




Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo: Reflexiones del 16-A

(Seismic vulnerability in buildings of the Portoviejo city: Reflections of 16-A)

Gema María Menéndez-Navarro , Juan Gabriel García-García , Adrián Eliceo Reyna-García 

Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador
gmmenendez@sangregorio.edu.ec, jggarcia@sangregorio.edu.ec, aereyna@sangregorio.edu.ec

Resumen: Existen muchas reflexiones y conclusiones derivadas luego del evento sísmico del 16 de abril de 2016, suceso que tuvo un fuerte impacto en las infraestructuras de la denominada zona cero de la ciudad de Portoviejo, en algunos casos reconfigurando su dinámica urbana y de movilidad. El rol de los profesionales es una de las aristas más cuestionadas por la comunidad luego del daño que sufrieron edificios y otras obras civiles, provocando grandes pérdidas económicas y humanas. El objetivo de la investigación es el de identificar la vulnerabilidad sísmica a las que están expuestas las infraestructuras ante sismos a partir de la experiencia vivida con el terremoto del 16-A, empleando una metodología de investigación documental (bibliográfica) y de campo (encuestas), aplicadas a los actores del sector de la construcción. Los resultados obtenidos evidencian que el sector antes mencionado, con todas sus ramas implícitas, requiere de constante capacitación y actualización de conocimientos y técnicas constructivas modernas.

Palabras clave: Conciencia constructiva, edificación, infraestructura vulnerable, sismo 16-A, zona cero.

Abstract: There are many reflections and conclusions derived after the seismic event of April 16, 2016, an event that had a strong impact on the infrastructure of the so-called ground zero of the city of Portoviejo, in some cases reconfiguring its urban and mobility dynamics. The role of professionals is one of the aspects most questioned by the community after the damage suffered by buildings and other civil works, causing great economic and human losses. The objective of the research is to identify the seismic vulnerability to which infrastructures are exposed to earthquakes based on the experience with the 16-A earthquake, using a documentary (bibliographical) and field (survey) research methodology, applied to the actors of the construction sector. The results obtained show that the aforementioned sector, with all its implicit branches, requires constant training and updating of knowledge and modern construction techniques.

Keywords: Constructive awareness, building, vulnerable infrastructure, earthquake 16-A, ground zero.

1. INTRODUCCIÓN

El 16 de abril del año 2016 en la costa manabita se produjo un gran sismo de magnitud de 7,8 grados en la escala de Richter causando daños catastróficos. Según el Comité de Reconstrucción y Reactivación señala que, a finales de diciembre 2016, se llegó a inspeccionar

70.311 edificaciones, de las cuales 20.510 viviendas se consideraron como habitables o seguras; 27.486 fueron consideradas recuperables y 22.315 catalogadas inseguras [1].

Tanto por el número de eventos como por el número de víctimas, son los países en vías de desarrollo como el Ecuador los que se ven más gravemente afectados. Esto se debe a dos factores fundamentales: 1) localización: esos países, en conjunto, abarcan una extensión mucho mayor y, además, se encuentran en muchos casos en zonas de intensa actividad geodinámica; 2) desarrollo económico, social, político y cultural: es frecuente que en estos países no existan, o no se apliquen, normas o políticas de ordenación territorial que tengan en cuenta los riesgos naturales; también suele ser limitado el grado de preparación de la población o la organización de planes de prevención y corrección de riesgos [2].

La ubicación geográfica de Ecuador lo coloca dentro del denominado cinturón de fuego del Océano Pacífico, mostrando la alta peligrosidad sísmica de esa zona del Pacífico, asociada a la convergencia de placas Nazca y Sudamérica.

Safina [3] expresa que los códigos de diseño sísmico son básicamente estrategias para reducir el nivel de riesgo de las edificaciones y otras instalaciones calificadas de importancia vital para atender situaciones de emergencias debido a un evento sísmico.

Con la creación y aplicación de las normas y códigos existentes, se pretendía mitigar los daños y preservar la vida ante un evento sísmico de gran magnitud. No obstante, la existencia de estas normas no asegura su aplicación. La vulnerabilidad de las edificaciones y de la vida está presente, en edificaciones construidas sin normas o sin control técnico por parte de autoridades municipales o instituciones gremiales de la rama, lo cual quedó evidenciado el 16 A.

Dentro de las nuevas tendencias de la Ingeniería Sísmica, reconocen la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de los edificios en entornos urbanos, ya que los edificios ante la ocurrencia de fuertes sismos son los responsables de evitar verdaderas catástrofes y que hasta la fecha continúa dejando grandes pérdidas económicas y víctimas mortales [4].

