.0038	0.61	2.75	0.187	0.07	1.83	0.5
S1M	0.44	0.039	0.0112	0.38	5.33	0.177	0.14	1.73	1.08
S1H	1.16	0.024	0.0295	0.24	10.84	0.073	0.28	0.72	2.21
S2L	0.16	0.1	0.0041	0.98	1.88	0.2	0.05	1.96	0.4
S2M	0.61	0.083	0.0155	0.81	4.85	0.167	0.12	1.64	0.86
S2H	1.94	0.063	0.0493	0.62	11.62	0.127	0.30	1.24	1.77
S3	0.16	0.1	0.0041	0.98	1.88	0.2	0.05	1.96	0.4
S4L	0.1	0.08	0.0025	0.78	1.3	0.18	0.03	1.76	0.35
S4M	0.27	0.067	0.0069	0.66	2.46	0.15	0.06	1.47	0.65
S4H	0.87	0.051	0.0221	0.50	5.88	0.114	0.15	1.12	1.32
S5L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.2	0.2	0.03	1.96	0.35
S5M	0.34	0.083	0.0086	0.81	2.27	0.167	0.06	1.64	0.65
S5H	1.09	0.063	0.0277	0.62	5.45	0.127	0.14	1.24	1.32
C1L	0.1	0.062	0.0025	0.61	1.76	0.187	0.04	1.83	0.4
C1M	0.29	0.052	0.0074	0.51	3.46	0.156	0.09	1.53	0.75
C1H	0.5	0.024	0.0127	0.24	4.52	0.073	0.11	0.72	1.45
C2L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.8	0.25	0.05	2.45	0.35
C2M	0.26	0.083	0.0066	0.81	2.6	0.208	0.07	2.04	0.56
C2H	0.74	0.063	0.0188	0.62	5.51	0.159	0.14	1.56	1.09
C3L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.35	0.255	0.03	2.50	0.35
C3M	0.26	0.083	0.0066	0.81	1.95	0.188	0.05	1.84	0.56
C3H	0.74	0.063	0.0188	0.62	4.13	0.143	0.10	1.40	1.09
PC1	0.18	0.15	0.0046	1.47	2.16	0.3	0.05	2.94	0.35
PC2L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.44	0.2	0.04	1.96	0.35
PC2M	0.26	0.083	0.0066	0.81	2.08	0.167	0.05	1.64	0.56
PC2H	0.74	0.063	0.0188	0.62	4.41	0.127	0.11	1.24	1.09
RM1L	0.16	0.133	0.0041	1.30	1.92	0.267	0.05	2.62	0.35
RM1M	0.35	0.111	0.0089	1.09	2.77	0.222	0.07	2.18	0.56
RM2L	0.16	0.133	0.0041	1.30	1.92	0.267	0.05	2.62	0.35
RM2M	0.35	0.111	0.0089	1.09	2.77	0.222	0.07	2.18	0.56
RM2H	0.98	0.085	0.0249	0.83	5.88	0.169	0.15	1.66	1.09
URLM	0.24	0.2	0.0061	1.96	2.4	0.4	0.06	3.92	0.35
URMM	0.27	0.111	0.0069	1.09	1.81	0.222	0.05	2.18	0.5
MH	0.18	0.15	0.0046	1.47	2.16	0.3	0.05	2.94	0.35

Low Code									
Tipología constructiva	Punto de fluencia				Punto de Capacidad última				Tf (s)
	Dy (in)	Ay (g)	Dy (m)	Ay (m/s2)	Du (in)	Au (g)	Du (m)	Au (m/s2)	
W1	0.24	0.2	0.0061	1.96	4.32	0.6	0.11	5.88	0.35
W2	0.16	0.1	0.0041	0.98	2.35	0.25	0.06	2.45	0.4
S1L	0.15	0.062	0.0038	0.61	2.29	0.187	0.06	1.83	0.5
S1M	0.44	0.039	0.0112	0.38	4.44	0.177	0.11	1.73	1.08
S1H	1.16	0.024	0.0295	0.24	8.73	0.073	0.22	0.72	2.21
S2L	0.16	0.1	0.0041	0.98	1.57	0.2	0.04	1.96	0.4
S2M	0.61	0.083	0.0155	0.81	4.04	0.167	0.10	1.64	0.86
S2H	1.94	0.063	0.0493	0.62	9.68	0.127	0.25	1.24	1.77
S3	0.16	0.1	0.0041	0.98	1.57	0.2	0.04	1.96	0.4
S4L	0.1	0.08	0.0025	0.78	1.08	0.18	0.03	1.76	0.35
