

POST-EARTHQUAKE EVALUATION OF THE BUILDINGS OF THE CITY OF MANTA AFTER THE EARTHQUAKE OF 16A

Jacqueline Domínguez Gutiérrez ⁽¹⁾, Kléber Xavier López Ramírez ⁽²⁾

⁽¹⁾Arquitecta, Doctora en Ciencias Técnicas. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). jacqueline.dominguez@uleam.edu.ec

⁽²⁾Ingeniero Civil. ing.kleberlopez@gmail.com

Received: June 2021. Accepted: November 2021. Published: December 2021

ABSTRACT

The Manta city was affected by one of the most severe seismic events in Ecuador, which occurred on April 16, 2016. The Richter magnitude correspond to 7.8 and its epicenter was taken place in the Jama- Pedernales area. After the seismic event, was necessary evaluated the structures in order to determine both the number of human beings deaths and the grade of collapse buildings. The supervision of the buildings represented one of the most important points since they were directly affected by this strong earthquake. With this research, it was determined based on the rapid evaluations of structures based on the Applied Technology Council " - ATC-20 and a statistical study of the variables, which were the factors that most influenced the behavior of buildings during the seismic event from 16A.

A total of 9546 rapid evaluations were analyzed, from which it was determined that 6485 homes within the city were affected, which represents 68% of the total data obtained and 9.6% of the total of the homes registered in Manta. A comparative analysis between variables generally revealed that as the number of floors increased, the effects were greater, the same ranging from single-story buildings with 66.37% to 5 or more floors with a total of 79% in relation to the homes evaluated, which allowed knowing the behavior of buildings in the city of Manta about to the effects of the earthquake of 16A.

Key Words: Earthquakes, Manta, 16A, Evaluation of structures.

EVALUACIÓN POS SISMO DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE MANTA LUEGO DEL TERREMOTO DEL 16A

RESUMEN

La ciudad de Manta en Ecuador fue afectada por uno de los eventos sísmicos de mayor impacto registrado en los últimos años dentro del país, mismo que aconteció el 16 de abril del 2016. El evento sísmico fue de magnitud 7.8 M_w y tuvo su epicentro en la zona de Jama Pedernales, el cual generó grandes pérdidas tanto materiales como de vidas humanas. Luego del evento sísmico se realizaron evaluaciones rápidas de estructuras en todas las zonas afectadas para determinar la cantidad de pérdidas, tanto de vidas humanas como de viviendas. La revisión de las edificaciones representó uno de los puntos más importantes, ya que incidían directamente en un alto riesgo para posibles colapsos de las edificaciones con las réplicas. Con la presente investigación se determinó en base a las evaluaciones rápidas de estructuras basadas en la Applied Technology Council " - ATC-20 y un estudio estadístico de las variables, cuáles fueron los factores que más incidieron en el comportamiento de las edificaciones durante el evento sísmico del 16A. Así mismo, se obtuvo un mapeo de variables de afectación para futuros estudios más detallados.

Se analizaron un total de 9546 evaluaciones rápidas, de las cuales se determinó que 6485 viviendas dentro de la ciudad tuvieron afectaciones, lo que representa el 68% del total de los datos obtenidos y el 9.6% del total de las viviendas catastradas en Manta. Un análisis comparativo entre variables permitió de manera general conocer que a medida que el número de pisos aumentaban, las afectaciones eran mayores, mismas que iban desde edificaciones de un piso con 66.37% hasta 5 o

más pisos con un total de 79% en relación con las viviendas evaluadas, lo que permitió conocer el comportamiento de las edificaciones en la ciudad de Manta por efectos del terremoto del 16A.

Palabras Claves: Sismos, Manta, 16A, Evaluación de estructuras.

1. INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de terremotos a lo largo del planeta ha destacado el valor de la prevención; los efectos de los sismos han sido sustancialmente reducidos en aquellos países en donde se ha implantado una cultura sismo resistente. Muchas edificaciones que fueron construidas en el pasado con normas y criterios de diseño sísmico menos exigentes a los actuales, han demostrado poseer una elevada vulnerabilidad y deben ser reforzadas, así como muchas edificaciones que no se acoplaron a ninguna normativa y fueron construidas de manera empírica. (López, 2014)

El sábado 16 de abril de 2016 todo el territorio ecuatoriano fue sorprendido por un sismo muy fuerte que alarmó a toda la población. La primera información fue emitida por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SNGR, 2016), en el cual mencionaba que fue un terremoto de magnitud 7.8 M_w y con epicentro cercano a los cantones de Jama y Pedernales, en la costa ecuatoriana en la provincia de Manabí.

La ciudad de Manta cuenta con una población aproximada de 226.477 habitantes, así mismo como un aproximado de 67.554 edificaciones en concordancia con los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC, 2010). Convirtiéndola así en la segunda ciudad más poblada y segunda en número de edificaciones en lo que respecta a la provincia de Manabí. Manta, ubicada a 140km desde el epicentro del sismo se reportaron severas afectaciones, con un alto grado de afectaciones en sus edificaciones y grandes pérdidas, tanto materiales como humanas, en lo detallado por (SNGR, 2016).

El uso de las metodologías de evaluaciones rápidas de estructuras permite inspeccionar y evaluar edificaciones de manera acelerada, y con un equipo técnico no tan amplio, ya que se entiende que luego de un evento sísmico el personal técnico calificado no hay en abundancia, esto lo expone (Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2002).

Efectos de los desastres naturales en el mundo

Los desastres naturales son considerados como los fenómenos que no son producidos por acción directa del hombre, se clasifican en: Meteorológicos, Geomorfológicos – Geológicos, Ecológicos, Medio Ambiente y Extraterrestres. (Capacci & Mangano, 2015). Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2017) estos son eventos que en la mayoría de los casos causan muertes, lesiones o daños en el orden cotidiano. Inmediatamente luego de ocurrido un desastre se podría decir que afecta a todos por igual. Se puede establecer que los terremotos, las sequías, las tormentas tropicales e inundaciones son los desastres naturales que mayores afectaciones generan a nivel mundial.

Bien se ha mencionado que uno de los principales desastres que afectan directamente a las edificaciones son los eventos geológicos, ya sean estos terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas, que en su acción directa sobre el suelo estas tienden a sufrir colapsos y daños a grandes escalas.

Como parte de los terremotos se puede hacer referencia al que sucedió en la ciudad de Kobe, Japón, en donde se vieron afectadas 6.900 estructuras aproximadamente, y con eso se produjo como efecto secundario alrededor de 150 incendios. De los registros geológicos e hidrometeorológicos, se obtiene que representan el 82% de las afectaciones, lo que claramente indica que los terremotos se llevan casi la totalidad de las afectaciones en cuanto a desastres se refiere, así mismo, esto desencadena en que el 97% de las muertes registradas sean por este tipo de desastres.

Diariamente ocurren cientos de sismos en el mundo, muchos de ellos de una escala muy baja que son imperceptibles para los sentidos humanos, otros en cambio, suelen ser tan devastadores que llegan a dejar a un país en el completo caos y desastre a nivel humanitario y económico. Alrededor del

80 % de los sismos ocurridos en el mundo suceden en las costas del pacifico, un área que recibe también el nombre de “Anillo de Fuego del Pacifico”, por la alta actividad sísmica que presenta (Geographic, 2010). Los terremotos de una escala de 8 grados de magnitud son pocos frecuentes pero la ocurrencia de estos deja grandes daños a nivel estructural y pérdidas humanas, las que bordean casi las 10.000 personas fallecidas al año (Geographic, 2010).

Desde los primeros tiempos del siglo XX se han utilizado varios términos para definir los “parámetros” que representan un sismo. Un terremoto, como fenómeno físico, viene determinado por lo que llamamos sus parámetros intrínsecos: “hora origen, coordenadas, y energía liberada o magnitud”. (Rodriguez De La torre, 1992)

Los eventos que han causado mayores pérdidas de vidas e infraestructuras en los últimos años a nivel mundial han ocurrido en los bordes de placas tectónicas, por ejemplo, se mencionan: los terremotos de México en el año 1985 de magnitud Richter M 8,1 M_w ; en Kobe (Japón), el 05 de enero de 1995 de M 7,2; en Izmit (Turquía) el 17 de agosto de 1999 de M 7,8; en El Salvador el 14 de enero de 2001 de M 7,6; en India el 26 de enero de 2001 de M 7,9 y en Indonesia el 26 de diciembre de 2004, el que se considera hasta el presente uno de los más fuertes, ya que alcanzó la magnitud M 9,2.

Efectos de los terremotos en las edificaciones

Se conoce claramente que los sismos o terremotos son fenómenos que liberan energía interna que posee la tierra, misma que se libera en forma de ondas sísmicas, que al interactuar con las capas superficiales y las construcciones que están sobre ellas genera que las edificaciones sufran grandes daños y en algunos casos llegaran a colapsar. Se pueden producir fallas no estructurales pero que afectan directamente a la capacidad de habitabilidad que posee esa edificación. Mundialmente, las estructuras mitigan este tipo de efectos que causan los sismos, a través de elementos sismos resistentes, tales como aisladores sísmicos, disipadores de energía, y diseños de ductilidad. Para clasificar los daños según sus efectos se utiliza lo planteado por Arancibia (2007), en el cual especifica los tipos de daños.

- ✓ Efectos sobre edificaciones: Daños graves: colapso de construcciones de mala calidad, destrucción y derrumbamiento parciales de edificaciones, incendios, inundaciones por roturas de embalses. Daños ligeros: fisuras en muros, pérdida de revestimientos, caídas de muebles, daños en mampostería, daños parciales en vías de comunicación debido a asentamientos.
- ✓ Efectos sobre el terreno: grietas en el suelo, asentamientos diferenciales de suelo, licuefacción, desplazamiento de terrenos a lo largo de falla geológicas y maremotos o tsunamis.
- ✓ Efectos derivados de reacciones y actividades humanas: pánico, aglomeraciones, accidentes de tránsito; acciones impensadas sobre construcciones colapsadas e inadecuadas.

Los daños dependen de una serie de factores asociados a las edificaciones, entre ellos la calidad de la estructura y su proceso constructivo, así mismo de las zonas en donde están construidas, asociado a los suelos (Oleas Escalante & Santana Chávez, 2019), (Serrano Vizúete & Zambrano Mejía, 2019) y de los componentes no estructurales de la obra.

Entre los daños más frecuentes se tienen: deformación de la estructura; resonancia o sincronismo; golpeteo entre edificios adosados; daños por columna corta; falla por falta de acero de refuerzo de confinamiento; piso blando, falla de diseño por mala distribución de masas, poca rigidez por las aberturas de ventanas, suelos saturados, con depósitos aluviales o cercanos a las márgenes del río (Aguiar & Miele, 2016).

A continuación (Figura 1 a la Figura 30) se puede apreciar el impacto del terremoto del 16A en la Zona 0 de Manta, Ecuador. Según (Aguiar, y otros, 2017) y (Aguiar, y otros, 2018) las fallas más comunes estuvieron asociadas a: malos diseños estructurales, falta de control técnico en la construcción, efectos importantes de amplificación de las ondas sísmicas en lugares donde el período de vibración del suelo es mayor a 0.7 segundos y la velocidad de la onda de corte tiene valores entre 180 y 220 m/s.; así como a la necesidad de elevar la relación entre la altura del edificio y el período de vibración de la estructura (relación H/T) que es baja y que tiene que ser por lo menos del orden de 20.



Figura 1: Autoservicio Valarezo



Figura 2: Diagonal del Gran Akí



Figura 3: Hotel Felipe Navarrete



Figura 4: Banco Pichincha Sucursal Tarqui



Figura 5: Centro Comercial Felipe Navarrete



Figura 6: Clínica Manta



Figura 7: Edificio Adrianita



Figura 8: Federación de Artesanos Profesionales de Manta



Figura 9: Ferretería el Constructor



Figura 10: Hostal Arrecife



Figura 11: Hotel Umiña



Figura 12: Hostal El Ancla



Figura 13: Hostal Mayita 2



Figura 14: Hostal Astorias 1 y 2



Figura 15: Hotel Lun Fun



Figura 16: Hotel Miami



Figura 17: Hotel Panorama



Figura 18: Hostal del Mar



Figura 19: Lavadora Lubricadora Popular



Figura 20: Unidad Educativa Leonie Aviat



Figura 21: IESS Manta



Figura 22: Avenida 107



Figura 23: Avenida 4 de Noviembre



Figura 24: Avenida 106



Figura 25: Avenida 109



Figura 26: Avenida 113



Figura 27: Avenida J-1



Figura 28: Calle 103



Figura 29: Calle 104



Figura 30: Avenida 105

Peligrosidad y daño sísmico

Se definen varios términos asociados a la actividad sísmica, así como en riesgo que implican.

- ✓ **Peligrosidad sísmica:** se la conoce como la probabilidad de excedencia de un cierto valor de la intensidad de movimiento del suelo producido por un terremoto (Benito & Jiménez, 1999), en el que les da a entender sobre la importancia de las clasificaciones de los suelos y sus características previas a realizar una construcción, misma que indicarán las diversas medidas a considerar para edificar en ciertas zonas; según la cual la peligrosidad H (de Hazard) se representa por medio de una función de probabilidad del parámetro indicativo de la intensidad del movimiento, x , en un emplazamiento, mediante ecuación (1):

$$H = P [x(s) \geq x_0; t] \quad (1)$$

Donde: P representa la probabilidad de superación de un valor umbral x_0 del parámetro elegido durante un tiempo t .

- ✓ **Vulnerabilidad Sísmica:** se define como la probabilidad de daño que pueda sufrir una estructura sometida a un determinado impulso sísmico, o al mismo tiempo se establece como el porcentaje de daño o afectaciones posibles según el grado del sismo y las zonas en que se presenten. (Sandi, 1986)
- ✓ **Riesgo Sísmico:** son las afectaciones económicas y sociales que puede llegar a producir un terremoto, en base a fallas estructurales o colapsos de edificaciones. (Comunidad Andina, 2009)
- ✓ **Pérdidas Sísmicas:** es la valoración (en dinero) de los costos materiales y pérdidas humanas producidas por la ocurrencia de un terremoto, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las edificaciones e infraestructuras. (Delgado Marchal, 2021)

Esos conceptos nacen desde la propuesta planteada por la UNESCO en 1980, en donde indican que el riesgo sísmico es la asociación de todos los demás términos planteada en la ecuación (2):

$$\text{Riesgo Sísmico} = \text{Peligrosidad Sísmica} * \text{Vulnerabilidad Sísmica} * \text{Pérdidas Sísmicas} \quad (2)$$

Definiéndolo como “el grado de pérdida de un elemento o un grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento sísmico desastroso” (Oliveres, 2003).

En el caso de la peligrosidad sísmica son utilizados varios métodos que se clasifican en deterministas (Figura 31 (a)) y probabilistas (Figura 32 (b)) (Benito & Jiménez, 1999). Los métodos deterministas fueron los primeros desarrollados, y tienen por objetivo obtener la acción sísmica en el

emplazamiento, sin proporcionar información sobre su periodo de retorno. Tampoco analizan las incertidumbres introducidas en el proceso de cálculo, ni contienen criterios claros que permitan asegurar que el sismo obtenido sea el máximo esperable, lo que lleva con frecuencia a introducir conservadurismos excesivos. A pesar de esos inconvenientes, su uso ha sido generalizado durante dos décadas, a partir de los años 60, y han sido recomendados por normativas como el Apéndice A de la 10CFR100 para centrales nucleares. Por su parte los métodos probabilistas comenzaron a desarrollarse a finales de los 60, teniendo ya por objetivo estimar las acciones sísmicas en el emplazamiento con una probabilidad asociada, lo que permite diseñar una construcción para cualquier nivel de riesgo aceptable; así como llevar a cabo un análisis de las incertidumbres derivadas de la aplicación de las distintas opciones de cálculo (Bernreuter y cols, 1989).

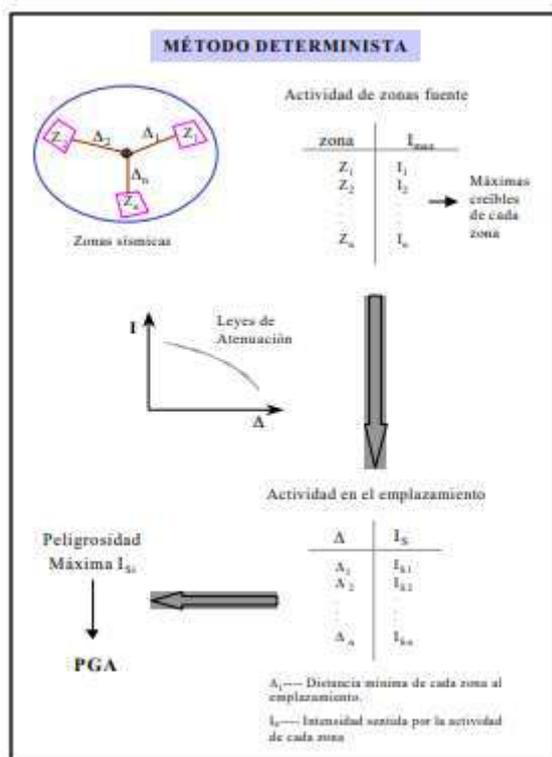


Figura 31(a): - Esquema de los métodos de cálculo Determinista de la peligrosidad sísmica (Benito & Jiménez, 1999)

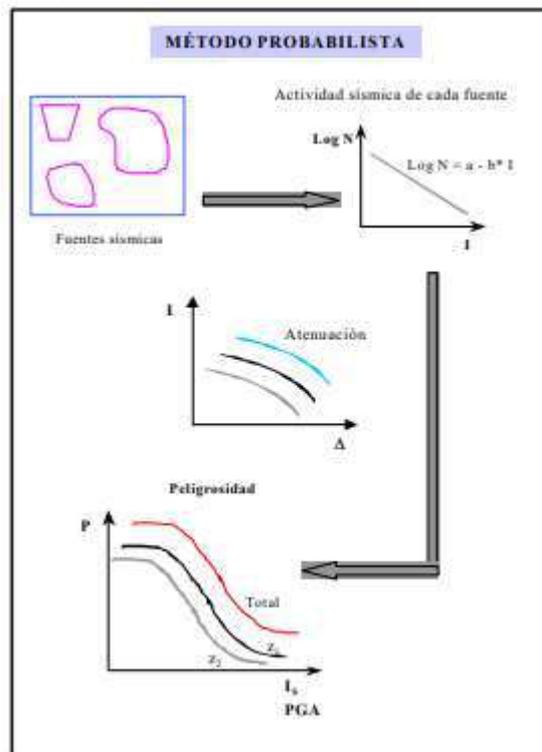


Figura 321 (b): - Esquema de los métodos de cálculo Probabilistas de la peligrosidad sísmica (Benito & Jiménez, 1999)

La terminología de daño se usa muy a menudo en todas las metodologías de evaluación de vulnerabilidad, pero según Yepez (1996) clasifica los daños que pudieran ocurrir en una edificación como daño físico y daño económico; asumiendo el daño físico como los daños que va a sufrir la estructura a nivel estructural y a nivel de elementos no estructurales y el daño económico como el gasto o costo que llevará recuperar la habitabilidad de una edificación, sistemas sanitarios, eléctricos, también, se encuentran dentro de esta clasificación a los enseres dañados durante el evento sísmico.