La vulnerabilidad en las edificaciones fue expuesta el evento sísmico del 16 A, generando grandes interrogantes en la población ante la gran destrucción y muerte de personas. Los profesionales: ingenieros civiles, arquitectos, geólogos, geógrafos, entre otros, comenzaron a analizar y a evaluar los factores que volvieron vulnerables a las edificaciones, de manera especial en un punto central de la ciudad Portoviejo, denominado "zona cero" después del sismo.

Dentro del análisis del colapso de las edificaciones durante el terremoto del año 2016 en la ciudad de Portoviejo, Aguiar y Mielles [5] establecen que varias son las causas que llevaron al desplome a estos edificios, entre las que se destacan: 1) la magnitud del sismo reflejada en los espectros de respuesta, obtenidos en la ciudad de Portoviejo, que para el rango de periodos que están alrededor de 0.5 segundos superó notablemente a los espectros que prescriben el Código Ecuatoriano de la Construcción del 2000, y las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC) de 2011 y 2015; 2) construcción de nuevos pisos sobre los ya existentes sin reforzar las estructuras; 3) estructuras bastante flexibles que tuvieron grandes desplazamientos 4) la tipología estructural que obliga a que las construcciones tengan la planta baja con una altura de 5 m y mezzanines, y 5) amplificación de las ondas sísmicas por efecto de sitio.

Podemos resumir entonces las consecuencias del evento sísmico en tres grandes variables que dieron como resultado la vulnerabilidad de las edificaciones en la zona cero de la ciudad de Portoviejo: Magnitud y amplificación de las ondas sísmicas (Peligrosidad sísmica), procesos constructivos erróneos, y conformación del suelo.

En cuanto a la peligrosidad sísmica, la NEC en su capítulo sobre Diseño Sísmico (NEC-SE-DS - parte 1), define a la peligrosidad sísmica como, probabilidad de excedencia, dentro de un

período específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros, aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados [6]. Estos parámetros se los identifica por sus siglas en inglés como PGA (*Peak ground acceleration*) o Aceleración sísmica máxima (pico) horizontal en roca, PGV (*Peak ground velocity*) y PGD (*Peak ground displacement*). Para identificar el peligro sísmico en Ecuador, la NEC divide al país en seis zonas sísmicas, denominado mapa de zonificación sísmica para diseño, el valor z representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo en cada zona y se expresa en fracción de la aceleración de la gravedad tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC 2015

De acuerdo con la NEC, todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta [6], tal como lo podemos observar en la Figura 1.