S4M	0.27	0.067	0.0069	0.66	2.05	0.15	0.05	1.47	0.65
S4H	0.87	0.051	0.0221	0.50	4.9	0.114	0.12	1.12	1.32
S5L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.2	0.2	0.03	1.96	0.35
S5M	0.34	0.083	0.0086	0.81	2.27	0.167	0.06	1.64	0.65
S5H	1.09	0.063	0.0277	0.62	5.45	0.127	0.14	1.24	1.32
C1L	0.1	0.062	0.0025	0.61	1.47	0.187	0.04	1.83	0.4
C1M	0.29	0.052	0.0074	0.51	2.88	0.156	0.07	1.53	0.75
C1H	0.5	0.024	0.0127	0.24	3.77	0.073	0.10	0.72	1.45
C2L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.5	0.25	0.04	2.45	0.35
C2M	0.26	0.083	0.0066	0.81	2.16	0.208	0.05	2.04	0.56
C2H	0.74	0.063	0.0188	0.62	4.59	0.159	0.12	1.56	1.09
C3L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.35	0.255	0.03	2.50	0.35
C3M	0.26	0.083	0.0066	0.81	1.95	0.188	0.05	1.84	0.56
C3H	0.74	0.063	0.0188	0.62	4.13	0.143	0.10	1.40	1.09
PC1	0.18	0.15	0.0046	1.47	1.8	0.3	0.05	2.94	0.35
PC2L	0.12	0.1	0.0030	0.98	1.2	0.2	0.03	1.96	0.35
PC2M	0.26	0.083	0.0066	0.81	1.73	0.167	0.04	1.64	0.56
PC2H	0.74	0.063	0.0188	0.62	3.67	0.127	0.09	1.24	1.09
RM1L	0.16	0.133	0.0041	1.30	1.6	0.267	0.04	2.62	0.35
RM1M	0.35	0.111	0.0089	1.09	2.31	0.222	0.06	2.18	0.56
RM2L	0.16	0.133	0.0041	1.30	1.6	0.267	0.04	2.62	0.35
RM2M	0.35	0.111	0.0089	1.09	2.31	0.222	0.06	2.18	0.56
RM2H	0.98	0.085	0.0249	0.83	4.9	0.169	0.12	1.66	1.09
URLM	0.24	0.2	0.0061	1.96	2.4	0.4	0.06	3.92	0.35
URMM	0.27	0.111	0.0069	1.09	1.81	0.222	0.05	2.18	0.5
MH	0.18	0.15	0.0046	1.47	2.16	0.3	0.05	2.94	0.35

Moderate Code									
Tipología constructiva	Punto de fluencia				Punto de Capacidad última				Tf (s)
	Dy (in)	Ay (g)	Dy (m)	Ay (m/s2)	Du (in)	Au (g)	Du (m)	Au (m/s2)	
W1	0.36	0.3	0.0091	2.94	6.48	0.9	0.16	8.82	0.35
W2	0.31	0.2	0.0079	1.96	4.7	0.5	0.12	4.90	0.4
S1L	0.31	0.125	0.0079	1.23	5.5	0.375	0.14	3.68	0.5
S1M	0.89	0.078	0.0226	0.76	10.65	0.234	0.27	2.29	1.08
S1H	2.33	0.049	0.0592	0.48	20.96	0.147	0.53	1.44	2.21
S2L	0.31	0.2	0.0079	1.96	3.76	0.4	0.10	3.92	0.4
S2M	1.21	0.167	0.0307	1.64	9.7	0.333	0.25	3.26	0.86
S2H	3.87	0.127	0.0983	1.24	23.24	0.254	0.59	2.49	1.77
S3	0.31	0.2	0.0079	1.96	3.76	0.4	0.10	3.92	0.4
S4L	0.19	0.16	0.0048	1.57	2.59	0.36	0.07	3.53	0.35
S4M	0.55	0.133	0.0140	1.30	4.91	0.3	0.12	2.94	0.65
S4H	1.74	0.102	0.0442	1.00	11.76	0.228	0.30	2.23	1.32
S5L									0.35
S5M									0.65
S5H									1.32
C1L	0.2	0.125	0.0051	1.23	3.52	0.375	0.09	3.68	0.4
C1M	0.58	0.104	0.0147	1.02	6.91	0.312	0.18	3.06	0.75
C1H	1.01	0.049	0.0257	0.48	9.05	0.147	0.23	1.44	1.45
C2L	0.24	0.2	0.0061	1.96	3.6	0.5	0.09	4.90	0.35
C2M	0.52	0.167	0.0132	1.64	5.19	0.417	0.13	4.09	0.56