Existen varias escalas que se indican en la Tabla 1 para determinar los grados de daños en una edificación, sin embargo, en su mayoría se utilizan solo cinco grados de daños, en relación con la escala macro sísmica Europea EMS (Grünthal, 1998); la cual define estos 5 grados de daño general asociados a patrones predefinidos, tanto para sistemas de mampostería como para sistemas porticados de hormigón armado. Se podrían utilizar más combinaciones, pero el autor basa su estudio en las variables presentadas.

Tabla 1: Grado de daños / escala de intensidades EMS-98

Grado de daño	Descripción Cualitativa	Daño Estructural	Daño no Estructural
Grado 1	Daño leve a despreciable	Sin daño	Ligero
Grado 2	Daño moderado	Ligero	Moderado
Grado 3	Daño sustancial	Moderado	Severo
Grado 4	Daño sustancial a severo	Severo	Muy Severo
Grado 5	Destrucción	Muy Severo	----

Para obtener un análisis más detallado de daño, se utiliza un estudio en donde se asocia el comportamiento dinámico no lineal de la estructura con un sismo de un grado significativo.

Caracterización de Ecuador

El Ecuador, situado al noreste de América del Sur, es uno de los países más pequeños clasificando como el segundo en donde existe la mayor cantidad de fallas. Está atravesado por una gran falla geológica, producto de la subducción de la placa de Nazca, en el océano, con la placa Sudamericana. Este proceso origina una falla geológica en el borde continental, de las que se desprenden fracturas que causa liberación de energía por medio de sismos. El territorio ecuatoriano se extiende por territorio continental desde 81° W hasta 75°W en longitud y 1.25° N hasta 5° S en latitud, aproximadamente.

La dinámica de la región ha generado un sistema de fallas denominado Sistema Mayor Dextral según Alvarado (2012), el mismo que concentra la mayor cantidad de fallas y pliegues en la región de la Sierra ecuatoriana. El Ecuador está relacionado directamente con dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca) y las corticales (superficiales). En cada fuente existe el efecto de acumulación y liberación de energía, muy independiente de lo que sucede a las otras fuentes.

Al 2019 el Ecuador registra 12 terremotos, entre los más significativos se encuentran el Terremoto Ecuador y Colombia de 1906 (8.8 M_w – 1500 muertes); Terremoto de Riobamba de 1797 (8.3 M_w -40.000 muertes) y los terremotos de Ambato y Manabí, ambos de 8.0 M_w , en los años 1949 y 1964 respectivamente. Al hacer un análisis general podemos decir que el Ecuador ha soportado un sismo de gran magnitud cada 15 años aproximadamente, lo que deja un gran campo de investigación para poder prevenir futuras catástrofes dentro de los territorios. (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2007).

La zona costera del Ecuador en la que está ubicada la provincia de Manabí, se han registrado sismos considerables en los últimos 20 años, se tiene como una referencia clara el sismo de la ciudad de Bahía de Caráquez en el 1998 y en el 2016 el sismo de la ciudad de Pedernales. Ambos sismos superaron la magnitud de 7 M_w , con grandes pérdidas a nivel económico y a nivel estructural. Uno de los sectores que más sufrió por el accionar de ambos terremotos fue el sector turístico, ya que la provincia se caracteriza por ser un lugar de visita de turistas nacionales y extranjeros. Sin alejarse mucho de las zonas de Manabí, un poco más al norte, en la provincia de Esmeraldas, se registró uno de los sismos más fuertes en la historia de la costa ecuatoriana, con una magnitud de 8.8 M_w en el año de 1906, que registró el epicentro en las costas de Esmeraldas y Colombia. A partir del sismo de 1906, cabe destacar otros eventos como los sismos de mayo de 1942, con magnitud de 7.8 M_w , el sismo de 1958 de magnitud 7.7 y el de diciembre de 1979 de magnitud 8.2. (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2007).

El sismo de Pedernales fue un sismo que ocurrió a las 18:58 del 16 de abril del 2016, con un epicentro en las parroquias de Cojimíes y Pedernales de la provincia de Manabí, con una magnitud de 7.8 M_w en la escala de Richter y grado IX en la escala de Mercalli. Constituye el sismo más fuerte sentido en el país desde el terremoto de Colombia de 1906, el más destructivo desde los terremotos de Ecuador de 1987 y el cuarto más grande (en magnitud) del año 2016. (IGEPM, 2016). El sismo de Pedernales fue sucedido por un sismo con una magnitud de 4.8 M_w 11 minutos después de ocurrido el primer sismo, adicional se dieron 3741 réplicas durante varias semanas posteriores al mismo. (IGEPN, 2016). Este sismo dejó un saldo de 673 fallecidos, y 32351 viviendas afectadas. (IGEPM, 2016)

El cantón de Manta se encuentra en la costa del Océano Pacífico, geológicamente la zona se caracteriza por un afloramiento de rocas de diverso origen, dentro de un amplio rango de edades, que van desde el Cretácico superior hasta el cuaternario actual. Se encuentra expuesto a niveles de alta y

mediana susceptibilidad a movimientos de masas (Figura 33 (a) y (b)) (CADS-ESPOL, 2013). Entre los poblados que se encuentran al nivel más alto de amenazas se tiene a las parroquias Santa Marianita, San Lorenzo y la parte rural de Manta; con la particularidad que dentro de esta zona se encuentra la Vía Spondylus, uno de los elementos esenciales para el desarrollo y funcionamiento del cantón.

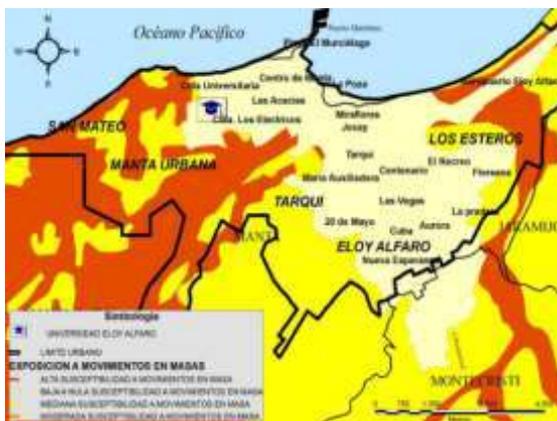


Figura 332 (a): Mapa de amenazas de deslizamiento (CADS-ESPOL, 2013)



Figura 343 (b): Mapa de amenazas de sismo y edificaciones esenciales de la ciudad de Manta. (CADS-ESPOL, 2013)

En el año 2005 se registró un enjambre sísmico (Figura) entre los meses de enero y mayo, sobre la margen centro – ecuatoriana (entre 0.5° S y 2.0° S). Este enjambre se caracterizó por la ocurrencia de cuatro eventos de magnitud 6+, 11 entre 5 y 5.9 y alrededor de 470 sismos de magnitud entre 4 y 4.9. (Vaca, Béthoux, & Regnier, 2009).

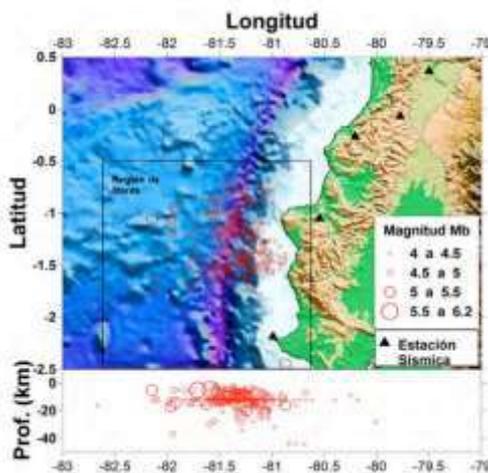


Figura 33: Registros del enjambre sísmico de la ciudad de Manta 2005. (Vaca, Béthoux, & Regnier, 2009)

Entre agosto y septiembre del 2010 se instaló una red de 24 OBS (sismómetros de fondo marino) y de 16 estaciones sismológicas con el fin de registrar los eventos sísmicos que ocurren las costas Manteses, la misma que registro alrededor de 500 eventos sísmicos, la mayoría con Mb=4, en un periodo estándar. (Vaca, Béthoux, & Regnier, 2009).

Evaluación de edificaciones ante desastres naturales

Por intermedio de las mismas evaluaciones las autoridades podrán determinar qué cantidad de daño a nivel de viviendas y a nivel macroeconómico se tienen en el sitio, y poder plantear acciones para el bienestar de los ciudadanos. Según Mena (2015) en su informe, indica que los desastres geológicos e hidrometeorológicos son los que mayor afectación a las edificaciones se tiene, por lo cual, será importante introducirse en el campo de los eventos sísmicos para poder darle un mayor enfoque a la investigación.

En el desarrollo de las metodologías para la evaluación de daños post eventos sísmicos se desatacan las elaboradas por: exrepública Yugoslava de Macedonia, Estados Unidos (California), Japón, México, Italia, Turquía, Grecia y Colombia. A nivel mundial todas las metodologías sufren actualizaciones en base a la ocurrencia de nuevos registros sísmicos, lo que ayuda a mejorar los conocimientos luego de cada evento, muchas metodologías han logrado que se determine una clasificación para las mismas, estas son: Evaluación Rápida; Evaluación Detallada y Evaluación de Ingeniería. (López, 2021)

Los principales elementos para una metodología de evaluación de daños son: la clasificación de los daños, la definición de las posibilidades de uso de los edificios que sufrieron daños, la organización para la recogida de datos y el análisis y procesamiento de la información. (Carreño, Cardona, & Barbat, 2011). Uno de los métodos actualizados es la evaluación de desastres naturales por medio de imágenes satelitales. Estas permiten evaluar el estado general de una edificación desde otro punto de vista. Ante el comportamiento sísmico, se tiene en cuenta tres aspectos importantes: los elementos estructurales, los elementos no estructurales, y las condiciones del suelo. Otro punto para tener en consideración es como la estructura se encontraba antes del evento sísmico, en relación con la calidad de materiales y sus procesos constructivos.

Los métodos de evaluación de ingeniería se caracterizan por ser un estudio más profundo, y requiere pruebas o ensayos que conllevan mayor cantidad de muestreos para obtener una evaluación completamente segura, y al mismo tiempo poder aplicar un trabajo de rehabilitación. Dentro de las diversas metodologías que se usan a nivel mundial y que se establecen en la

Tabla 2, Carreño Tibaduiza, Barbat, y Cardona en el año 2005, mencionan los elementos examinados en cada formulario sobre las inspecciones de daños en edificaciones a lo largo de los tiempos.

Tabla 2: Análisis sobre la inspección de los daños del edificio en los formularios de evaluación detallada

Condición peligrosa	Elementos examinados	Yugoslavia (1984)	ATC-20-2 (1995)	Japón (1985)	México (1998)	Italia (2000)	Colombia (2002)
Estructura en general	Colapso parcial o total	X	X	X	X		X
	Inclinación del edificio o de uno de sus niveles		X	X	X		X
	Otros		X		X		X
Elementos estructurales	Cimentación		X	X	X		
	Techos y pisos	X	X	X	X	X	
	Pilares, pilastras	X	X	X	X		X
	Diafragmas y elementos horizontales.		X		X	X	X
	Muros y elementos verticales	X	X		X	X	X
	Pórticos resistentes a momentos		X		X		
	Otros		X			X	X

Condición peligrosa	Elementos examinados	Yugoslavia (1984)	ATC-20-2 (1995)	Japón (1985)	México (1998)	Italia (2000)	Colombia (2002)
Elementos no estructurales	Parapetos/ ornamentación		X		X	X	X
	Ventanas		X		X		
	Cielo raso y luces		X		X	X	
	Muros interiores/particiones	X	X	X	X		X
	Ascensores		X		X		
	Escaleras y salidas	X	X	X	X		X
	Chimeneas		X			X	
	Instalaciones eléctricas y de gas	X	X		X	X	X
	Otros		X		X	X	X
Geo-técnicos	Fallos de laderas	X	X				X
	Movimientos de suelos, grietas	X	X	X	X	X	X
	Otros		X			X	

En base al estudio que presentan los investigadores se puede determinar que las metodologías que más extensión y análisis contiene es la de la ATC-20-2(1995) y la de México (1988), tomando en cuenta que son muy parecidas y se asumió que los formularios mexicanos usaron en gran cantidad las bases del ATC.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda, (MIDUVI, 2016), elaboró un manual para la evaluación de edificaciones post terremotos, en la que considera como importante analizar los siguientes aspectos: configuración estructural; configuración estructural en planta; configuración estructural en elevación y otros problemas de irregularidad en estructuras. En estos cuatro puntos se abarca un amplio análisis de la estructura para determinar su estado y su porcentaje de daño ocasionado por el evento sísmico, de tal manera que se recomienda como fundamental el análisis de los peligros sísmicos de sitio, para que con ello se pueda obtener una mejor caracterización de los efectos del sismo en cada zona. En cuanto a la dinámica para proceder al levantamiento de la información, la CEPAL en su informe económico para América Latina y el Caribe, plantea una muy acertada secuencia detalla de intervención, la cual va desde el ordenamiento del equipo interventor hasta el análisis de los resultados.

Como se ha mencionado, un sismo puede causar afectaciones severas en edificaciones de todo tipo, entre las cuales se pueden presentar daños en elementos estructurales y/o arquitectónicos como: mampostería, revestimientos en general, cubiertas, etc., los cuales incluso pueden llegar a desprenderse y caer. También se indica que, si no se verifica rápidamente la habitabilidad de las estructuras luego del evento, se puede comprometer la integridad de los habitantes de las edificaciones afectadas que continúan en uso. (MIDUVI, 2016)

Son varios los formularios utilizados, muchos de ellos adaptados inicialmente a la metodología italiana y mexicana, en la que realizan una evaluación de manera visual de las edificaciones dentro de una zona determinada, el resultado de estas evaluaciones será un informe detallado de número de edificaciones afectadas y otro tipo de daños relacionados.

Los procedimientos comunes que se utilizan en cuanto a la marcación de las edificaciones evaluadas luego de un evento sísmico suelen ser catalogadas según la metodología del semáforo. Los colores que utilizan están representados por el verde, amarillo y rojo en el significado de habitabilidad según lo presenta el (MIDUVI, 2016) y en el que se indican las categorías de inspeccionada, uso restringido e inseguro, asignándole como resultado final una pancarta de colores como se las puede apreciar en la

Tabla 3, según el criterio de marcación que se haya obtenido respectivamente.

Tabla 3: Criterios de marcación
Uso Restringido

Inspeccionada	Uso Restringido	Inseguro
<p>Representa que los daños en esta edificación no son de mayor consideración, y está totalmente apta para ser habitada por las familias nuevamente. Se representará con una pancarta verde.</p>	<p>Representa a las edificaciones que han presentado daños considerables y aún presentan riesgo de colapso en elementos no estructurales. Se representará con una pancarta amarilla.</p>	<p>Cuando los evaluadores identifican una edificación con alta afectación en elementos estructurales o que presenten colapsos parciales o totales. Los daños visualizados son de gran magnitud, y su habitabilidad es nula, por lo cual si el caso lo amerita se declara una vivienda para demolición. Se representará con una pancarta roja.</p>
		

2. Metodología

El estudio se centró en la zona urbana de la ciudad de Manta, la cual posee una alta vulnerabilidad ante desastres naturales, con énfasis en eventos sísmicos. La zona de estudio estuvo comprendida por las parroquias urbanas: Manta, Tarqui, Eloy Alfaro, Los Esteros y San Mateo; en la cual existe una población de 257.553 habitantes urbanos, según los datos que registra INEC (2010), distribuido en un total de 91.698 predios urbanos acorde a la información que se posee (MANTA, 2021).

Se consideraron todas las edificaciones de las zonas urbanas de Manta sin importar su estado, niveles de pisos, tipos de construcciones u otro elemento característico. No se consideró la relación de habitantes por edificaciones, ni de datos de población, lo cual se enmarca en una característica censal no correspondientes al presente estudio.

La muestra de análisis fue enfocada directamente a las características físicas de las edificaciones de la ciudad de Manta, desde el punto de vista observable, tal como lo indica el formulario que se utilizó en las evaluaciones rápidas (

Tabla 4). Dentro de los formularios de evaluación rápida de edificaciones existen varios criterios para determinar la habitabilidad de estas, por lo cual, el estudio se centró en las variables estructurales y no estructurales. Lo que permitió tener una macro idea del estado total, y sectorizado de las edificaciones de la ciudad con su nivel de habitabilidad, fallas en elementos estructurales y no estructurales visibles, números de pisos y sus tipos de construcción.

Tabla 4: Criterios básicos de la evaluación rápida de estructuras

Condición	Fijación
El edificio ha colapsado, se derrumbó parcialmente o se ha movido de su fundación.	Peligroso
El edificio o cualquier planta esta significativamente fuera de plomo.	
Evidente daño severo en miembros estructurales primarios, graves grietas en paredes, u otros signos de sobre esfuerzo severo presente.	
Evidente amenaza de caída de parapeto, chimenea, o de cualquier otro elemento.	Área Insegura
Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo de suelo o desplazamiento de ladera.	Peligroso
Otros peligros presentes (derrames tóxicos, contaminación por asbesto, rotura de tubería de gas, tendido eléctrico caído).	Peligroso o Área Insegura

La base de datos utilizada fue tomada de las evaluaciones rápidas de estructuras, mismas que realizó el Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda (MIDUVI) durante los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto, luego de ocurrido el evento sísmico del 16 de abril del 2016, a través de su personal técnico y voluntario afines a las áreas de ingeniería y arquitectura. Se contó con diversos ítems de evaluación, tales como: información geográfica, identificación de propietarios, inspector evaluador, hora y fecha de evaluación, áreas evaluadas, estado general post evento sísmico, elementos afectados, fotografías, comentarios y acciones a tomar para la conservación segura de la edificación y de las familias que la habitaban.