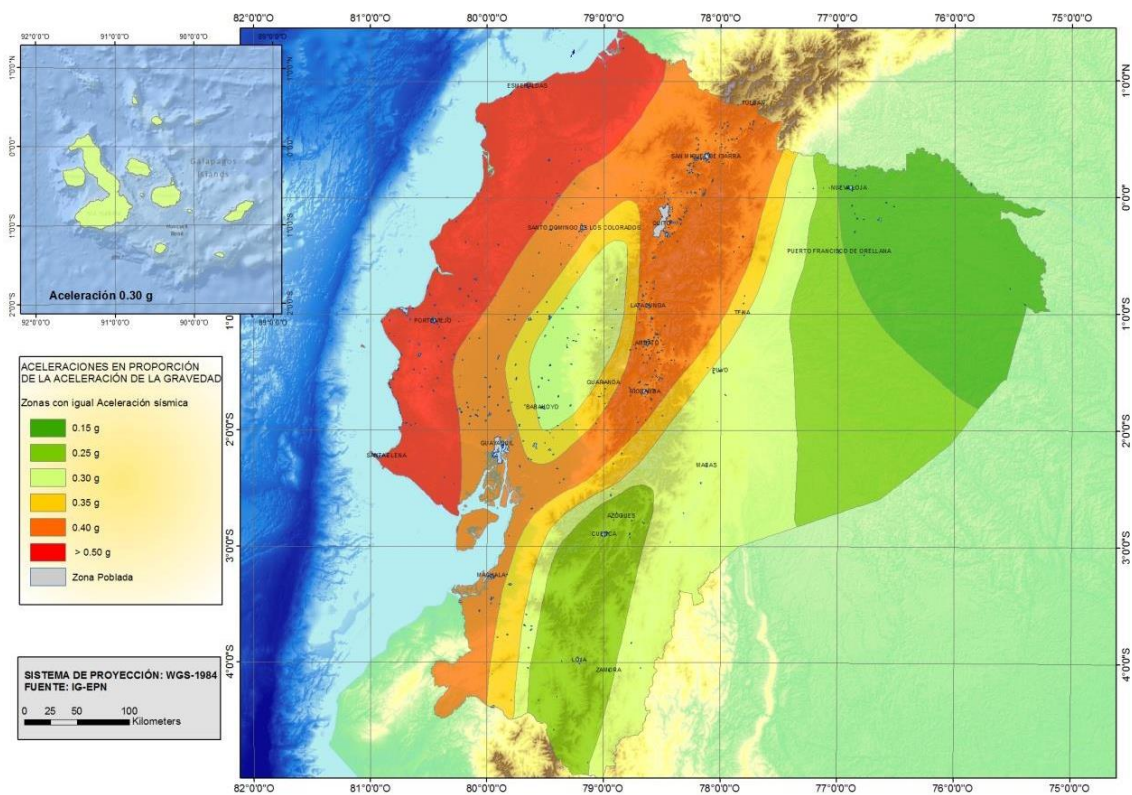


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Fuente: NEC 2015

Según la figura 2, el sismo del 16 A presentó los siguientes PGA: Pedernales epicentro del sismo 1.413g, sobrepasó la aceleración de la gravedad considerada en nuestra norma, y en Portoviejo el PGA fue de 0.42g, el cual se encuentra dentro del rango para la zona VI - actividad sísmica muy alta (mayor o igual a 0.5g) [5].

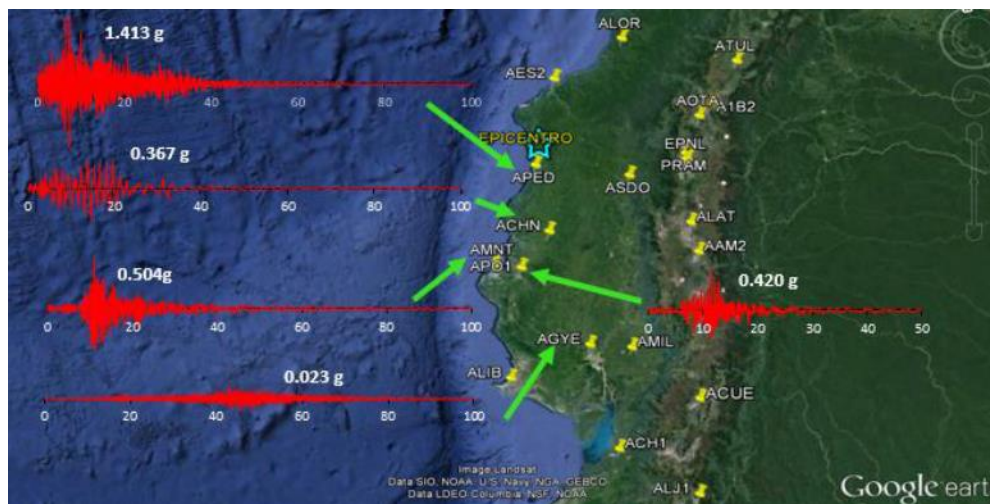


Figura 2. Acelerogramas obtenidos del terremoto del 16 A.

Fuente: RENAC-IGPN 2016

De manera general, el PGA del sismo del 16 A superó a la máxima aceleración de la gravedad dispuesta en nuestra norma, lo cual nos hace analizar la gran magnitud del sismo y replantear los valores z de nuestra normativa. Según los valores z para el diseño sísmico, Portoviejo se encuentra en una zona de actividad sísmica muy alta, exigiéndonos dar cumplimiento a las normas de construcción.

Suelo – Zona Cero

Sobre la conformación del suelo o de estratos de la zona cero, Alvarado [7] realiza la siguiente exposición:

“La ciudad se caracteriza por presentar una predominancia de depósitos del Holoceno principalmente de ambiente fluvial; al mismo tiempo por su geomorfología y ubicación, es propensa a inundaciones causadas por el desbordamiento del río Portoviejo, lo que genera la saturación del suelo, en especial en épocas donde se desarrolla el Fenómeno de El Niño.”

La zona cero de la ciudad de Portoviejo está asentada sobre suelos muy blandos, categorizados dentro del mapa de microzonificación sísmica con la categoría M5, como se puede apreciar en la figura 3. Estas características forman en conjunto una zona de alta vulnerabilidad para desarrollar fenómenos en los suelos, como licuefacción, asentamientos, expansividad, entre otros. Estos fenómenos pueden ser simultáneos o posteriores a la amenaza principal, como sismos o inundaciones.