C2H	1.47	0.127	0.0373	1.24	11.02	0.317	0.28	3.11	1.09
C3L									0.35
C3M									0.56
C3H									1.09
PC1	0.36	0.3	0.0091	2.94	4.32	0.6	0.11	5.88	0.35
PC2L	0.24	0.2	0.0061	1.96	2.88	0.4	0.07	3.92	0.35
PC2M	0.52	0.167	0.0132	1.64	4.15	0.333	0.11	3.26	0.56
PC2H	1.47	0.127	0.0373	1.24	8.82	0.254	0.22	2.49	1.09
RM1L	0.32	0.267	0.0081	2.62	3.84	0.533	0.10	5.22	0.35
RM1M	0.69	0.222	0.0175	2.18	5.54	0.444	0.14	4.35	0.56
RM2L	0.32	0.267	0.0081	2.62	3.84	0.533	0.10	5.22	0.35
RM2M	0.69	0.222	0.0175	2.18	5.54	0.444	0.14	4.35	0.56
RM2H	1.96	0.169	0.0498	1.66	11.76	0.338	0.30	3.31	1.09
URLM									0.35
URMM									0.5
MH	0.18	0.15	0.0046	1.47	2.16	0.3	0.05	2.94	0.35

High Code									
Tipología constructiva	Punto de fluencia				Punto de Capacidad última				Tf (s)
	Dy (in)	Ay (g)	Dy (m)	Ay (m/s2)	Du (in)	Au (g)	Du (m)	Au (m/s2)	
W1	0.48	0.4	0.0122	3.92	11.51	1.2	0.29	11.76	0.35
W2	0.63	0.4	0.0160	3.92	12.53	1	0.32	9.80	0.4
S1L	0.61	0.25	0.0155	2.45	14.67	0.749	0.37	7.34	0.5
S1M	1.78	0.156	0.0452	1.53	28.4	0.468	0.72	4.59	1.08
S1H	4.66	0.098	0.1184	0.96	55.88	0.293	1.42	2.87	2.21
S2L	0.63	0.4	0.0160	3.92	10.02	0.8	0.25	7.84	0.4
S2M	2.43	0.333	0.0617	3.26	25.88	0.667	0.66	6.54	0.86
S2H	7.75	0.254	0.1969	2.49	61.97	0.508	1.57	4.98	1.77
S3	0.63	0.4	0.0160	3.92	10.02	0.8	0.25	7.84	0.4
S4L	0.38	0.32	0.0097	3.14	6.91	0.72	0.18	7.06	0.35
S4M	1.09	0.267	0.0277	2.62	13.1	0.6	0.33	5.88	0.65
S4H	3.49	0.203	0.0886	1.99	31.37	0.457	0.80	4.48	1.32
S5L									0.35
S5M									0.65
S5H									1.32
C1L	0.39	0.25	0.0099	2.45	9.39	0.749	0.24	7.34	0.4
C1M	1.15	0.208	0.0292	2.04	18.44	0.624	0.47	6.12	0.75
C1H	2.01	0.098	0.0511	0.96	24.13	0.293	0.61	2.87	1.45
C2L	0.48	0.4	0.0122	3.92	9.59	1	0.24	9.80	0.35
C2M	1.04	0.333	0.0264	3.26	13.84	0.833	0.35	8.16	0.56
C2H	2.94	0.254	0.0747	2.49	29.39	0.635	0.75	6.22	1.09
C3L									0.35
C3M									0.56
C3H									1.09
PC1	0.72	0.6	0.0183	5.88	11.51	1.2	0.29	11.76	0.35
PC2L	0.48	0.4	0.0122	3.92	7.67	0.8	0.19	7.84	0.35
PC2M	1.04	0.333	0.0264	3.26	11.07	0.667	0.28	6.54	0.56
PC2H	2.94	0.254	0.0747	2.49	23.52	0.508	0.60	4.98	1.09
RM1L	0.64	0.533	0.0163	5.22	10.23	1.066	0.26	10.45	0.35
RM1M	1.38	0.444	0.0351	4.35	14.76	0.889	0.37	8.71	0.56
RM2L	0.64	0.533	0.0163	5.22	10.23	1.066	0.26	10.45	0.35
RM2M	1.38	0.444	0.0351	4.35	14.76	0.889	0.37	8.71	0.56
RM2H	3.92	0.338	0.0996	3.31	31.35	0.667	0.80	6.54	1.09
URLM									0.35
URMM									0.5
MH	0.18	0.15	0.0046	1.47	2.16	0.3	0.05	2.94	0.35

Anexo D: Parámetros a utilizar en la estimación de la probabilidad de daño Hazus (2003).