Se logró obtener 10.001 evaluaciones rápidas de estructuras en la ciudad de Manta, misma que fue proporcionada por MIDUVI Manabí mediante certificación correspondiente para su uso y manejo del presente trabajo de investigación. La recolección de información en campo se la clasificó en dos procesos, la primera de materiales e insumos físicos, a través de los formularios de evaluación rápida de estructuras, y el segundo, con el uso de la tecnología mediante el uso de la aplicación para celulares GeoDK Collect en la cual, por medio de un formulario digital se alimentó la base de datos de toda la provincia.

Se consideró la totalidad de las parroquias urbanas tales como: Manta, Los Esteros, Tarqui; Eloy Alfaro y San Mateo. Los datos pertenecientes a las parroquias rurales se mostraron en varios mapas para efecto de visualización de los alcances en cuanto a territorio se refiere, mas no fueron utilizadas en el análisis por parroquia.

Cada edificación se evaluó según los parámetros establecidos previamente en documentos oficiales, así mismo, como en los parámetros establecidos, para manejar las condiciones observables desde el exterior de la edificación, ya sea porque fueron criterios que, individual o colectivamente, eran suficientes para asegurar si una estructura es peligrosa o tiene la posibilidad de colapso. Los evaluadores consideraron daños fácilmente observables, zonas con daños estructurales, colapsos parciales, pérdida de plomos o verticalidad y condiciones geotécnicas. Una de las parroquias con mayor énfasis fue la de Tarqui, ya que en ella estaba ubicada la conocida "Zona Cero", y debido a la magnitud de afectaciones y pérdidas humanas que aquí se provocaron, era necesario una evaluación del 100% de estas.

El formulario de evaluación rápida de edificaciones para realizar las inspecciones de las viviendas luego del evento sísmico del 16A, fue una adaptación del "Applied Technology Council" – ATC-20 utilizado a nivel mundial para acciones de evaluación rápida luego de desastres naturales. Con los parámetros del mencionado formulario, se obtuvo el modelo oficial para las evaluaciones que fueron tomadas en la ciudad de Manta.

Inicialmente se utilizaron varios modelos implementados por la Escuela Politécnica Nacional (EPN), quienes abordaron las evaluaciones con su personal docente y estudiantil durante los primeros días. Una vez conformado los equipos de evaluación coordinados por el MIDUVI, se procedió a estandarizar el formulario de evaluación. El llenado de los formularios de evaluación rápida de estructuras contempló varias secciones entre ellas: datos del evaluador, ubicación de la edificación, datos de la edificación, evaluación, marcación de daño, futuras acciones.

Otro de los medio utilizados fue el uso de la aplicación para Smartphone GeoDK, en la cual por medio del formulario de evaluación rápida se ingresaban los datos a una plataforma digital, acompañada de fotografías de los daños más relevantes de cada edificación. Estos formularios una vez llenados se recolectaron en las oficinas técnicas de cada cantón, en donde se les realizó una validación de la información para su posterior archivo.

Las edificaciones se evaluaron dentro de varios parámetros anteriormente identificados en el formulario de evaluación rápida de estructuras, a continuación, se detalla las principales acciones utilizadas para determinar el posible daño de una edificación:

- ✓ La observación completa exterior de las edificaciones es el primer paso, en donde se determinará si la misma presente asentamientos o pérdida de la verticalidad, daños visibles en mampostería.
- ✓ Examinar los suelos y pavimentos para detectar algún movimiento considerable de tierra a sus alrededores.
- ✓ Para la inspección interna se deberá tomar las precauciones del caso, no se puede entrar a una edificación afectada de manera directa, se debe considerar posibles colapsos y mampostería que amenace con caer.
- ✓ Evaluación de las estructuras y la utilización de los seis criterios que se mencionan a continuación:
 - Inseguro. – La edificación ha colapsado totalmente.
 - Inseguro. – Edificación fuera de plomo
 - Inseguro. – daños severos en elementos estructurales
 - Uso Restringido. – Daños en antepechos, o amenaza que pueda caer de la edificación, se deberá cercar el área.
 - Inseguro. – severas fisuras, movimientos de suelo, deslaves.
 - Inseguro. – Derrames tóxicos, tuberías de gas rotas, torre de luz colapsada, se deberá cercar el área.

Los parámetros del formulario de evaluación rápida se dividieron en varias secciones: como parte de la información importante al momento de realizar una evaluación rápida, fue la de conocer la información de los propietarios, su dirección, contactos telefónicos y otros datos que el formulario contemple. (

Tabla 5)

Tabla 5: Esquema de variables de estudio.

Marcación	Inspeccionado	
	Uso Restringido	
	Inseguro	
Tipo de Construcción	Estructura Muro	Los muros eran los elementos soportantes de las cargas verticales y no las columnas
	Hormigón	Estructuras en que su elemento principal era el hormigón
	Mampostería Restringida	La unión de bloques o ladrillos ya sean de arcilla o de hormigón conforman un sistema monolítico tipo muro que podían resistir a las solicitaciones requeridas.
	Mixta	Estructura compuesta en donde intervienen más de dos materiales en sus elementos estructurales
	Metálica	Conformados por perfiles de acero, unidos sus elementos por medio de conectores o soldadura, con cimentaciones de hormigón y losas de hormigón en la mayoría de los casos.
	Madera	Elementos estructurales principales hechos de madera, referidos a columna, vigas y losas.
	Prefabricada o Refuerzo Estructural	Los elementos han sido manufacturados previamente en fábrica y luego pasan a ser ensamblados directamente en obra.
Número de Pisos	1 Piso	Cantidad de plantas excluida la planta de cubierta
	2 Pisos	
	3 Pisos	
	4 Pisos	
	5 o más Pisos	
Fallas Elementos NO Estructurales	Poca	
	Moderada	
	Severa	
Fallas Elementos Estructurales	Poca / Ninguna	Leves fisuras de mampostería, daño entre 1% - 10%.
	Moderada	
	Severa	Estructura colapsada

Los parámetros de clasificación según los establece (Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2002) en su manual de campo son los expuestos en la Tabla 6.

Tabla 6: Parámetros para marcación de las edificaciones

<p>INSPECCIONADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daño entre 0% y 10%. • Daños localizados que no siempre requieren reparación. • Inmuebles que sufrieron daños muy puntuales en elementos arquitectónicos. Totalmente apta para ser habitada por familias nuevamente.
<p>USO RESTRINGIDO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daño entre 10% y 60%. • Daño menor localizado y extensivo en muchos elementos que deberán ser reparados. • Edificaciones donde su ocupación estaría condicionada al retiro de elementos que puedan representar riesgo de colapso. Daños considerables y riesgo de colapso en elementos no estructurales

INSEGURO

- Daño entre 60% y 100%
- Daño grave que puede significar la demolición de la estructura.
- Edificaciones que sufrieron daños severos en elementos estructurales como vigas y columnas, lo que representa una disminución en su capacidad de resistir cargas.
- Se recomienda evacuación y protección de calles y edificaciones aledañas.
- Alta afectación en elementos estructurales o que presenten colapsos parciales o totales.
- Si los daños visualizados son de gran magnitud se declara vivienda para demolición.
- También se recomiendan acciones a futuro si la edificación presenta daños graves, pero no tienden al colapso.

Por la gran cantidad de datos que se obtuvieron mediante las evaluaciones rápidas de edificaciones se pudieron usar las variables definidas en la investigación previa y partir de estas para un sinnúmero de estudios que pudieran definir la base de datos obtenida en campo. Previo a una identificación de las variables más importantes se pudo determinar 5 variables, que en concordancia con el tema de estudio y las metodologías aplicadas están direccionadas a ser las de mayor importancia; las cuales son: marcación, tipo de construcción, número de pisos (niveles), fallas en elementos no estructurales y fallas en elementos estructurales.

Para la tabulación de las variables se utilizó el programa estadístico IBM SPSS statistics (Versión 25), que permitió agilizar todo el manejo de los datos, más que todo por la cantidad de información inicial que se tenía.

Con la clasificación que se le asignó a las variables, se pudo trabajar en las siguientes etapas del procesamiento de la base de datos, misma que constaba de 12.000 datos de evaluaciones rápidas de edificaciones correspondientes solo a la ciudad de Manta. Esta información inicialmente contenía un porcentaje de errores direccionados hacia la parte de geolocalización, lo que generaba un grado de error en los reportes, por lo que se realizó el primer paso de depuración y alivianamiento de datos para la presente investigación. Para realizar este primer filtro se utilizó principalmente el programa ArcGIS, en el cual se identificó y corrigió las ubicaciones de aproximadamente 2.000 evaluaciones, para finalizar la base de datos en un total de 10.001 evaluaciones válidas utilizables para la investigación.

Otra de las consideraciones que se realizaron para la depuración de la información, es que se incluyó el uso de una variable adicional que permitió dejar los resultados con mayor veracidad. El tipo de inspección, subdividido en inspección exterior o interior/exterior, lo que brindó un nuevo proceso de depuración de la base de datos, para dejar solo las evaluaciones que se habían realizado tanto internamente como externamente; finalmente se obtuvo un valor final de 9.546 evaluaciones válidas aprovechables para la investigación.

Por medio del ArcGIS, sistema informático completo, se pudo analizar, compartir y distribuir información geográfica para una mejor representación de los datos de una manera organizada. Para la presentación final se mapeo la zona de estudio, y se mantienen principalmente las parroquias urbanas, que fue en donde se centró el presente estudio, al mismo tiempo, se genera una vista general de toda la ciudad de Manta, esto para tener un conocimiento de las evaluaciones que se tomaron a nivel general en donde se incluyen las parroquias urbanas y parroquias rurales, cabe mencionar, que la base de datos engloba a toda la provincia de Manabí y Esmeraldas.

Se pudo generar un cuadro por cada variable que se había delimitado al inicio del estudio, estos mapas mostraron significativamente todas las evaluaciones rápidas de edificaciones recolectadas en las parroquias urbanas del cantón Manta. Así mismo permitieron analizar los resultados, obtener las debidas conclusiones y recomendaciones para futuros estudios relacionados a esta investigación.

Los resultados de este trabajo investigativo se presentaron de dos formas, los resultados por variables individuales y los resultados comparativos entre variables.

La representación de los resultados por variables individuales permitió observar los porcentajes en relación con sus características evaluadas, y su ubicación dentro del mapeo de la ciudad, lo que dejó visibles las afectaciones que se registraron luego del evento sísmico del 16A.

Los gráficos circulares fueron las herramientas utilizadas para manejar este tipo de resultados, de la cual se obtuvieron graficas de todas las variables y el análisis a nivel general de la ciudad de Manta.

Se presentaron datos de cada una de las parroquias urbanas de la ciudad con la variable de "Marcación", mismas que sirvieron como herramientas para el análisis comparativo entre las parroquias urbanas respectivamente, y mediante estos datos poder determinar cuál de las parroquias presento mayor afectación y cuál fue la menos afectada por el evento sísmico del 16A.

La comparativa entre las variables, fue sin lugar a duda la parte más importante para determinar el comportamiento de las edificaciones de la ciudad de Manta por efectos del evento sísmico del 16A, para lo cual, la utilización de las tablas dinámicas, los gráficos de líneas/barras ayudaron a una mejor visualización y entendimiento de los resultados respectivos. Se analizaron y compararon todas las variables estudiadas entre sí, las que fueron presentadas en resúmenes por medio de tablas, para poder reorganizar la información de la investigación, esto, como trabajo previo al ingreso de los datos en el software tanto de ArcGIS cómo de IBM SPSS.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados por Variables

Las inspecciones a las edificaciones se realizaron de forma externa o externa-interna; donde el 4,5 % de las edificaciones (455), fueron revisadas solo externamente. Por motivo de estudio se dejará ese 4,5% como rango de error y se trabajará el análisis en base al 95,5% de datos que fueron obtenidos de evaluaciones internas y externas (9.546 edificaciones).

✓ Variable tipo de estructura

Algo que siempre va a importar en el análisis, luego de un terremoto, es el conocer sobre los daños experimentados por las edificaciones en relación con sus características, mismas que no se modifican con la ocurrencia de un evento sísmico, pero si se modifican sus estados técnicos, lo que genera un mayor grado de afectación según cada caso particular de la edificación.

En base a las evaluaciones realizadas, se evidencia claramente que el 67.7% de edificaciones y/o construcciones son de hormigón. A pesar de que en la actualidad se promueven y promocionan las construcciones con acero, el porcentaje identificado dentro de la ciudad de Manta de este tipo de construcciones es menor al 1%, al igual que las de estructuras de mampostería restringida. Un poco frecuente también es el uso de estructuras con muros, que representó alrededor del 2% de las edificaciones de la ciudad. Se puede apreciar en la Figura que entre las edificaciones de hormigón y mixtas suman aproximadamente el 91.90% de las edificaciones de la ciudad de Manta. (figura 34)

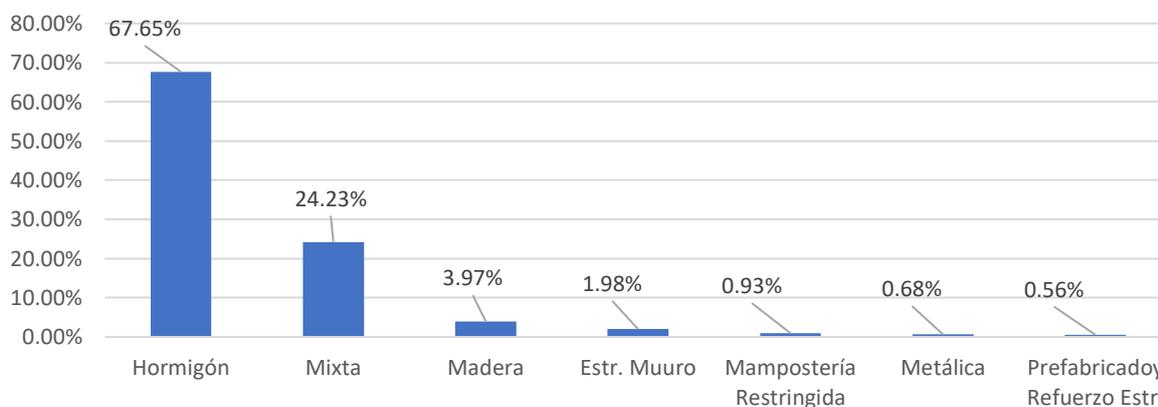


Figura 34: Edificaciones por tipo de construcción.

Para un mejor detalle y con los puntos ingresados en el mapa de la ciudad, la Figura 5 permite visualizar que las edificaciones mixtas se localizan en un gran porcentaje en la extensión de la parroquia Eloy Alfaro y en zonas dentro de la parroquia Manta.

✓ **Variable número de pisos**

Decir que la ciudad de Manta posee un número alto de edificaciones que sobrepasen los 5 pisos o más es poco creíble, el índice que da este estudio considera lo mostrado en la 36, donde se indica que más del 50% de las edificaciones en la ciudad son de un piso, sin dejar a un lado el 34% de las edificaciones de dos pisos, que en su sumatoria cubren la mayor parte del casco urbano de la ciudad porteña. La ciudad de Manta posee una cantidad limitada de edificaciones con una cantidad superior a los 5 o más pisos, las principales edificaciones se encuentran en la parroquia Manta, están ubicados en su mayoría junto al perfil costanero, mismas que representan aproximadamente 3.01% del total de las muestras evaluadas después del evento sísmico del 16A. También se considera las mayores a 4 pisos y se puede apreciar claramente en la figura 36 donde se encuentran las mismas.

✓ **Variable falla en elementos no estructurales**

Uno de los factores que incidieron en la valoración de la habitabilidad de las edificaciones después del evento sísmico, fue la magnitud de daño en mampostería y demás elementos no estructurales, en la figura 37 se puede observar que las edificaciones que presentaron daños moderados y severos cuentan el 63% del total evaluado, lo que da un parámetro de análisis sobre qué sistemas de confinamiento de mampostería se tenían en esas edificaciones y si se usaron los debidos procesos constructivos en ellas. El 37% de las edificaciones evaluadas no presentaron daño o su afectación fue menor al 10%, por lo que no fueron considerada dentro de una categoría que requiera un estudio más detallado, sin embargo, no significa que por presentar menor daño en elementos no estructurales estaban exentas de fallas estructurales, mismas que podrían comprometer la habitabilidad de la edificación evaluada y su capacidad resistente a posibles réplicas que se presentaron luego del sismo principal.

El dato considerable que se obtuvo de este parámetro es que el 24% de todas las edificaciones presentaron daños severos en elementos no estructurales, lo que claramente marco una brecha entre el estado de habitabilidad y estado funcional de esta, lo que dejó como resultado la evacuación inmediata en la mayoría de los casos.

Cabe destacar que una mancha bastante grande apreciable en la figura 37 indica que en zonas como el Barrio Jocay y por ende en la zona 0, las fallas en elementos no estructurales fueron moderadas y severas, comprensible, más aún, en zonas como los barrios ubicados al sur de la ciudad, en donde también se aprecian daños considerables en mampostería.

✓ **Variable fallas en elementos estructurales**

Los resultados porcentuales de la Figura 38 se muestran al visualizar que los daños en elementos estructurales no sobrepasan más del 39% de la muestra evaluada. Tan solo el 14% de las edificaciones de la ciudad de Manta presentaron daños severo a nivel de elementos estructurales, y el 24.87% de un daño moderado, lo que da la pauta para cruzar información con la característica anterior, en donde se obtuvo que las fallas estructurales no fue uno de los principales aspectos para categorizar la marcación de las viviendas; sin embargo, ese 14% de viviendas con fallas severas seguramente fueron marcadas como inseguras, algo que se podrá identificar más adelante en el análisis comparativo de las características que hemos planteado. Es importante especificar, que muchas edificaciones tuvieron recomendaciones para un análisis más exhaustivo, ya que visualmente con una evaluación rápida de estructuras no se puede tener una certeza al 100% de las fallas estructurales, para lo cual era necesario un estudio más detallado de cada edificación.