Estas condiciones dieron lugar a una afectación mayor por el sismo del 16 A, la vulnerabilidad de nuestras edificaciones frente al factor suelo fueron altas, además la tipologías o procesos constructivos con los que se desarrolló la urbe de la zona cero, jugaron un papel importante, convirtiendo al centro de Portoviejo en una bomba de tiempo.

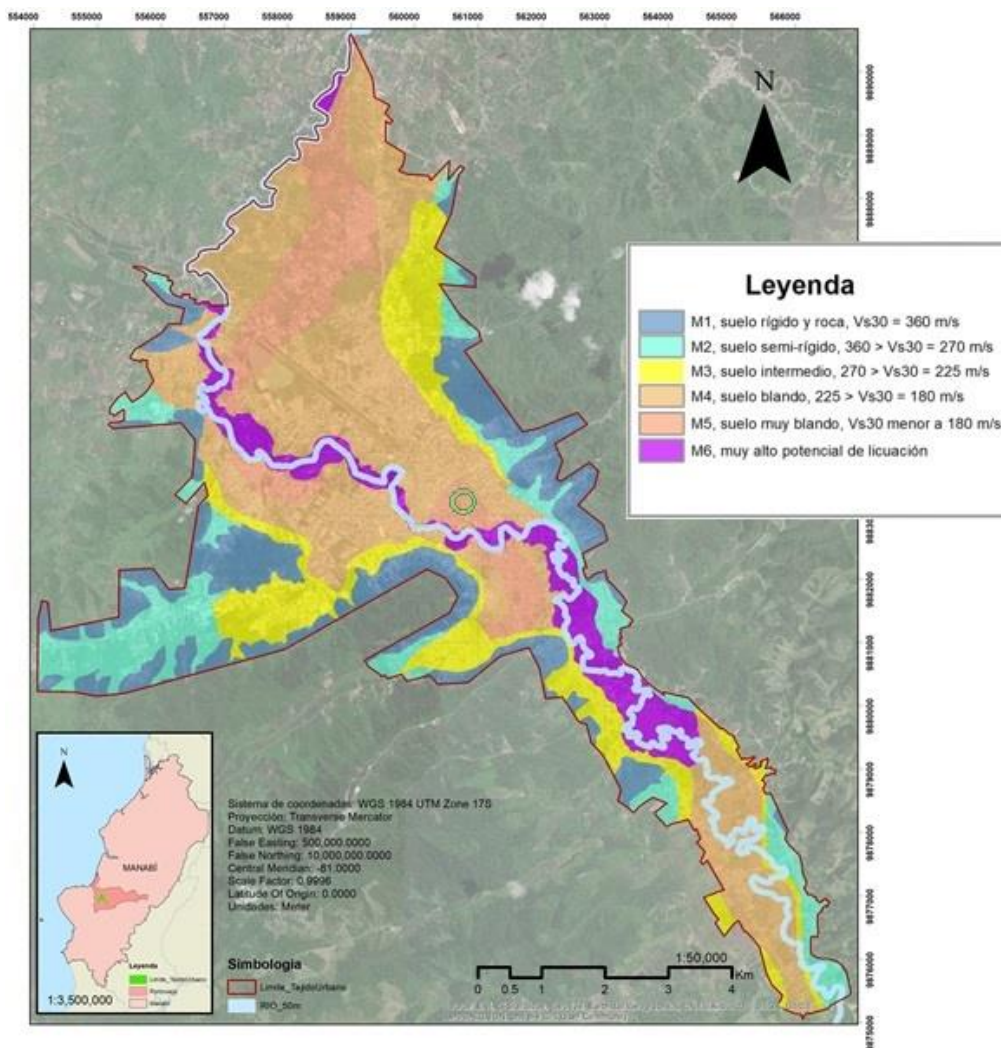


Figura 3. Mapa de Microzonificación sísmica de la ciudad de Portoviejo

Fuente: GAD Portoviejo

Vulnerabilidad Estructural Zona Cero

Yépez, Barbat y Canas [8] señalan que, indistintamente de que existen edificaciones dentro de una misma tipología estructural, estas experimentan mayor o menor daño a pesar de estar ubicadas en la misma zona, algo que aconteció en la zona cero de la ciudad de Portoviejo. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características, se le denomina vulnerabilidad, por ende, se puede clasificar a una edificación como “más vulnerable” o “menos vulnerable”.