Pre Code								
Tipología constructiva	Desplazamiento espectral							
	Leve		Moderado		Extensivo		Completo	
	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta
W1	1.0160	1.0100	2.5400	1.0500	7.8486	1.0700	19.2024	1.0600
W2	1.7526	1.0400	4.3434	0.9700	13.4366	0.9000	32.9184	0.9900
S1L	2.6416	0.8500	4.1910	0.8200	8.8900	0.8000	21.9456	0.9500
S1M	4.3942	0.7000	7.0104	0.7500	14.8336	0.8100	36.5760	0.9800
S1H	6.8580	0.6900	10.9220	0.7100	23.1394	0.8500	57.0484	0.9300
S2L	2.1844	1.0100	3.5052	0.9600	8.7884	0.8800	21.9456	0.9800
S2M	3.6576	0.7300	5.8420	0.7500	14.6304	0.8000	36.5760	0.9800
S2H	5.7150	0.7000	9.1186	0.7000	22.8346	0.8400	57.0484	0.9100
S3	1.0922	1.0600	1.7526	1.0300	4.3942	1.0700	12.0142	0.8900
S4L	1.7526	1.1100	2.8194	1.0300	7.0358	0.9900	19.2024	0.9800
S4M	2.9210	0.8100	4.6990	0.8000	11.7348	0.9400	32.0040	1.0000
S4H	4.5720	0.7300	7.3152	0.7500	18.3134	0.9000	49.9364	0.9700
S5L	1.3208	1.2000	2.6416	1.1100	6.5786	1.0800	15.3670	0.9500
S5M	2.1844	0.8500	4.3942	0.8300	10.9728	0.9400	25.6032	0.9900
S5H	3.4290	0.7200	6.8580	0.7500	17.1196	0.9200	39.9288	0.9600
C1L	1.8288	0.9800	2.9210	0.9400	7.3152	0.9000	18.2880	0.9700
C1M	3.0480	0.7300	4.8768	0.7700	12.1920	0.8300	30.4800	0.9800
C1H	4.3942	0.7100	7.0104	0.8000	17.5514	0.9400	43.8912	1.0100
C2L	1.4732	1.1100	2.7940	1.0900	7.2136	1.0700	18.2880	0.9300
C2M	2.4384	0.9000	4.6482	0.8300	12.0396	0.8000	30.4800	0.9800
C2H	3.5052	0.7300	6.7056	0.7500	17.3228	0.9200	43.8912	0.9700
C3L	1.0922	1.1900	2.1844	1.1500	5.4864	1.1500	12.8016	0.9200
C3M	1.8288	0.9000	3.6576	0.8600	9.1440	0.9000	21.3360	0.9600
C3H	2.6416	0.7300	5.2578	0.7500	13.1572	0.9000	30.7340	0.9500
PC1	1.0922	1.1400	1.7526	1.1400	4.3942	1.1700	12.0142	0.9800
PC2L	1.4732	1.1400	2.3368	1.1000	5.8674	1.1000	16.0020	0.9300
PC2M	2.4384	0.8700	3.9116	0.8300	9.7790	0.9100	26.6700	1.0000
PC2H	3.5052	0.7400	5.6134	0.7500	14.0970	0.9100	38.4048	0.9600
RM1L	1.4732	1.2000	2.3368	1.1700	5.8674	1.1700	16.0020	0.9400
RM1M	2.4384	0.9100	3.9116	0.8900	9.7790	0.8900	26.6700	0.9600
RM2L	1.4732	1.1400	2.3368	1.1000	5.8674	1.1500	16.0020	0.9200
RM2M	2.4384	0.8900	3.9116	0.8700	9.7790	0.8700	26.6700	0.9600
RM2H	3.5052	0.7500	5.6134	0.7500	14.0970	0.8400	38.4048	0.9400
URLM	0.8128	1.1500	1.6510	1.1900	4.1148	1.2000	9.6012	1.1800
URMM	1.2700	0.9900	2.5654	0.9700	6.4008	0.9000	14.9352	0.8800
MH	0.9652	1.1100	1.9558	1.1000	5.8420	0.9500	17.0688	0.9700

Low Code								
Tipología constructiva	Desplazamiento espectral							
	Leve		Moderado		Extensivo		Completo	
	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta
W1	1.2700	0.9300	3.1750	0.9800	9.3472	1.0200	24.0030	0.9900
W2	2.1844	0.9700	5.4356	0.9000	16.8148	0.8900	41.1480	0.9900
S1L	3.3020	0.7700	5.2578	0.7800	11.1252	0.7800	27.4320	0.9600
S1M	5.4864	0.6800	8.7376	0.7800	18.5420	0.8500	45.7200	0.9800