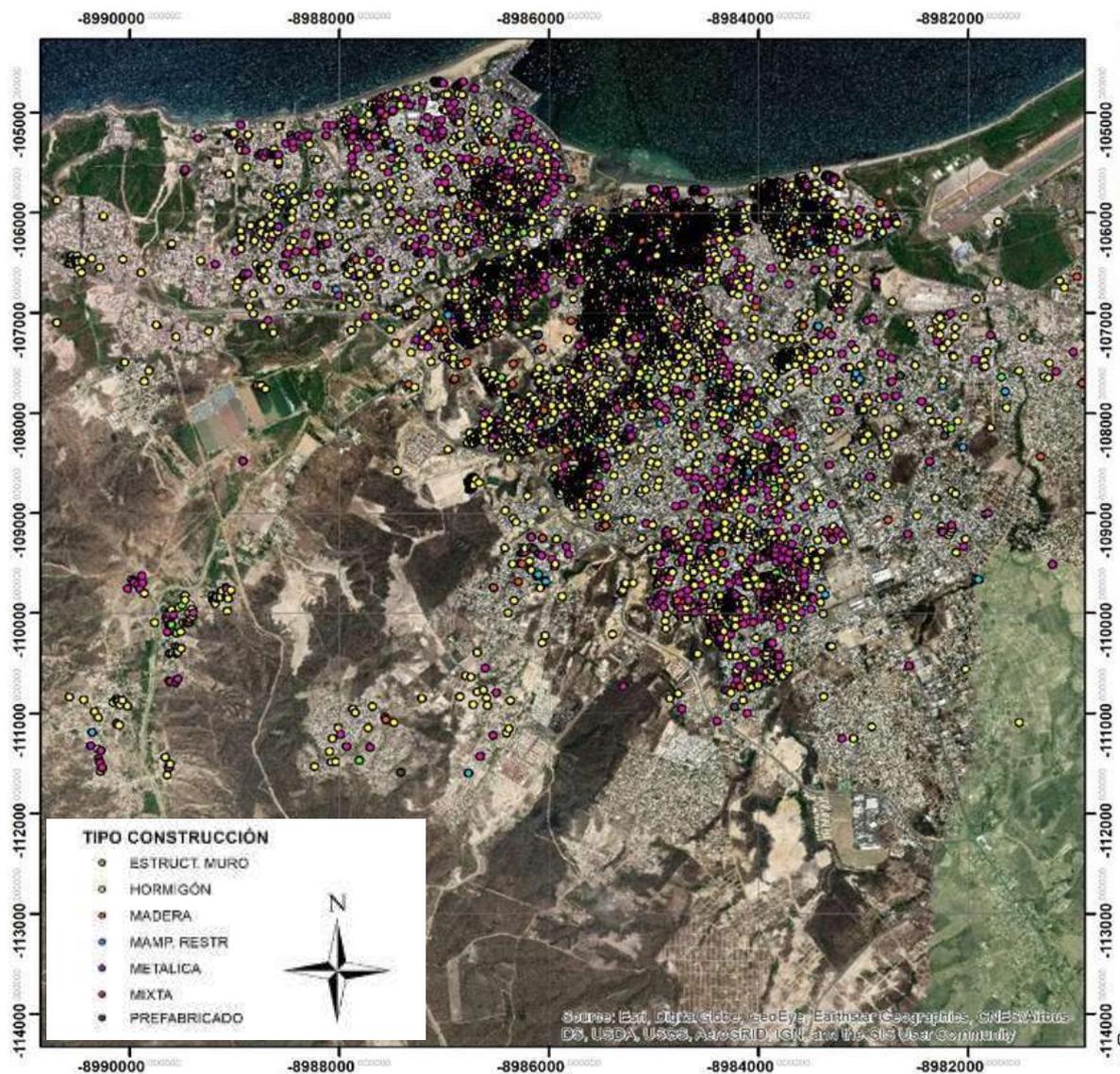


Figura 355: Mapa de Edificaciones según tipo de estructura. (1. Cantón Manta; 2. Zona Cero; 3. San Mateo)

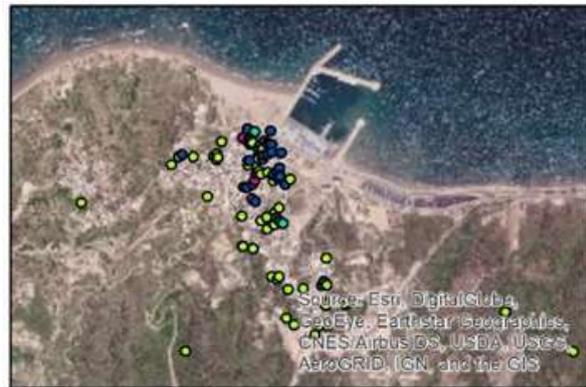
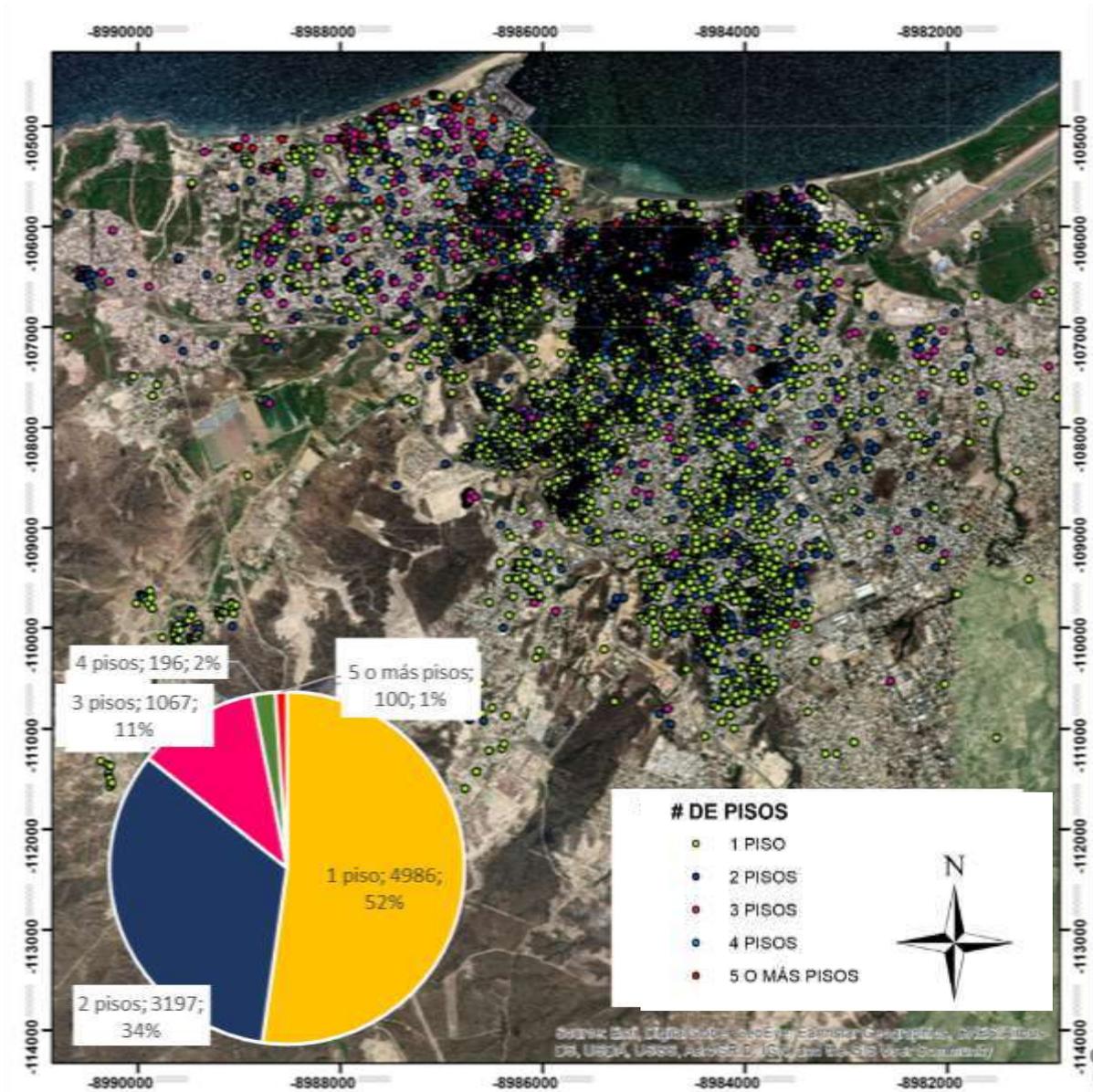


Figura36: Mapa de afectaciones según número de pisos (1. Cantón Manta; 2. Zona Cero; 3. San Mateo)

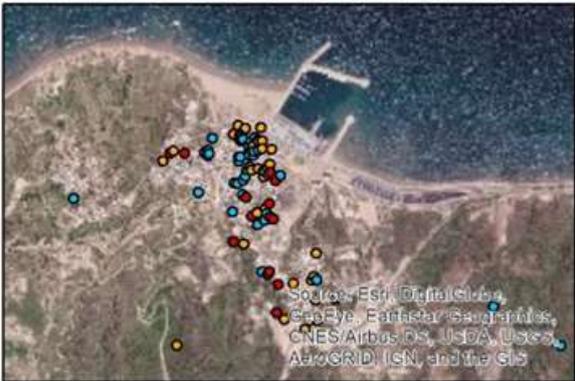
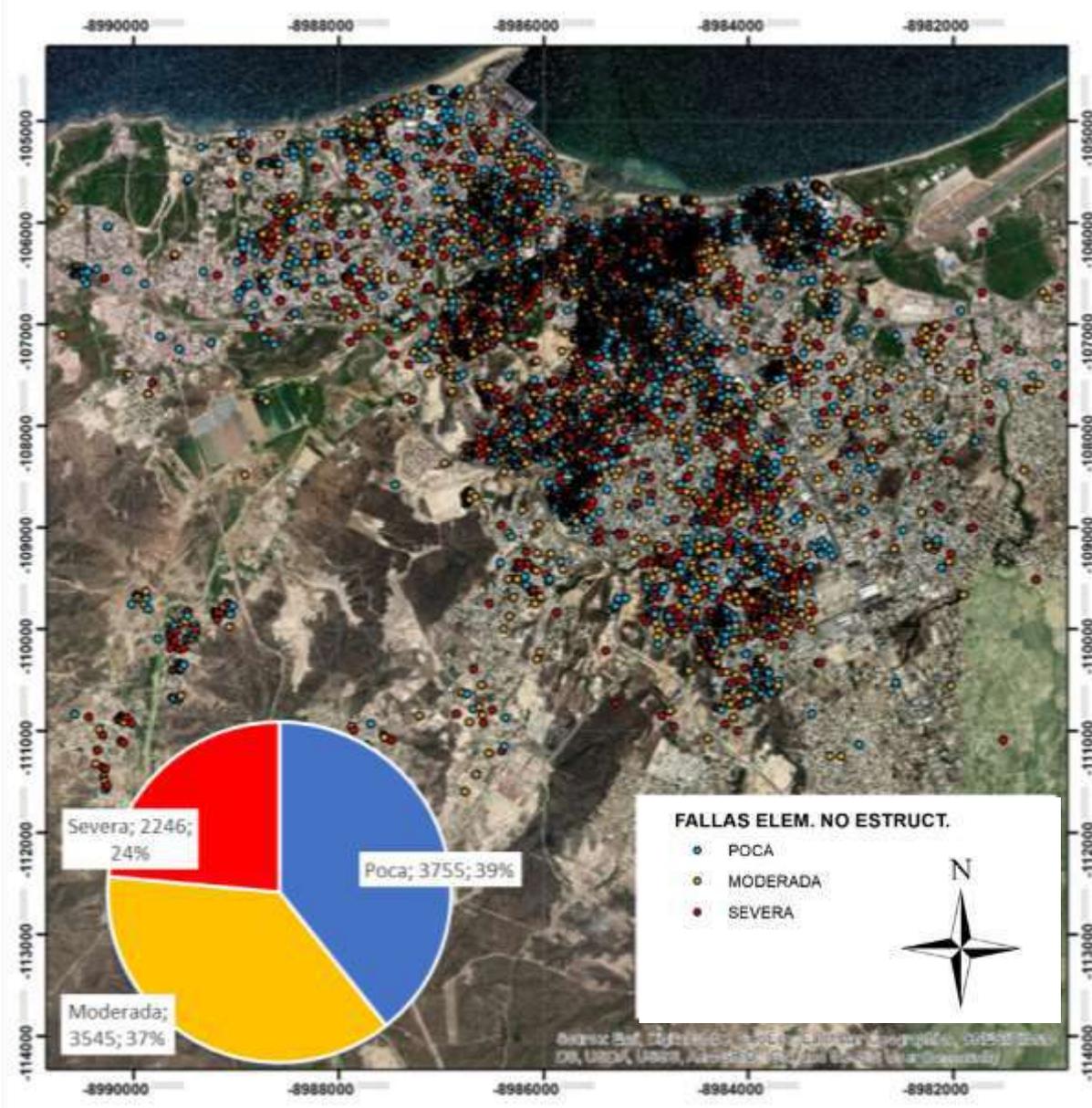


Figura 367: Mapa de fallas en elementos no estructurales (1. Cantón Manta; 2. Zona Cerro; 3. San Mateo)

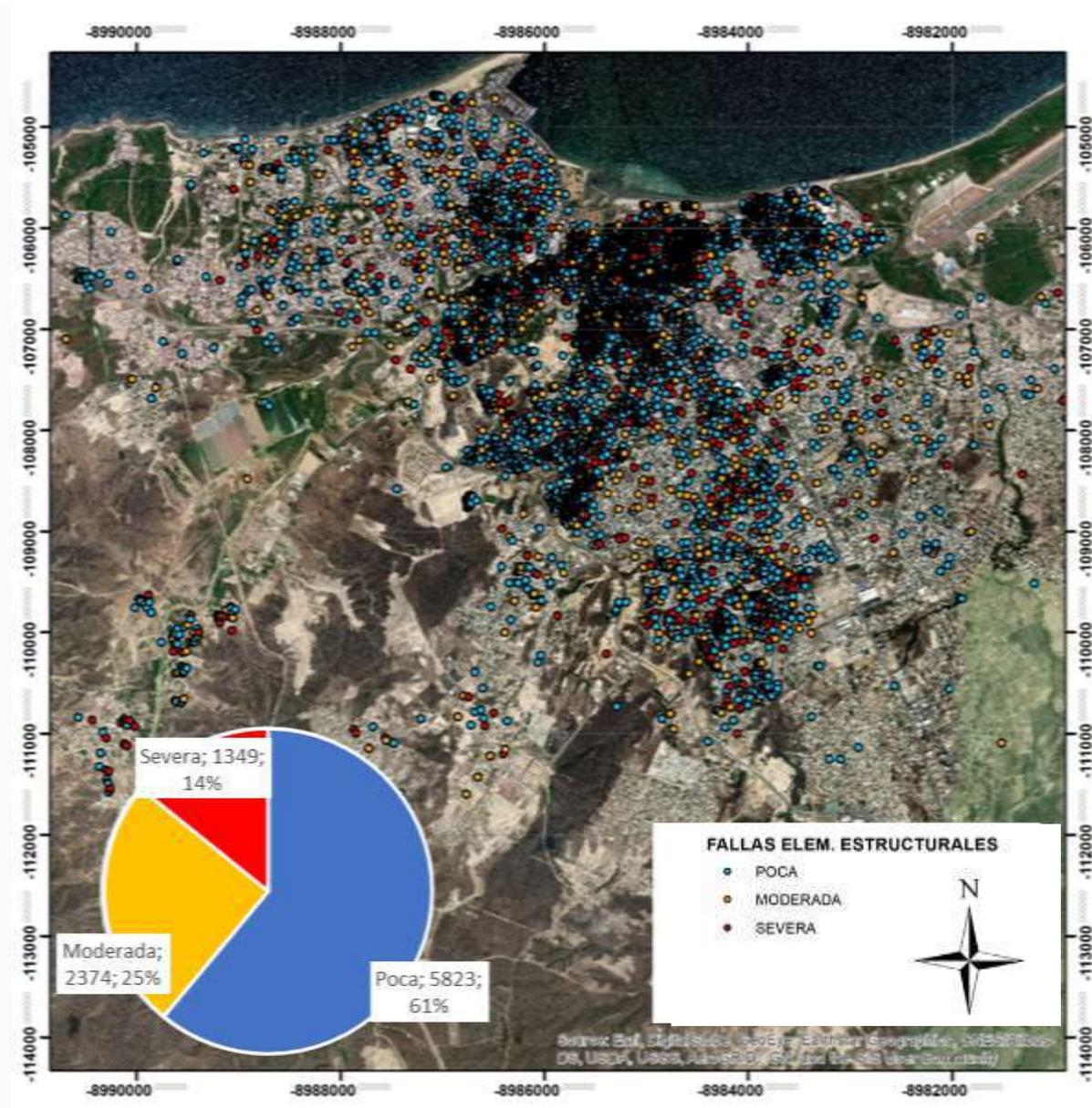


Figura 38: Mapa de fallas en elementos estructurales. (1. Cantón Manta; 2. Zona Cero; 3. San Mateo)

Resumen de marcaciones del cantón Manta y sus parroquias

Con los análisis respectivos de cada parroquia se obtuvo la Figura 39, la cual, recopila la información y la presenta de manera organizada, que al analizarla se puede ver claramente el alto índice de evaluaciones con marcaciones de inspeccionado en la parroquia Los Esteros, en donde con el 50.5% de las edificaciones existentes en esta parroquia fue la menos afectada.

Luego de ese particular, en las parroquias de Manta, Eloy Alfaro, Tarqui y San Mateo la marcación predominante es la de Uso Restringido, en donde se obtuvieron valores que superan el 40%. San Mateo es la parroquia con el menor número de evaluaciones con marcación de inspeccionado con sólo el 16.67%, mientras sus valores de uso restringido e inseguro juntos llegan a 83.33%, lo que la convierte en la parroquia con mayores afectaciones en relación con el número de evaluaciones realizadas.

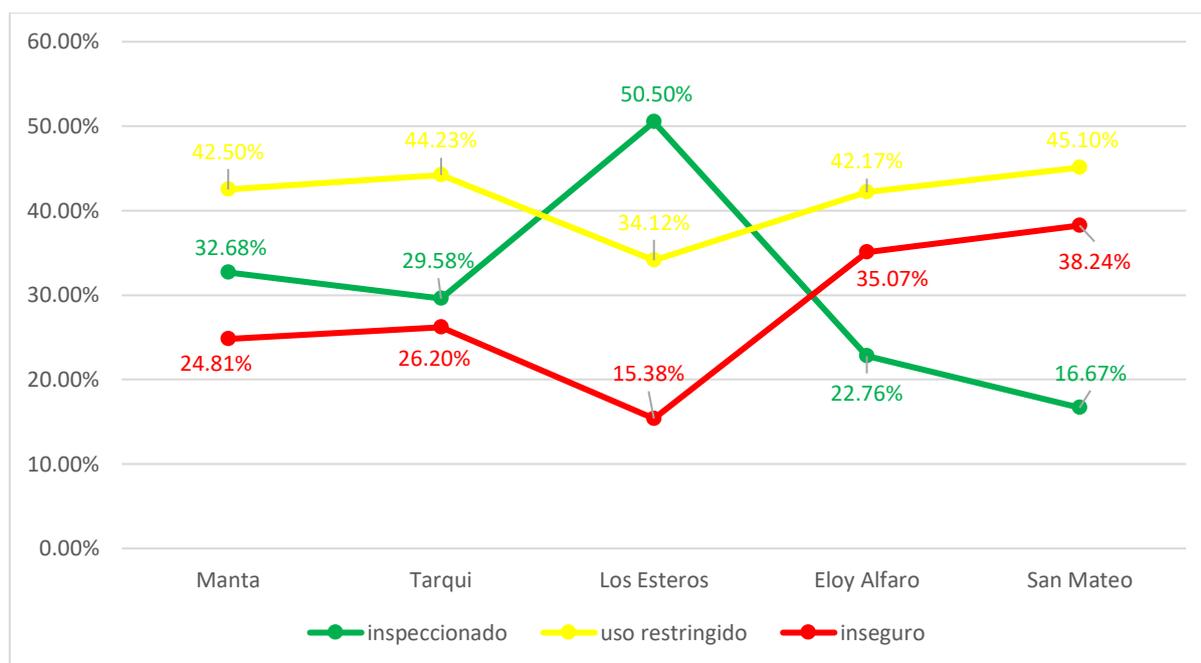


Figura 39: Resumen de Marcaciones por Parroquias.

Con esta revisión de datos se puede identificar según la Figura 370 que existe más del 60% con afectaciones altas, y se considera que las dos características tanto de inseguro y uso restringido suman casi un total del 68% de la muestra evaluada. Con estos datos se parte para desarrollar el estudio, ya que para obtener la marcación de las edificaciones intervienen otras características relacionadas a estas y consideradas fundamentales para la marcación final.

Es interesante al analizar la Figura 370, tener en cuenta que las edificaciones marcadas con sello amarillo indican que la habitabilidad es de acceso restringido, o que, en su caso son pocas las áreas seguras dentro de la edificación. Para lo cual se tuvo un 43% del total de las evaluaciones en esta marcación, se considera, que más de la mitad del total de las viviendas de la ciudad de Manta tuvieron afectaciones por efectos del terremoto con un índice de daño alto y moderado.

El porcentaje de las edificaciones inspeccionadas o que no tuvieron daños visibles es del 32%, un número que supera a las edificaciones totalmente afectadas o con sello de inseguro, pero que deja una gran preocupación en cuanto a un posible desempeño durante un nuevo evento sísmico de las mismas características.

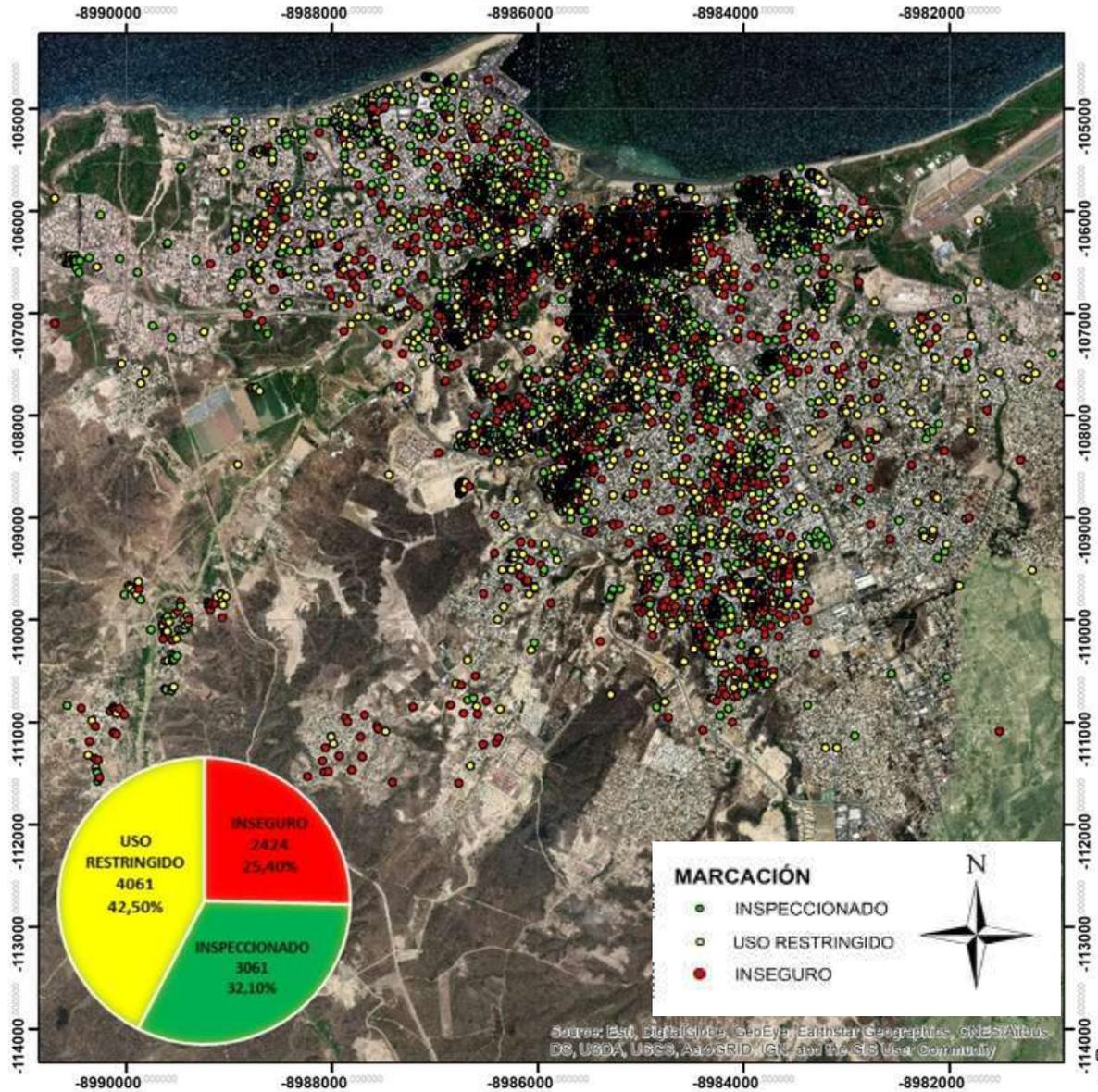


Figura 370: Mapa de afectaciones por evaluaciones. (1. Cantón Manta; 2. Zona Cero; 3. San Mateo)

Parroquia Manta

Las parroquia Manta es la parroquia con mayor territorio de la ciudad y al mismo tiempo cuenta con 1.741 edificaciones evaluadas, la evaluación se centró en las zonas norestes de la misma, para dejar visiblemente un alto índice de marcaciones tanto amarillas como verdes, sin dejar de un lado que las insegura o rojas se distribuyen equitativamente en su toda su extensión, analizar también, que la zona sur periférica de la ciudad presentó el 31.5% de pancartas rojas en relación a las evaluaciones realizadas en el sector de la Revancha, y se puntualiza que el número de evaluaciones incremento a medida que se acercaba a los límites con la Zona Cero. (Figura 381 y Figura 392)

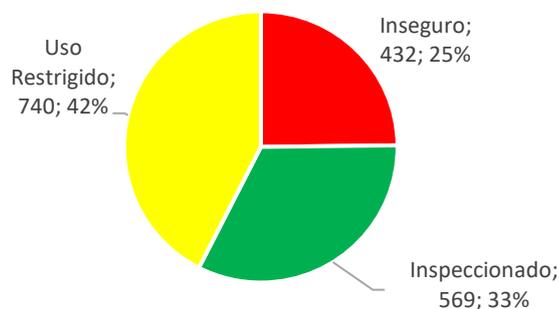


Figura 381: Comportamiento de marcación parroquia Manta

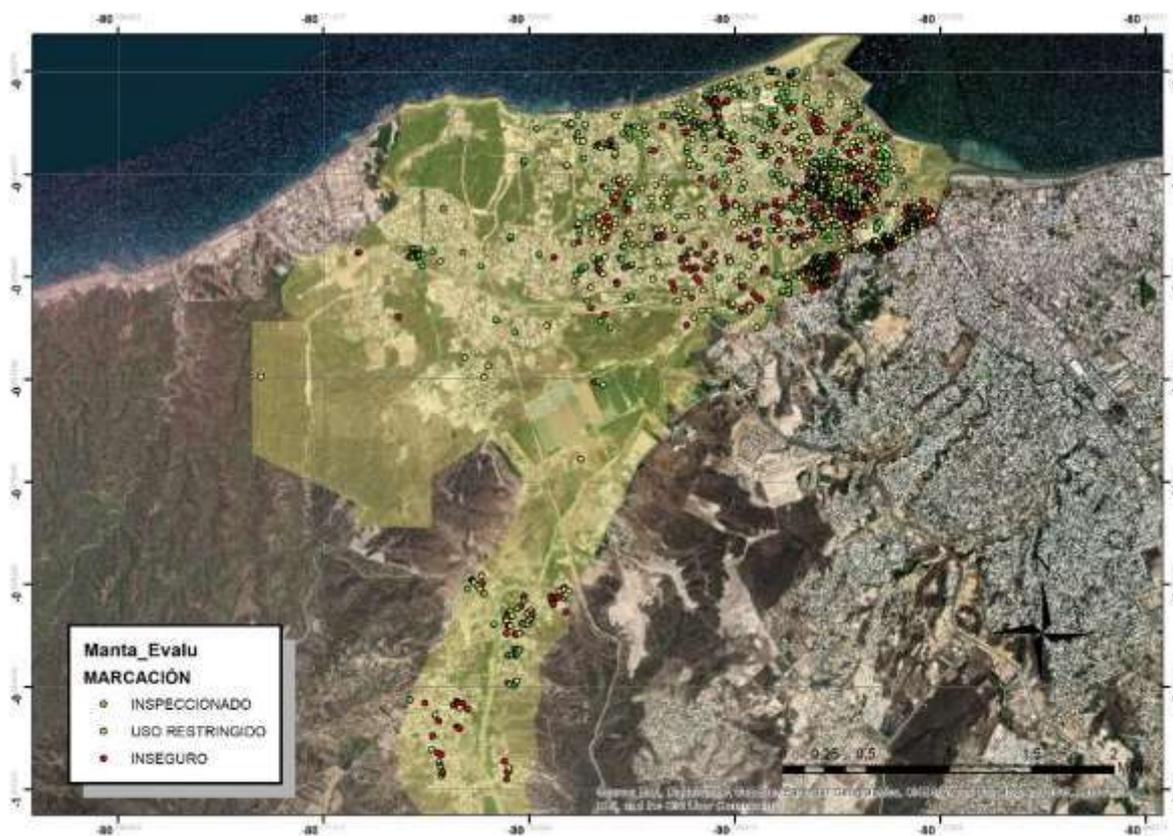


Figura 392: Evaluaciones parroquia Manta

Parroquia Tarqui

Inicialmente al analizar los comportamientos de la parroquia Tarqui se puede apreciar una uniformidad entre las 3 marcaciones en toda su extensión, más aún, se acentúa hacia la zona comercial de Tarqui o también conocida como la Zona Cero, que como bien se puede apreciar es la zona con el mayor número de edificaciones evaluadas, se registró 5680 edificaciones con evaluación.

También es de consideración que la mayoría de las edificaciones cercanas al cauce del río presentaron una marcación roja, un alto porcentaje. (Figura 403 y Figura 414)

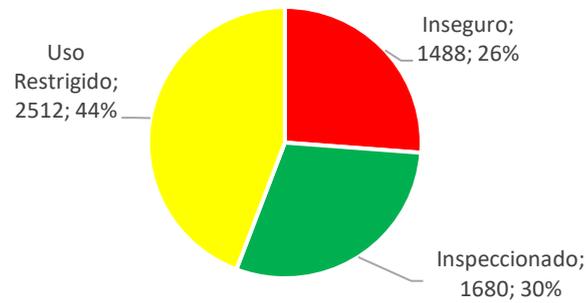


Figura 403: Comportamiento de marcación parroquia Tarqui

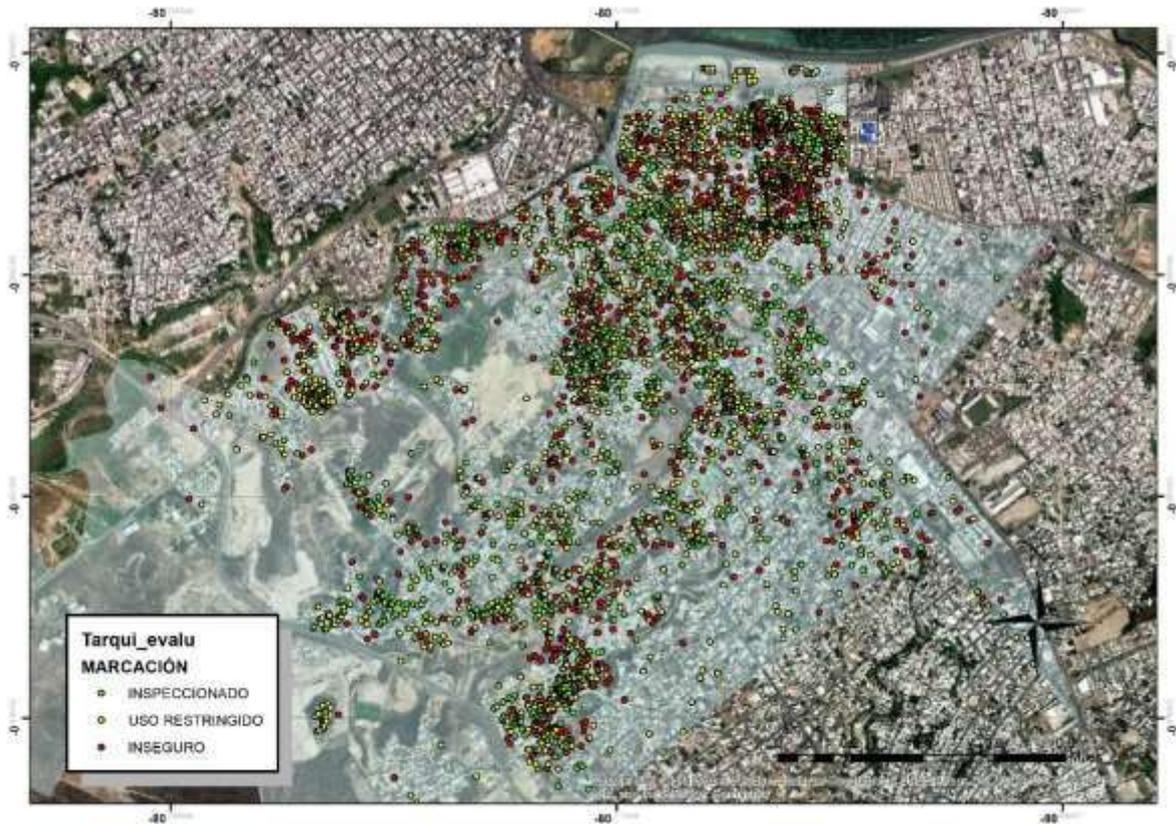


Figura 414: Evaluaciones parroquia Tarqui

Parroquia Los Esteros

En la Parroquia de Los Estero se indica que a pesar de que tiene bastante cercanía con la zona cero, la mayoría de las evaluaciones predominan las pancartas verdes, en la parte superior se ve la aglomeración de estas, hacia el sur que comúnmente se encuentran urbanizaciones y zonas con menos años de antigüedad la marcación se mantiene, y se evaluaron un total de 1.404 edificaciones. (Figura 425 y Figura 436)

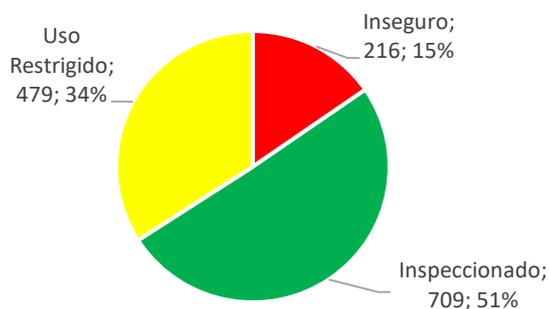


Figura 425: Comportamiento de marcación parroquia Los Esteros

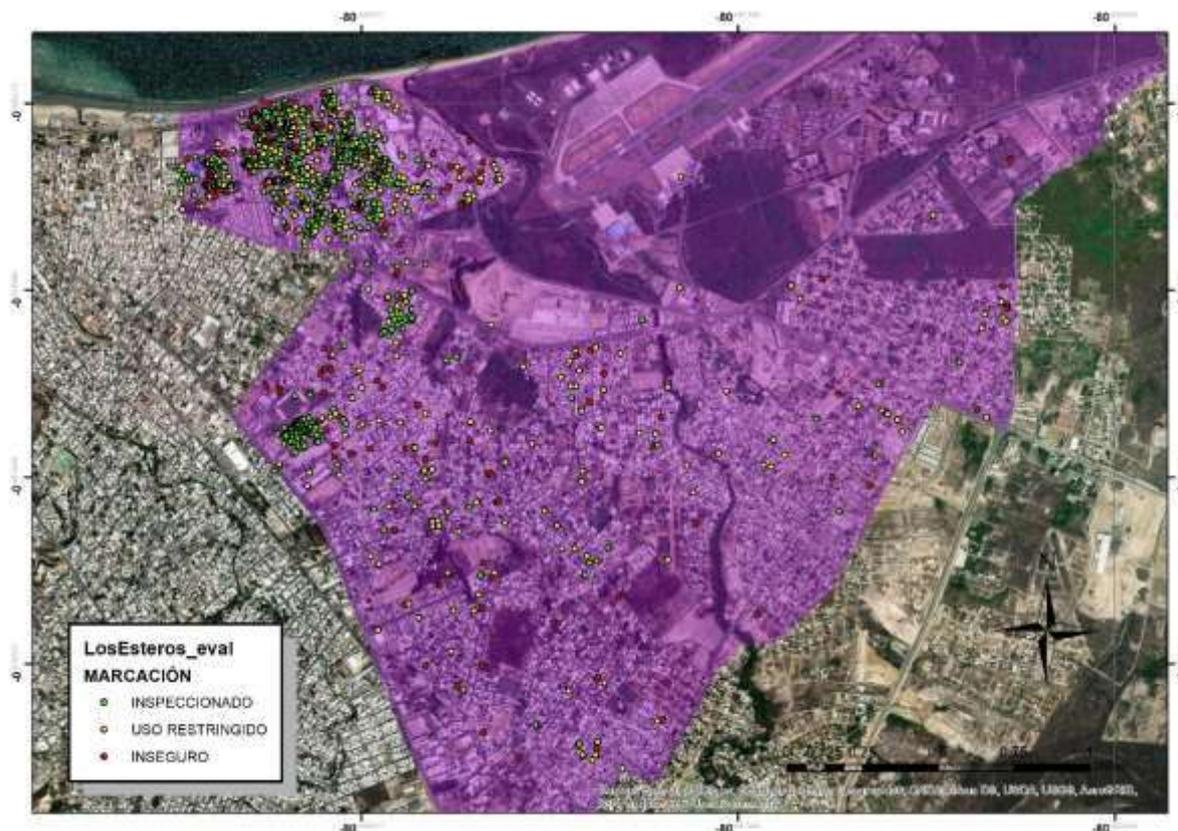


Figura 436: Evaluaciones parroquia Los Esteros

Parroquia Eloy Alfaro

Una de las parroquias con pocos años de creación es sin lugar a duda la de Eloy Alfaro, el crecimiento de la ciudad fomentó la formación de urbanismos en esta zona de la ciudad, aun así, se mantienen las afectaciones en las edificaciones que se encuentran en zonas aledañas a cauces de ríos y quebradas (zonas de alto riesgo en desastres naturales). En esta parroquia se evaluaron 958 edificaciones. (Figura 7 y Figura 484448)