S1H	8.5598	0.6600	13.6398	0.7000	28.9052	0.7600	71.3232	0.9200
S2L	2.7432	0.9600	4.3942	0.8900	10.9728	0.8600	27.4320	0.9800
S2M	4.5720	0.7000	7.3152	0.7300	18.2880	0.8500	45.7200	0.9800
S2H	7.1374	0.6600	11.4046	0.6700	28.5242	0.7400	71.3232	0.9200
S3	1.3716	0.9800	2.2098	0.9900	5.5118	1.0100	15.0114	0.9000
S4L	2.1844	1.0500	3.5052	0.9800	8.8138	0.8900	24.0030	0.9800
S4M	3.6576	0.7600	5.8674	0.7800	14.6812	0.9000	40.0050	0.9900
S4H	5.7150	0.7000	9.1440	0.7500	22.8854	0.9000	62.4078	0.9800
S5L	1.6510	1.1100	3.3020	1.0400	8.2296	0.9900	19.2024	0.9500
S5M	2.7432	0.7700	5.4864	0.7900	13.7160	0.8700	32.0040	0.9800
S5H	4.2672	0.7000	8.5598	0.7300	21.3868	0.8900	49.9364	0.9700
C1L	2.2860	0.9500	3.6576	0.9100	9.1440	0.8500	22.8600	0.9700
C1M	3.8100	0.7000	6.0960	0.7400	15.2400	0.8600	38.1000	0.9800
C1H	5.4864	0.7000	8.7884	0.8100	21.9456	0.8900	54.8640	0.9800
C2L	1.8288	1.0400	3.4798	1.0200	9.0170	0.9900	22.8600	0.9500
C2M	3.0480	0.8200	5.8166	0.8100	15.0368	0.8100	38.1000	0.9900
C2H	4.3942	0.6800	8.3820	0.7300	21.6662	0.8400	54.8640	0.9500
C3L	1.3716	1.0900	2.7432	1.0700	6.8580	1.0800	16.0020	0.9100
C3M	2.2860	0.8500	4.5720	0.8300	11.4300	0.7900	26.6700	0.9800
C3H	3.3020	0.7100	6.5786	0.7400	16.4592	0.9000	38.4048	0.9700
PC1	1.3716	1.0000	2.2098	1.0500	5.5118	1.1200	15.0114	0.8900
PC2L	1.8288	1.0800	2.9210	1.0300	7.3406	0.9800	20.0152	0.9600
PC2M	3.0480	0.8100	4.8768	0.7900	12.2174	0.8400	33.3248	0.9900
PC2H	4.3942	0.7100	7.0358	0.7500	17.6022	0.8900	48.0060	0.9800
RM1L	1.8288	1.1100	2.9210	1.1000	7.3406	1.1000	20.0152	0.9200
RM1M	3.0480	0.8700	4.8768	0.8400	12.2174	0.7900	33.3248	0.9600
RM2L	1.8288	1.0500	2.9210	1.0700	7.3406	1.0900	20.0152	0.9100
RM2M	3.0480	0.8400	4.8768	0.8100	12.2174	0.7700	33.3248	0.9600
RM2H	4.3942	0.6900	7.0358	0.7200	17.6022	0.8700	48.0060	0.9600
URLM	1.0414	0.9900	2.0574	1.0500	5.1562	1.1000	12.0142	1.0800
URMM	1.6002	0.9100	3.2004	0.9200	8.0010	0.8700	18.6690	0.9100
MH	1.2192	0.9100	2.4384	1.0000	7.3152	1.0300	21.3360	0.9200

Moderate Code								
Tipología constructiva	Desplazamiento espectral							
	Leve		Moderado		Extensivo		Completo	
	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta	Media (cm)	Beta
W1	1.2700	0.8400	3.1750	0.8600	9.8044	0.8900	24.0030	1.0400
W2	2.1844	0.8900	5.4356	0.9500	16.8148	0.9500	41.1480	0.9200
S1L	3.3020	0.8000	5.6896	0.7500	12.9032	0.7400	32.9184	0.8800
S1M	5.4864	0.6500	9.4996	0.6800	21.4884	0.6900	54.8640	0.8700
S1H	8.5598	0.6400	14.8082	0.6400	33.5534	0.7100	85.5980	0.8300
S2L	2.7432	0.9300	4.7498	0.9200	12.8016	0.9300	32.9184	0.9300
S2M	4.5720	0.7000	7.9248	0.6900	21.3360	0.6900	54.8640	0.8900
S2H	7.1374	0.6600	12.3698	0.6400	33.2740	0.6900	85.5980	0.8000
S3	1.3716	0.8800	2.3876	0.9200	6.4008	0.9700	18.0086	0.8900
S4L	2.1844	0.9600	3.8100	1.0000	10.2616	1.0300	28.8036	0.9200