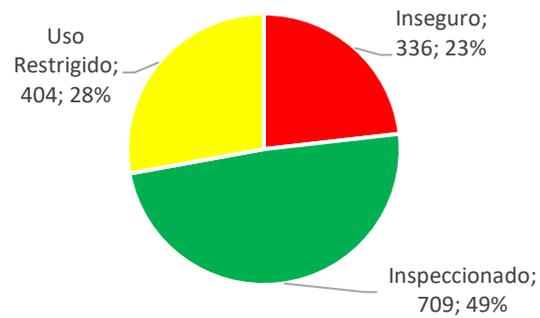


Figura 47: Comportamiento de marcación parroquia Eloy Alfaro

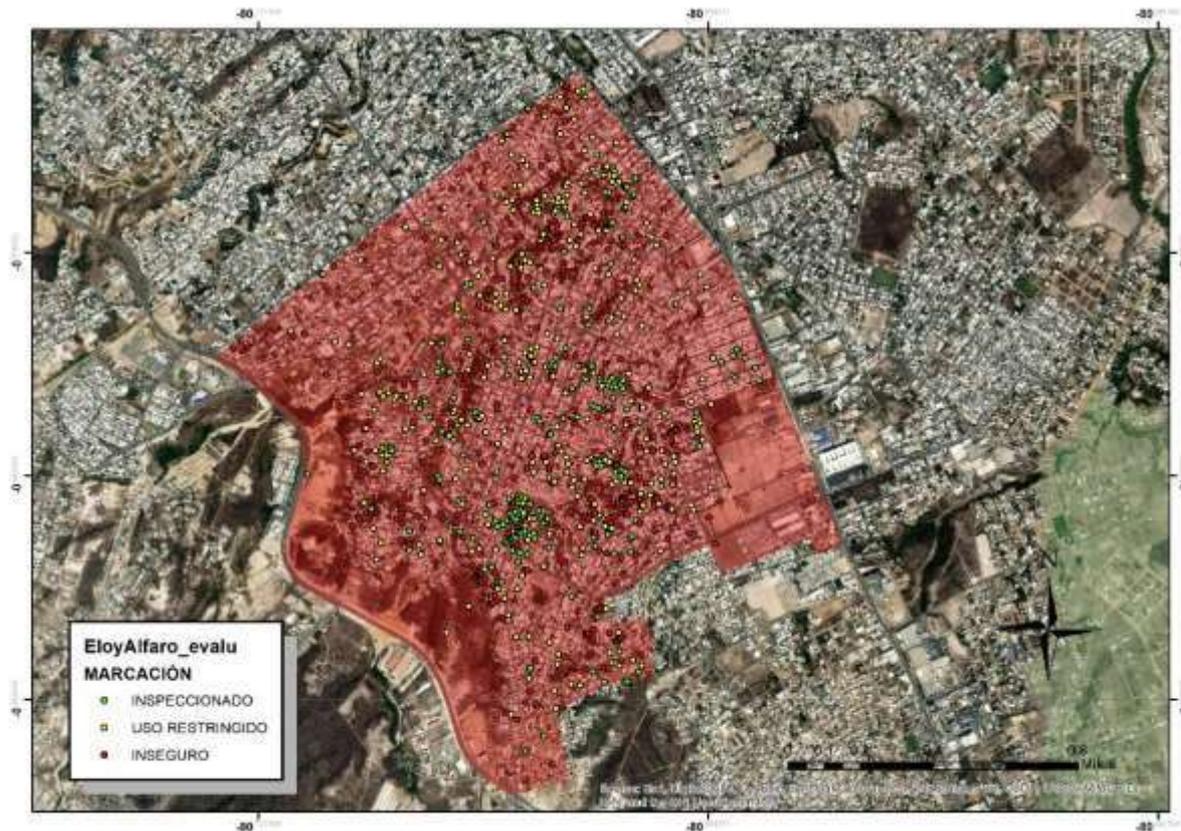


Figura 4844: Evaluaciones parroquia Eloy Alfaro

Parroquia San Mateo

Las pocas evaluaciones que se realizaron en la parroquia de San Mateo no representan un valor considerable, para conocer a más detalle como fue el comportamiento de las edificaciones en este sector, se debió obtener un número de evaluaciones similares a las otras parroquias analizadas, más aún, se pudo apreciar que las afectaciones se encuentran en porcentajes iguales, y se genera una tendencia de afectaciones altas. En las zonas con mayores cercanías a la parroquia Manta se visualizan tres edificaciones con marcaciones amarillas y verdes, lo que da una buena impresión del comportamiento en zonas urbanizadas. En la parroquia de San Mateo solo se consideró las áreas urbanas, de las cuales se evaluaron 102 edificaciones. (Figura 494549 y Figura 460)

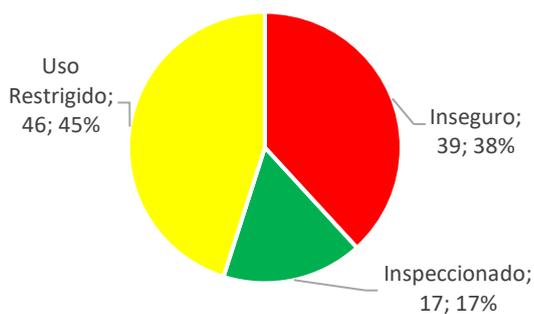


Figura 4945: Comportamiento de marcación parroquia San Mateo



Figura 460: Evaluaciones parroquia San Mateo

Análisis comparativo por variables de estudio

✓ **Resumen de marcaciones por número de pisos**

Se pudo registrar una tendencia en cuanto a la marcación de las edificaciones, algo que se puede ver claramente en la Figura 471, en donde se obtuvo que en edificaciones tanto de 1, 2, 3, 4 y 5 pisos el incremento de los porcentajes de uso restringido fue en crecimiento y el de inspeccionado en decrecimiento.

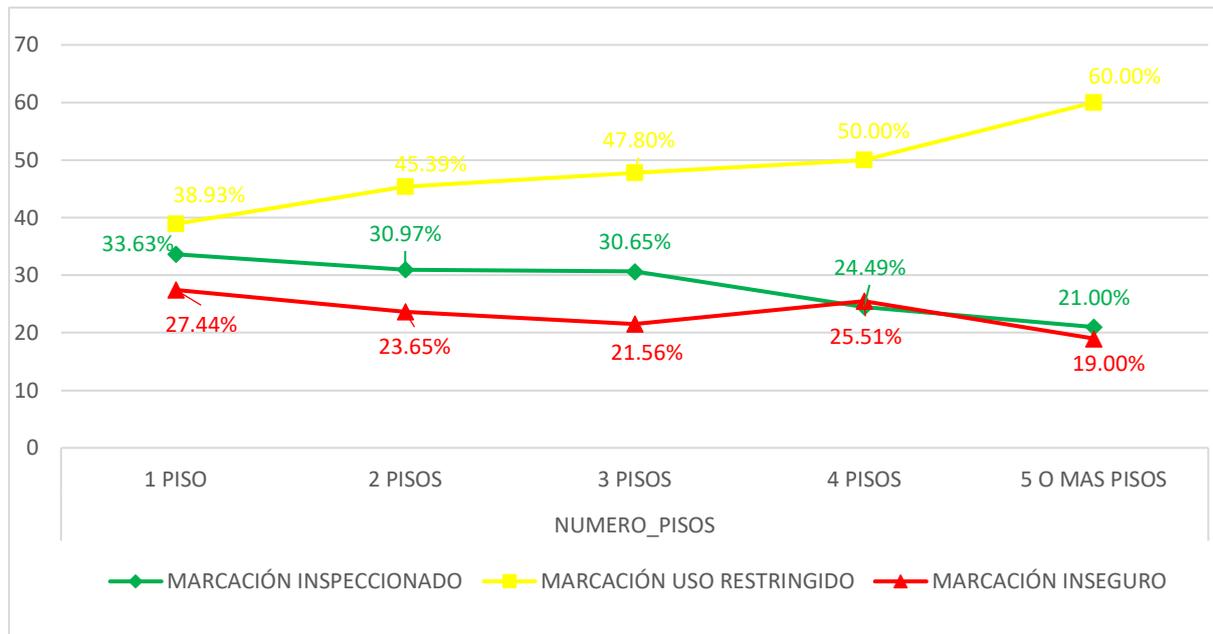


Figura 471: Resumen porcentajes marcación por números de pisos

Los datos importantes para considerar fueron las cantidades de edificaciones en la Tabla 7, que a medida que los números de pisos aumentaban, estos decrecían en un 60-80%.

Tabla 7: Resumen de marcaciones por Pisos

Número de Pisos	MARCACIÓN			Total
	Inspeccionado	Uso Restringido	Inseguro	
1 Piso	1675	1942	1369	4989
2 Pisos	990	1451	756	3197
3 Pisos	327	510	230	1067
4 Pisos	48	98	50	196
5 o más Pisos	21	60	19	100
Total:	3061	4061	2424	9546

✓ Tipo de Construcción Vs. Marcación

Los valores de la

Tabla 8 permiten apreciar en cantidades las edificaciones por tipo de construcciones, unas pocas habituales en la ciudad y otras muy comunes como lo fueron las que utilizaron el hormigón y madera.

Tabla 8: Resumen de marcación por tipo de construcción

Tipo de Construcción	Inspeccionado		Uso Restringido		Inseguro		Total
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad
Estructura Muro	57	1,9	99	2,4	33	1,4	189
Hormigón	2382	77,8	2794	68,8	1282	52,9	6458
Madera	38	1,2	84	2,1	257	10,6	379
Mamp. Restr	3	0,1	39	1,0	47	1,9	89
Metálica	21	0,7	34	0,8	10	0,4	65
Mixta	537	17,5	997	24,6	779	32,1	2313
Prediseñada	5	0,2	3	0,1	8	0,3	16
Ref. Estructural	18	0,6	11	0,3	8	0,3	37
Total:	3061	100	4061	100	2424	100	9546

Se puede apreciar en la Figura 482 que las edificaciones de hormigón y mixtas, presentan un porcentaje mayor al 43% de la marcación en uso restringido, lo que permite deducir que, al ser la mayor

cantidad de edificaciones evaluadas, son las que fueron determinantes al momento de obtener los resultados de esta investigación.

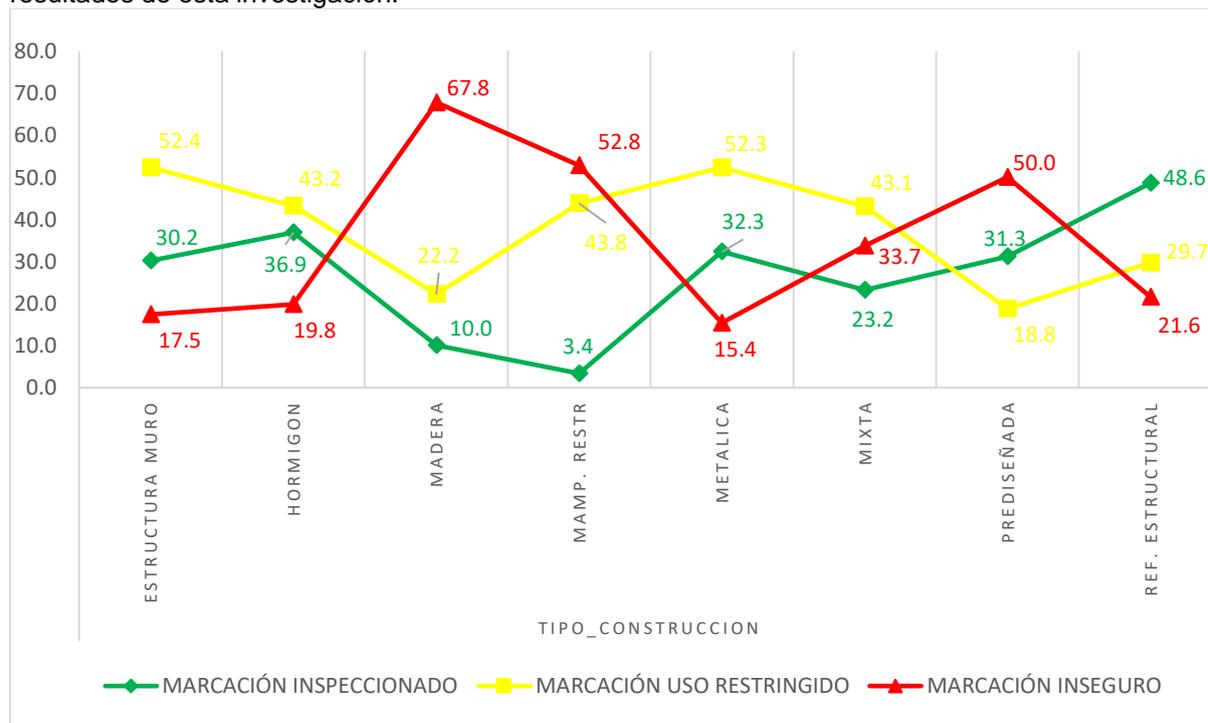


Figura 482: Resumen porcentajes de marcación por tipo de construcción

Un dato para considerar es el porcentaje de edificaciones de madera con sellos de inseguro, presento un valor superior al 67%, detalle que motiva a analizar el motivo del comportamiento de este tipo de construcciones, en donde se podría considerar que intervinieron factores de tiempo y mantenimiento principalmente.

Las edificaciones con mampostería restringida también presentaron valores por encima del 50% en marcaciones inseguras y uso restringido, lo cual se pudo identificar como problemas durante el proceso constructivo, un detalle que pese a todas las indicaciones se han realizado de manera empírica y sin fundamentos profesionales.

Los valores para los tipos de construcción prefabricada fueron bajos, ya que solo se evaluaron 16 edificaciones, más aún, dejó un porcentaje del 50% de inseguros y 31.25% de inspeccionado, pero un bajo 18.75% de uso restringidos que constataron con todos los resultados que se presentan a lo largo de las variables.

Se puede apreciar claramente que las edificaciones que contaban con refuerzos estructurales se comportaron de muy buena manera, lo que muestra un porcentaje de 48% de pancartas verdes y solo un 21% de inseguros, lo que ratifica la importancia de reforzar las estructuras para un comportamiento óptimo.

En tanto con las construcciones de hormigón su comportamiento también fue bueno, en donde las marcaciones de inseguros están por debajo del 25%, a diferencia de las de construcción mixta en las que su porcentaje de inseguro sube hasta el 33%, lo que se tiene en que estos dos tipos de construcciones representaron casi el 90% de las edificaciones estudiadas.

✓ Tipo de construcción vs. número de pisos

Las edificaciones por tipo de construcción en relación con el número de pisos representan para la investigación una fuente de datos informativos sobre las características de las edificaciones, en diferencia de los datos previamente obtenidos, se relacionan directamente con las afectaciones provocadas por el evento sísmico.

Una visualización rápida a la

Tabla 9 permite ver la diferencia en cantidad de lo que son edificaciones de hormigón en relación con las demás características, que han sido superadas por alrededor de 4.000 evaluaciones en relación con las mixtas y superior a las 6.000 con las demás variables de estudio, más aún, los valores porcentuales indicaron otro tipo de datos.

Tabla 9: Resumen de tipos de construcción por números de pisos

Tipo de Construcción	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 o más pisos	Total
Estructura Muro	126	46	14	1	2	189
Hormigón	2965	2332	897	176	88	6458
Madera	284	88	5	1	1	379
Mamp. Restr	82	7	0	0	0	89
Metálica	46	11	3	2	3	65
Mixta	1437	708	147	15	6	2313
Prediseñada	10	4	1	1	0	16
Ref. Estructural	36	1	0	0	0	37
Total:	4986	3197	1067	196	100	9546

En la Figura 493 se puede apreciar que todas las edificaciones evaluadas en su mayoría son de 1 piso, lo que supera el 60% en todas las variables de tipo de construcción, sin embargo, los porcentajes de las construcciones con estructura muro, hormigón, mixtas y prediseñadas en edificaciones de 2 pisos fueron casi similares, y ronda entre los 25% al 30%.

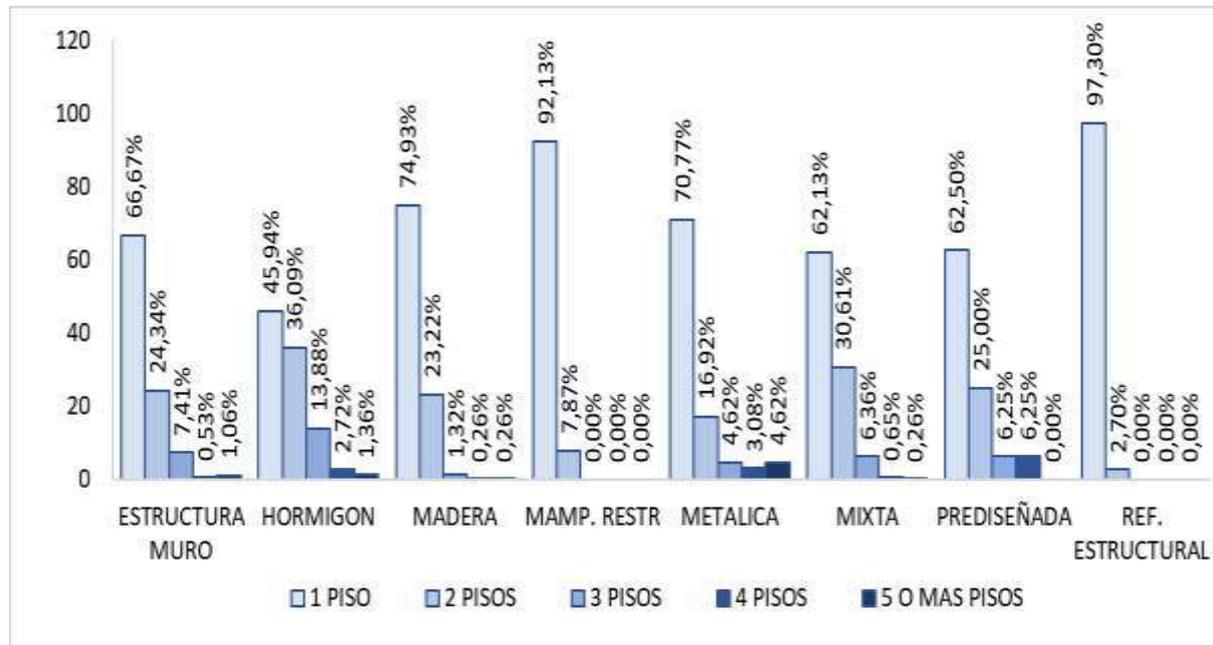


Figura 493: Tipo de estructuras por Pisos en porcentajes

Fácilmente fue visible identificar que el porcentaje de las edificaciones prediseñadas con 5 pisos o más estuvo posicionado con un 6,25%, un valor alto en relación con las estructuras de hormigón que rondaron el 1,36%. La Figura 493 también permitió observar que las edificaciones reforzadas estructuralmente solo fueron de 1 y 2 pisos.