S4M	3.6576	0.7500	6.3500	0.7200	17.0942	0.7200	48.0060	0.9400
S4H	5.7150	0.6600	9.9060	0.6700	26.6700	0.7000	74.8792	0.9000
S5L								
S5M								
S5H								
C1L	2.2860	0.8900	3.9624	0.9000	10.6680	0.9000	27.4320	0.8900
C1M	3.8100	0.7000	6.6040	0.7000	17.7800	0.7000	45.7200	0.8900
C1H	5.4864	0.6600	9.4996	0.6600	25.6032	0.7600	65.8368	0.9100
C2L	1.8288	0.9100	3.8608	0.9700	10.5918	1.0300	27.4320	0.8700
C2M	3.0480	0.8100	6.4262	0.7700	17.6530	0.7300	45.7200	0.9100
C2H	4.3942	0.6600	9.2456	0.6800	25.4000	0.7000	65.8368	0.8700
C3L								
C3M								
C3H								
PC1	1.3716	0.8900	2.3876	0.9200	6.4008	0.9700	18.0086	1.0400
PC2L	1.8288	0.9600	3.1750	1.0000	8.5598	1.0300	24.0030	0.8800
PC2M	3.0480	0.8200	5.2832	0.7900	14.2494	0.7500	40.0050	0.9300
PC2H	4.3942	0.6800	7.6200	0.6900	20.5232	0.7700	57.6072	0.8900
RM1L	1.8288	0.9600	3.1750	0.9900	8.5598	1.0500	24.0030	0.9400
RM1M	3.0480	0.8100	5.2832	0.8200	14.2494	0.7500	40.0050	0.8900
RM2L	1.8288	0.9100	3.1750	0.9600	8.5598	1.0200	24.0030	0.9300
RM2M	3.0480	0.8100	5.2832	0.8000	14.2494	0.7500	40.0050	0.8800
RM2H	4.3942	0.6700	7.6200	0.6900	20.5232	0.7000	57.6072	0.8600
URLM								
URMM								
MH	1.2192	0.9100	2.4384	1.0000	7.3152	1.0300	21.3360	0.9200

High Code								
Tipología constructiva	Desplazamiento espectral							
	Leve		Moderado		Extensivo		Completo	
	Median (cm)	Beta	Median (cm)	Beta	Median (cm)	Beta	Median (cm)	Beta
W1	1.2700	0.8000	3.8354	0.8100	12.8016	0.8500	32.0040	0.9700
W2	2.1844	0.8100	6.5786	0.8800	21.9456	0.9000	54.8640	0.8300
S1L	3.3020	0.8000	6.5786	0.7600	16.4592	0.6900	43.8912	0.7200
S1M	5.4864	0.6500	10.9728	0.6600	27.4320	0.6700	73.1520	0.7400
S1H	8.5598	0.6400	17.1196	0.6400	42.7990	0.6500	114.1222	0.6700
S2L	2.7432	0.8100	5.4864	0.8900	16.4592	0.9400	43.8912	0.8300
S2M	4.5720	0.6700	9.1440	0.6700	27.4320	0.6800	73.1520	0.7900
S2H	7.1374	0.6300	14.2748	0.6300	42.7990	0.6400	114.1222	0.7100
S3	1.3716	0.8100	2.7432	0.8200	8.2296	0.9100	24.0030	0.9000
S4L	2.1844	0.8900	4.3942	0.8900	13.1572	0.9800	38.4048	0.8700
S4M	3.6576	0.7700	7.3152	0.7200	21.9456	0.7000	64.0080	0.8900
S4H	5.7150	0.6400	11.4046	0.6600	34.2392	0.6900	99.8474	0.7700
S5L								
S5M								
S5H								
C1L	2.2860	0.8100	4.5720	0.8400	13.7160	0.8600	36.5760	0.8100
C1M	3.8100	0.6800	7.6200	0.6700	22.8600	0.6800	60.9600	0.8100
C1H	5.4864	0.6600	10.9728	0.6400	32.9184	0.6700	87.7824	0.7800
C2L	1.8288	0.8100	4.5720	0.8400	13.7160	0.9300	36.5760	0.9200
C2M	3.0480	0.7400	7.6200	0.7700	22.8600	0.6800	60.9600	0.7700
C2H	4.3942	0.6800	10.9728	0.6500	32.9184	0.6600	87.7824	0.7500
C3L								
C3M								
C3H								
PC1	1.3716	0.7600	2.7432	0.8600	8.2296	0.8800	24.0030	0.9900
PC2L	1.8288	0.8400	3.6576	0.8800	10.9728	0.9800	32.0040	0.9400
PC2M	3.0480	0.7700	6.0960	0.8100	18.2880	0.7000	53.3400	0.8200