✓ Número de pisos vs. fallas elementos no estructurales

Considerar las afectaciones en elementos no estructurales, o también conocidas como mamposterías fue de total importancia, ya que los resultados obtenidos se acoplan claramente a los valores de las marcaciones de cada edificación. En la Tabla 10 se puede apreciar que los números de edificaciones por tipos de piso tanto en 1 y 2 son casi similares, al igual en 4 o 5 pisos, más aún, al tener la diferencia entre las de 1 piso con las de 5 o más pisos se aprecia que son totalmente desproporcionados.

Tabla 10: Resumen de números de pisos por fallas en elementos no estructurales

Número de Pisos	Poca	Moderada	Severa	Total
1 Piso	1878	1805	1303	4986
2 Pisos	1192	1335	670	3197
3 Pisos	389	478	200	1067
4 Pisos	62	92	42	196
5 o más Pisos	24	45	31	100
Total:	3545	3755	2246	9546

En cuanto a los resultados obtenidos, se interpretan la gran cantidad de daño que se generó a medio y alto grado en cuanto a la mampostería se refiere, la Figura 504 contrasta con estas afirmaciones, en donde las edificaciones con mayor daño en elementos no estructurales radican en las de 5 o más pisos con un 76% aproximado de afectación entre moderado y severo.

En cuanto a las edificaciones de 1 a 3 pisos casi sus valores de afectaciones se mantienen entre 36,2% y 37,3% en poca afectación, deja claro un incremento en cuanto el aumento de número de pisos en afectaciones moderadas.

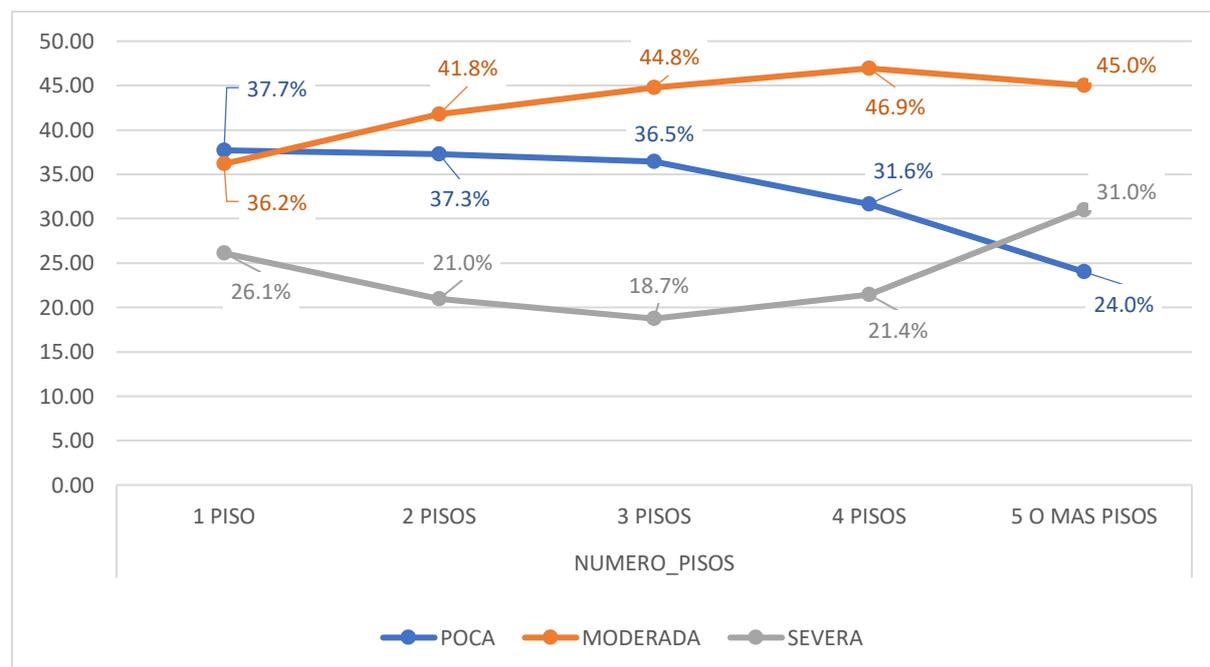


Figura 504: Porcentajes de fallas en elementos no estructurales por pisos.

✓ Número de pisos vs. fallas elementos estructurales

Se revisaron los datos obtenidos por las fallas en elementos estructurales, se determinó que la habitabilidad de las edificaciones fue referenciada más por las afectaciones en elementos no estructurales que por las estructurales, la Tabla 11 contiene todos los datos en cantidades de edificaciones evaluadas, lo cual se mantiene la correlación a las demás variables.

Tabla 11: Resumen número de pisos por falla en elementos estructurales

Número de Pisos	Poca	Moderada	Severa	Total
1 Piso	3145	1149	692	4986
2 Pisos	1886	844	467	3197
3 Pisos	622	303	142	1067
4 Pisos	110	55	31	196
5 o más Pisos	60	23	17	100
Total:	5823	2374	1349	9546

Una visualización rápida a la Figura 515 muestra lo que se dice, en donde casi el 60% de todas las edificaciones sin importar el número de pisos presentaron pocas o ninguna falla en elementos estructurales, pero a pesar de los porcentajes bajos de fallas severas estos incrementaban porcentualmente según el incremento de los números de pisos.

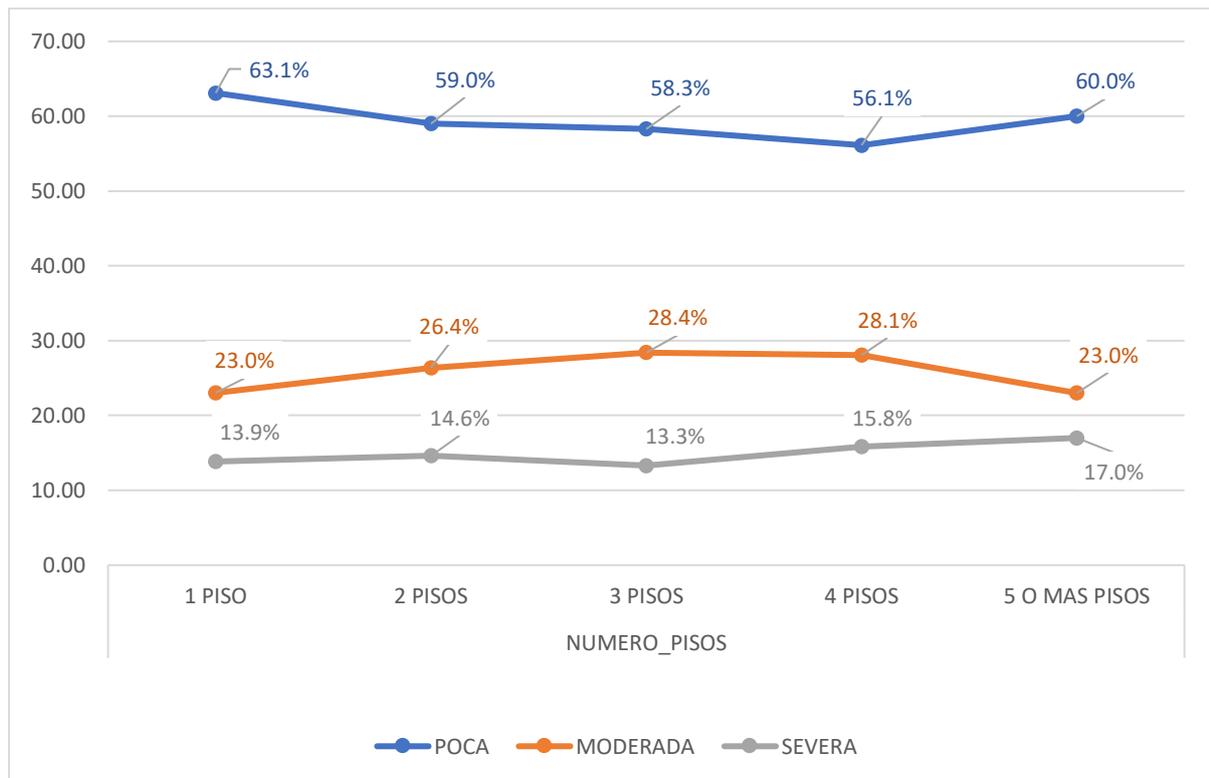


Figura 515: Porcentajes de fallas en elementos estructurales por pisos

✓ Tipo de construcción vs. fallas elementos no estructurales

Uno de los aspectos también evaluados fueron las comparativas entre las fallas en elementos no estructurales y los tipos de construcción, las cuales dejaron resultados bastante interesantes para el análisis, ya que según los tipos de construcciones se deberían evidenciar mayores o menores fallas en ciertas edificaciones, detalles que no se presentaron en esta investigación.

Las estructuras de mampostería restringida fueron las que presentaron la mayor cantidad de fallas moderadas y severas, con un porcentaje del 40% y 52% respectivamente. En la

Tabla 12 las cantidades de edificaciones tanto para prediseñadas como las de refuerzo estructural son menores a las de mampostería restringida, pero su comportamiento fue mucho más aceptable, lo que indica que hay una evidente falla en la ejecución de los procesos constructivos.

Tabla 12: Resumen tipos de construcción por falla en elementos no estructurales

Tipo de Construcción	Poca	Moderada	Severa	Total
Estructura Muro	67	53	69	189
Hormigón	2627	2541	1290	6458
Madera	131	110	138	379
Mamp. Restr	6	36	47	89
Metálica	27	22	16	65
Mixta	665	981	667	2313
Prediseñada	7	4	5	16
Ref. Estructural	15	8	14	37
Total:	3545	3755	2246	9546

Las edificaciones de hormigón y metálicas son las que visualmente en la Figura 526 presentan porcentajes bajos, en relación a fallas severas en elementos no estructurales.

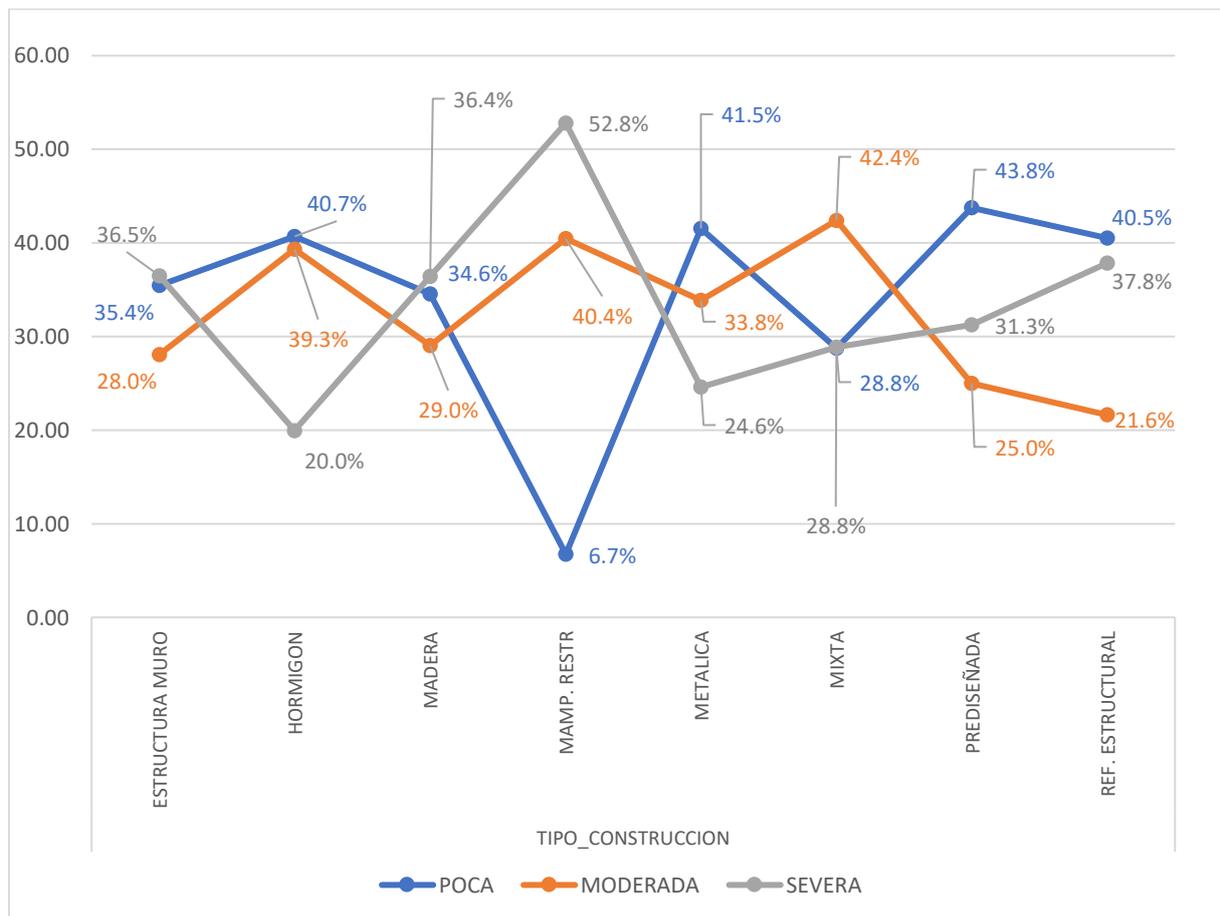


Figura 526: Porcentajes de fallas en elementos no estructurales por tipo de construcción

✓ Tipo de construcción vs. fallas elementos estructurales

Las edificaciones que mejor se comportaron en cuanto al control de fallas en elementos estructurales porcentualmente fueron las metálicas, aproximadamente el 80% de estas presentaron pocas o ninguna falla en esta variable.

La Tabla 13 indica que los solo 1.349 (14.13%) edificaciones presentaron fallas severas en elementos estructurales, a diferencia de las otras 8.200 que presentaron fallas pocas o moderadas, dándole un 85.87% como lo muestra la Figura 537.

Tabla 13: Resumen tipo de construcción por falla en elementos estructurales

Tipo de Construcción	Poca	Moderada	Severa	Total
Estructura Muro	119	46	24	189

Hormigón	4256	1487	715	6458
Madera	156	91	132	379
Mamp. Restr	43	23	23	89
Metálica	51	11	3	65
Mixta	1166	708	439	2313
Prediseñada	7	2	7	16
Ref. Estructural	25	6	6	37
Total:	5823	2374	1349	9546

Las que tuvieron el peor comportamiento fueron las prediseñadas, e indican que el 43% que fueron evaluadas bajo este tipo de construcción tenían fallas estructurales severas. Las que mejor se comportaron estructuralmente fueron las estructuras de muro, hormigón, metálicas y las reforzadas estructuralmente, algo lógico ante su concepto constructivo. Tal como se había mencionado en otras variables anteriores, las edificaciones de madera presentaron un alto daño en elementos estructurales, por lo cual su marcación fue mayoritariamente el color de pancarta rojo y en varios casos se procedieron a su demolición.

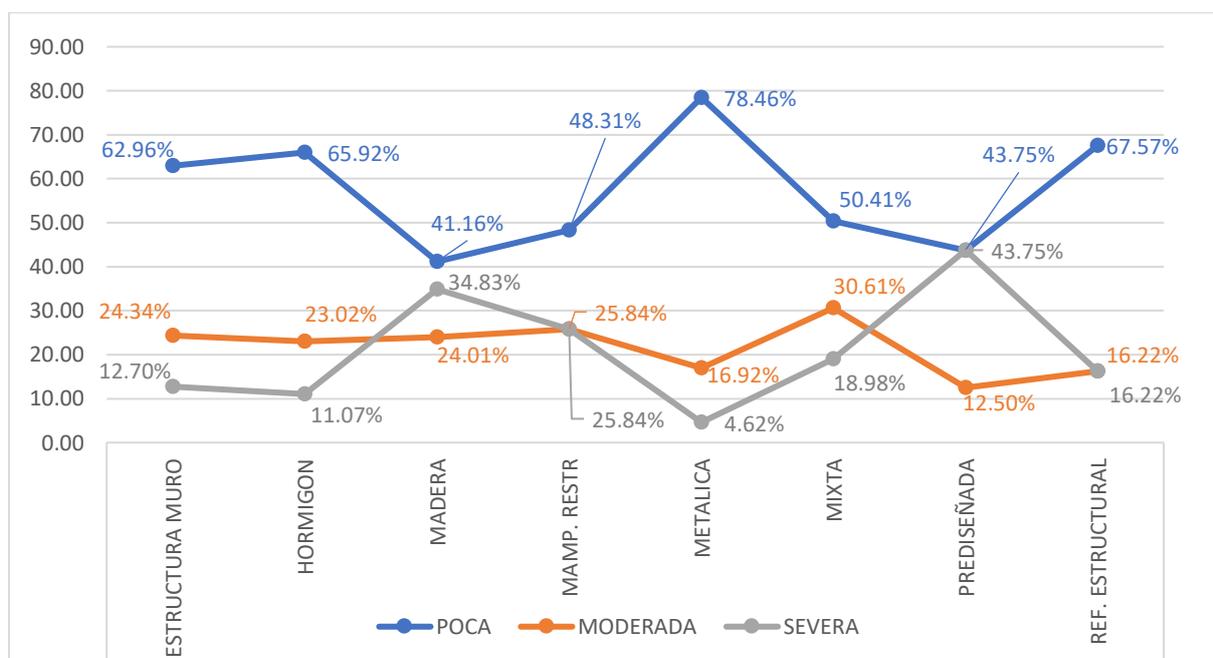


Figura 537: Porcentajes de Fallas en elementos estructurales por tipo de construcción

4. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

El sismo del 16A en la ciudad de Manta presentó un comportamiento similar a otros eventos sísmicos a nivel nacional e internacional en relación al daño de edificaciones. Con un 67.9 % de afectaciones, se puede concluir que la ciudad no estuvo preparada y que las edificaciones de Manta no todas estuvieron construidas con normas técnicas sismorresistentes.