PC2H	4.3942	0.6400	8.7884	0.6600	26.3398	0.6800	76.8096	0.8100
RM1L	1.8288	0.8400	3.6576	0.8600	10.9728	0.9200	32.0040	1.0100
RM1M	3.0480	0.7100	6.0960	0.8100	18.2880	0.7600	53.3400	0.7500
RM2L	1.8288	0.8000	3.6576	0.8100	10.9728	0.9100	32.0040	0.9800
RM2M	3.0480	0.7100	6.0960	0.7900	18.2880	0.7000	53.3400	0.7300
RM2H	4.3942	0.6600	8.7884	0.6500	26.3398	0.6600	76.8096	0.7200
URLM								
URMM								
MH	1.2192	0.9100	2.4384	1.0000	7.3152	1.0300	21.3360	0.9200

Anexo E: Validación de resultados en el barrio Ferroviaria. Tabla comparativa de los datos facilitados por el GAD y los datos obtenidos en las encuestas de respuesta abierta.

Código catastral	Datos municipales					Datos validados Levantados por Encuestas de Respuesta Abierta				
	Material de Construcción	Descripción	Número de Pisos	Año de Construcción	Estado de la Edificación	Material de Construcción	Uso de la edificación	Número de Pisos	Año de Construcción	Estado de la Edificación
1.1.52.9.2.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	1	2011	Bueno
1.1.50.1.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	0	2016	NO DEFINIDO	Hormigón	Centro_De_Salud	1	2005	Bueno
1.1.52.13.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	3	2000	Bueno
1.1.49.15.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	1	1995	Bueno
1.1.52.9.1.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Iglesia	1	1990	Bueno
1.1.52.26.1.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1990	Regular
1.1.52.26.2.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Negocio/Vivienda	1	1990	Regular
1.1.52.11.2.2.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	0	2016	NO DEFINIDO	Hormigón	Vivienda	1	1985	Bueno
1.1.52.14.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Bueno
1.1.52.2.2.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Negocio/Vivienda	3	1985	Bueno
1.1.52.5.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Bueno
1.1.52.10.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	1	1985	Regular
1.1.52.11.1.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Regular
1.1.52.16.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Regular
1.1.52.2.1.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Regular
1.1.52.7.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Regular
1.1.52.8.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1985	Regular
1.1.49.10.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	1	1980	Bueno
1.1.49.11.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	3	1980	Bueno
1.1.52.14.0.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Negocio/Vivienda	3	1980	Bueno
1.1.52.21.1.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	1	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	2	1980	Bueno
1.1.52.23.2.0.0.0.0.0	SIN DATA	NULL	2	2006	BUENO	Hormigón	Vivienda	1	1980	Bueno