Las variables definidas para el estudio fueron: Marcación, Números de Pisos, Tipo de Construcción, Fallas en elementos no estructurales y Fallas en elementos estructurales. Las que mayor impacto tuvieron en el comportamiento de las edificaciones fueron la marcación y la falla en elementos no estructurales con una diferencia de porcentajes entre ellas de 2.71%; lo que indica que el factor más relevante de la evaluación final fue el estado de los elementos no estructurales.

Lo más relevante fue que a mayor número de pisos el daño se incrementó constantemente; el 60% en marcaciones de uso inseguro, al tener tipos de construcción con mayor vulnerabilidad como la madera (67.8%), y mampostería estructural (52.8%).

La zona segura en base a los datos obtenidos fue la parroquia de Los Esteros (50.5% marcación inspeccionado), mientras su contraparte como parroquias con mayor afectación fueron las de San Mateo y Eloy Alfaro (38.21% y 35.07% de marcación insegura respectivamente), parroquias en donde priman los tipos de construcción de hormigón y construcción mixta, y que en su mayoría son edificaciones de 1 y 2 pisos (más del 85.3%) respectivamente.

Realizados los análisis estadísticos y asociado a la importancia del comportamiento de los elementos estructurales en el total de las muestras evaluadas, se concluye que el 24.87 % de las edificaciones de la ciudad de Manta presentarán afectaciones severas y/o colapsos ante un nuevo sismo de igual magnitud que el ocurrido el 16A, si no se toman acciones correctivas y/o preventivas.

REFERENCIAS

- Aguiar, R., & Mieles, Y. (2016). ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS QUE COLAPSARON EN PORTOVIEJO DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(3). doi: <http://dx.doi.org/10.24133/riie.v21i3.601>
- Aguiar, R., Cevallos, A., Sornoza, M., Iglesias, M., Loo, E., López, L., . . . Chica, G. (2017). COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS AFECTADOS POR EL TERREMOTO DE 2016 EN MANTA. SEGUNDA PARTE. *Revista Ciencia*, 19(3). doi: <http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v19i3.542>
- Aguiar, R., Vega, A., Fioravanti, M., Intriago, J., Mero, R., Moreira, P., . . . Luzardo, D. (2018). COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS UBICADAS EN LA ZONA CERO DE TARQUI EN MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DE 2016. *Revista Ciencia*, 20(1). doi: <http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v20i1.556>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2002). GUIA TECNICA PARA LA INSPECCION DE EDIFICACIONES DESPUES DE UN SISMO. BOGOTA: COPYPLUS Ltda.
- Alvarado, A. (2012). Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur. Institut de Sciences de la Terre de Grenoble, 259.
- Arancibia, F. (16 de agosto de 2007). Ingeniería y Construcción. Obtenido de <http://facingyconst.blogspot.com/2007/08/daos-en-edificacion-debidos-terremotos.html>
- Benito, B., & Jiménez, M. (1999). Peligrosidad Sísmica. Física de la Tierra, 13-47. CADS-ESPOL. (2013). Análisis de vulnerabilidad cantón Manta. Obtenido de Repositorio CEDIA: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/852/1/Perfil%20territorial%20MANTA.pdf>
- Benito, B., & Jiménez, M. E. (1999). Peligrosidad Sísmica. (U. C. Madrid, Ed.) *Física de la Tierra*, 11, 13-47. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/download/FITE9999110013A/12067>
- Capacci, A., & Mangano, S. (2015). Las catástrofes naturales. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 35-51.
- Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2011). Evaluación de la habitabilidad de edificios afectados por sismo utilizando la teoría de conjuntos difusos y las redes neuronales artificiales. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.*, 274-293.
- CEPAL. (2017). La consecuencia poco natural de los desastres naturales. Comunidad Andina. (2009). *Perdidas Históricas*. Obtenido de http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el_nino_y_la_nina/2.html
- EL COMERCIO. (26 de agosto de 2014). Ecuador está asentado sobre tres sistemas de fallas geológicas.
- El Comercio. (12 de noviembre de 2016). Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/casas-terremoto-ecuador-ministerio-reconstruccion.html>
- Geographic, N. (6 de enero de 2010). National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/terremotos>
- Grünthal, G. (1998). European Macroseismic Scale. Conseil de L'Europe. Cahiers du centre Européen de Géodynamique et de Séismologie.
- IGEPN. (2016). Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/portal/eventos/www/browser/2016.html>

- INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2007). Breves Fundamentos sobre los Terremotos en el Ecuador. Quito: Corporación Editora Nacional.
- BERNREUTER, D.L.; SAVY, J.B.; MENSING, R.W. y CHEN, J.J., 1989. Seismic hazard characterization of 69 nuclear plant sites East of the Rocky Mountains. Report NUREG/CR-5250, Lawrence Livermore National Laboratory and US Nuclear Regulatory Commission
- López, O. A. (2014). Guía para la Evaluación de Edificaciones Existentes con Fines de Adecuación Sísmica. En O. A. López, Ingeniería Sísmica. Caracas.
- MANTA, G. (2021). Catastro Manta. Manta: Departamento de avalúos, catastro y permisos municipales.
- Mena, R. (2015). Impacto de los desastres en américa latina y el caribe 1990 - 2013. UNISDR.
- MIDUVI. (2016). Guía práctica para la evaluación y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Quito: Imprenta Activa.
- MIDUVI. (2016). Guía: Inspección y evaluación rápida de estructuras post evento sísmico. Quito: Imprenta Activa.
- Oleas Escalante, M., & Santana Chávez, C. F. (2019). SUSCEPTIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN DE LOS SUELOS EN LA ZONA TARQUI. En C. d. Autores, *Las investigaciones en las ciencias técnicas. Un aporte desde las ingenierías*. Manta: Ediciones ULEAM. Obtenido de www.munayi.uleam.edu.ec
- Oliveres, C. (2003). Capítulo 4. Catalunya.
- Rodriguez De La torre, F. (noviembre de 1992). LA GEOGRAFÍA Y LA HISTORIA DE LOS SISMOS. Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/geo97.htm>
- Sandi, H. (1986). "vulnerability and risk analysis for individual structures and systems". Lisbon, Portugal: ECCE.
- Serrano Vizueté, S., & Zambrano Mejía, A. (2019). ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS CON BASE RÍGIDA VERSUS INTERACCIÓN SUELOESTRUCTURA CON PROPIEDADES EN SUELOS DE MANTA. En C. d. Autores, *Las investigaciones en las ciencias técnicas. Un aporte desde las ingenierías*. Manta: Ediciones ULEAM. Obtenido de www.munayi.uleam.edu.ec
- SNGR. (2016). INFORME DE SITUACION N°65. Pedernales: Estatal. Universidad de Alicante (2021). Peligrosidad Sísmica. Evaluación de la peligrosidad de inestabilidades de laderas asociadas a terremotos. Alicante. España. Obtenido de <https://web.ua.es/es/urs/peligrosidad/peligrosidad-sismica.html>
- Vaca, S., Béthoux, N., & Regnier, M. (enero de 2009). Sismicidad de la región de Manta: Enjambre sísmico de Manta - 2005. Quito: IG-EPN.
- Yepez, F. (1996). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación. Barcelona, España: Politécnica de Cataluña.

Bibliografía

- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2007). *Breves Fundamentos sobre los Terremotos en el Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- AEPCP. (2006). RESILIENCIA: DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y UTILIDAD DEL CONCEPTO. *Revista de psicología y Psicopatología Clínica*, 125-146.
- Aguiar, R., & Mielles, Y. (2016). ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS QUE COLAPSARON EN PORTOVIEJO DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(3). doi:<http://dx.doi.org/10.24133/riie.v21i3.601>
- Aguiar, R., Cevallos, A., Sornoza, M., Iglesias, M., Llor, E., López, L., . . . Chica, G. (2017). COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS AFECTADOS POR EL TERREMOTO DE 2016 EN MANTA. SEGUNDA PARTE. *Revista Ciencia*, 19(3). doi:<http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v19i3.542>

- Aguiar, R., Vega, A., Fioravanti, M., Intriago, J., Mero, R., Moreira, P., . . . Luzardo, D. (2018). COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS UBICADAS EN LA ZONA CERO DE TARQUI EN MANTA, DURANTE EL TERREMOTO DE 2016. *Revista Ciencia*, 20(1). doi:<http://dx.doi.org/10.24133/ciencia.v20i1.556>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2002). *GUIA TECNICA PARA LA INSPECCION DE EDIFICACIONES DESPUES DE UN SISMO*. BOGOTA: COPYPLUS Ltda.
- Alvarado, A. (2012). Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur. *Institut de Sciences de la Terre de Grenoble*, 259.
- Ambraseys, N. (1980). Estudios de terremotos en el terreno. Terremotos, evaluaciones y mitigación de su peligrosidad. *UNESCO*, 360.
- Arancibia, F. (16 de Agosto de 2007). *ingeniería y Construcción*. Obtenido de <http://facingconst.blogspot.com/2007/08/daos-en-edificacion-debidos-terremotos.html>
- ATC. (2019). *Applied Technology Council*. Obtenido de <https://www.atcouncil.org/>
- Barbat, A. (1998). "El riesgo sísmico en el diseño de edificios". Calidad Siderúrgica S.R.L.
- Benítez, D. E. (2019). *Diccionario Abierto de Español*. Obtenido de <https://www.significadode.org/zona%20cero.htm>
- Benito, B., & Jimenez, M. (1999). Peligrosidad Sísmica. *Física de la Tierra*, 13-47.
- Benito, B., & Jiménez, M. E. (1999). Peligrosidad Sísmica. (U. C. Madrid, Ed.) *Física de la Tierra*, 11, 13-47. Obtenido de <https://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/download/FITE9999110013A/12067>
- CADS-ESPOL. (2013). *Análisis de vulnerabilidad cantón Manta*. Obtenido de Repositorio CEDIA: <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/852/1/Perfil%20territorial%20MANTA.pdf>
- Capacci, A., & Mangano, S. (2015). Las catastrofes naturales. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 35-51.
- Carreño Tibaduiza, M. L., Barbat, A., & Cardona, O. D. (Noviembre de 2005). *researchgate*. Obtenido de [222.researchgate.net/publication/271505557](https://www.researchgate.net/publication/271505557)
- Carreño, M., Cardona, O., & Barbat, A. (2011). Evaluación de la habitabilidad de edificios afectados por sismo utilizando la teoría de conjuntos difusos y las redes neuronales artificiales. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.*, 274-293.
- Centro del Agua y Desarrollo Sustentable CADS-ESPOL. (2013). *Análisis de vulnerabilidad cantón Manta*. Manta: ESPOL.
- CEPAL. (2013). *Manual para evaluación de desastres*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2017). *La consecuencia poco natural de los desastres naturales*.
- Comunidad Andina. (2009). Obtenido de www.comunidadandina.org
- Comunidad Andina. (2009). *Perdidas Históricas*. Obtenido de http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el_nino_y_la_nina/2.html
- CONSTRUMÁTICA. (25 de 10 de 2011). *CONSTRUMÁTICA*. Obtenido de <https://www.construmatica.com>
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 1583-1606.
- Cruz, R. A., & Córtes, W. L. (2002). Evaluación Sismo Resistente de Edificaciones Antiguas de Tapia Pisada con Adobe. *Ingenierías*, 51-57.
- Delgado Marchal, José. (2021). Evaluación de la Peligrosidad de Inestabilidades de Laderas Asociadas a Terremotos. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad. Área temática de gestión: Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global. Subárea temática: Ciencias de la Tierra.
- Earl, S., Carden, F., & Smutylo, T. (2002). *Mapeo de alcances: Incorporando aprendizaje y reflexión en programas de desarrollo*. Canadá: Libro Universitario Regional (LUR) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá).
- EL COMERCIO. (26 de Agosto de 2014). Ecuador está asentado sobre tres sistemas de fallas geológicas.
- El Comercio. (12 de Noviembre de 2016). Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/casas-terremoto-ecuador-ministerio-reconstruccion.html>
- ESTADISTA. (ENERO de 2019). *statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/641148/catastrofes-naturales-a-nivel-mundial/>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja . (2010). *Informe Mundial Sobre Desastres*.
- García, J. (2000). ILDEFONSO CERDÀ Y EL NACIMIENTO DE LA URBANÍSTICA: LA PRIMERA PROPUESTA DISCIPLINAR DE SU ESTRUCTURA PROFUNDA. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*.
- Geographic, N. (6 de Enero de 2010). *National Geographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/terremotos>

- Grünthal, G. (1998). *European Macroseismic Scale*. Conseil de L'Europe. Cahiers du centre Européen de Géodynamique et de Séismologie.
- IGEPN. (2016). *Instituto Geosífico Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/portal/eventos/www/browser/2016.html>
- IGEPN. (2016). *Instituto Geosífico Escuela Politécnica Nacional*. INFORME SÍSMICO ESPECIAL N. 12 - 2016. Evaluación de intensidades sismo en Pedernales. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1316-informe-sismico-especial-n-12-2016>
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censo*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>
- Lenin, L. M., Hernan, A., & Marco, G. (Octubre de 2018). Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga– Ecuador. *Revista Politécnica*, 42(1).
- LEXICO. (2019). *LEXICO*. Obtenido de <https://www.lexico.com/es/definicion/catastrofe>
- López, Kleber. Análisis del comportamiento de las edificaciones de la ciudad de Manta durante el evento sísmico ocurrido el 16 de abril del 2016. Tesis de grado, Ingeniería Civil. Manta.
- López, O. A. (2014). Guía para la Evaluación de Edificaciones Existentes con Fines de Adecuación Sísmica. En O. A. López, *Ingeniería Sísmica*. Caracas.
- M Scotta, D. &. (2016). *FUNDAMENTOS PARA UNA METODOLOGIA DE EVALUACION POST-SISMICA EN LA REPUBLICA DE ARGENTINA*.
- Mallet, R. (1862). *Great Neapolitan earthquake of 1857. The first principles of observational seismology... great earthquake of Decembre 1857*. London.
- MANTA, G. (2021). *CATASTRO MANTA*. MANTA: DEPARTAMENTO DE AVALUOS, CATASTRO Y PERMISOS MUNICIPALES.
- Máximo, P. (febrero de 2007). *Los sismos y su efecto sobre las estructuras*. Obtenido de http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/ciencias/resources/LocalContent/48/2/Divulgacionfebrero07.pdf
- Mena, R. (2015). *Impacto de los desastres en américa latina y el caribe 1990 - 2013*. UNISDR.
- MIDUVI. (2016). *Guía práctica para la evaluación y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito: Imprenta Activa.
- MIDUVI. (2016). *Guía: Inspección y evaluación rápida de estructuras post evento sísmico*. Quito: Imprenta Activa.
- NEC. (2015). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Oleas Escalante, M., & Santana Chávez, C. F. (2019). SUSCEPTIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN DE LOS SUELOS EN LA ZONA TARQUI. En C. d. Autores, *Las investigaciones en las ciencias técnicas. Un aporte desde las ingenierías*. Manta: Ediciones ULEAM. Obtenido de www.munayi.uleam.edu.ec
- Oliveres, C. (2003). Capítulo 4. Catalunya.
- PNUD. (2010). *Evaluación del Riesgo de Desastre*. New York.
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*, 1-26.
- RED GEOMATICA. (s.f.). METODOLOGÍA: EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA. Obtenido de http://redgeomatica.rediris.es/sismo/webs/Metodologia/met_01.htm
- Rodriguez De La torre, F. (Noviembre de 1992). *LA GEOGRAFÍA Y LA HISTORIA DE LOS SISMOS*. Obtenido de <http://www.ub.edu/geocrit/geo97.htm>
- Safina Melone, S. (2003). *"Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico"*. Catalunya: Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica.
- Sagripani, G., Bettiol, A., & Seitz, C. (2007). *TERREMOTOS*. Cordoba: Agencia Córdoba Ciencia S.E.
- Sandi, H. (1986). *"vulnerability and risk analysis for individual structures and systems"*. Lisbon, Portugal: ECCE.
- Serrano Vizuete, S., & Zambrano Mejía, A. (2019). ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS CON BASE RÍGIDA VERSUS INTERACCIÓN SUELOESTRUCTURA CON PROPIEDADES EN SUELOS DE MANTA. En C. d. Autores, *Las investigaciones en las ciencias técnicas. Un aporte desde las ingenierías*. Manta: Ediciones ULEAM. Obtenido de www.munayi.uleam.edu.ec
- SNGR. (2016). *INFORME DE SITUACION N°65*. Pedernales: Estatal.
- STATISTA. (Octubre de 2018). *STATISTA*.

- unicef. (2008). *SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE LA NIÑEZ INSTRUMENTO DE MAPEO Y EVALUACIÓN*.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). Obtenido de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán:
<http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/Laboratoriovirtualdeestadistica/DOCUMENTOS/TEMA%201/5.%20GRAFICA%20DE%20%20PASTEL.pdf>
- Vaca, S., Béthoux, N., & Regnier, M. (Enero de 2009). *Sismicidad de la región de Manta: Enjambre sísmico de Manta - 2005*. Quito: IG-EPN.
- Vizconde Campos, A., & Gaibor, M. (05 de Noviembre de 2017). *Edificaciones de Calidad*. Obtenido de <http://edificacionesdecalidad.com/content/m%C3%A9todo-de-evaluaci%C3%B3n-r%C3%A1pida-seg%C3%BA-an-atc-20-para-inspecci%C3%B3n-post-sismo-de-edificaciones>
- WIKIPEDIA. (2018). *TERREMOTOS DE MAYOR MAGNITUD*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Terremotos_de_mayor_magnitud
- WIKIPEDIA. (2019). *WIKIPEDIA*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Enjambre_s%C3%ADsmico
- Yepes, H., Chatelain, J.-L., & Guillier, B. (1994). Estudio del riesgo sísmico en el Ecuador., (págs. 161-164). Quito.
- Yepez, F. (1996). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación*. Barcelona, España: Politécnica de Cataluña.