El grado o daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos: daño estructural o daño no estructural, entendiéndose el primero como el daño que se produce en elementos que forman parte del sistema resistente de la edificación y en el segundo se pueden agrupar los daños arquitectónicos y a los sistemas mecánicos, eléctricos y sanitarios entre otros [8].

Según [9], la vulnerabilidad es una característica intrínseca de las estructuras, dependiente de la forma como hayan sido diseñadas pero independiente de la peligrosidad sísmica del sitio donde estén ubicadas. Se puede afirmar que cada tipo de estructura tiene su propia función de

vulnerabilidad y que el método para la determinación de dicha función varía en la misma forma en que el comportamiento estructural del elemento en riesgo sea distinto.

Un buen diseño estructural sísmo-resistente es clave para impedir el colapso de la estructura, cumpliendo con un nivel de prevención de colapso (sismos extremos), y proteger la vida de sus ocupantes ante un sismo, cumpliendo con un nivel de seguridad de vida (sismo de diseño), lamentablemente en Ecuador la aplicación de criterios de diseños sísmo-resistente no se han aplicado de manera correcta.

En el proceso de estudio del grado de vulnerabilidad hay que recordar que, todo sistema constructivo es susceptible de ser afectado por un sismo. En la actualidad existe diversidad de literatura sobre el estudio de la vulnerabilidad de algunos elementos en riesgos como líneas de conducción de energía, red de distribución de aguas, puentes, edificaciones, entre otros [9]. La mayoría se centra en la valoración de los elementos constructivos que están sometidos a los procesos sísmicos, pero pocos estudios recogen la versión de los profesionales de la construcción o pocos son los que tratan de comprender el nivel de conocimiento y manejo de las normas que rigen la construcción en los profesionales que se dedican a esta actividad.

A través de la presente investigación se pretende identificar las vulneraciones sísmicas a las que están expuestas las infraestructuras ante sismos a partir de las experiencias vividas con el terremoto del 16-A desde la perspectiva de los profesionales en el área de la construcción que desarrollan esta actividad en la ciudad y así conocer el nivel que poseen en cuanto al manejo de la normativa vigente.

2. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo y descriptivo, pues se realizó la recolección de datos empleando el instrumento de las encuestas, que posteriormente fueron analizadas e interpretadas para responder a preguntas de investigación definidas con anterioridad en referencia a la deficiencia del conocimiento de los profesionales en cuanto a las normativas que regulan los procesos constructivos [10]. Además, se realizó una investigación de corte documental que permitió identificar el conocimiento de patrones de vulnerabilidad presentes en nuestro objeto de estudio.

Población y Muestra

Se contó con una muestra de la población de los profesionales del campo amplio del conocimiento de la Ingeniería, Industria y Construcción a nivel de la ciudad de Portoviejo, teniendo la participación de la agremiación de Arquitectos representada, en ese entonces, por el Arq. David Cobeña Loor como presidente del Colegio de Arquitectos de Manabí (CAM), quien expresó que, en el CAM, se registran alrededor de 700 arquitectos inscritos a nivel del cantón Portoviejo. En cuanto a los profesionales Ingenieros Civiles, representados por el Ing. Fabricio Villavicencio, presidente (vigente) del Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí (CICM), expresó que en su agremiación se tiene un registro de 2165 profesionales a nivel del cantón Portoviejo.

Tamaño de la muestra

Considerando la población la suma total de los arquitectos e ingenieros civiles inscritos en sus respectivos colegios.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- $N = \text{Tamaño de la población} = 700 + 2165 = 2865$

- Z = Nivel de confianza del 95% = 1.96
- p = Probabilidad de éxito = 0.95
- q = Probabilidad de fracaso = 0.05
- e = Precisión del 5% = 0.05

$$n = \frac{2865 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.05^2 * (2865 - 1) + (1.96^2 * 0.95 * 0.05)}$$

$$n = 71$$

Se realizaron 71 encuestas a profesionales entre Arquitectos e Ingenieros Civiles, para interpretar y conocer estadísticamente el compromiso profesional y de responsabilidad ante un proyecto de construcción, cubriendo el tema de los procesos constructivos aplicados en la ciudad de Portoviejo, realizando énfasis en la utilización de la NEC 2015, como normativa de uso obligatorio en el territorio ecuatoriano, y sobre estudios de mecánica de suelos. La técnica utilizada para la recolección de datos fue la encuesta; el instrumento empleado fue el cuestionario y los datos se procesaron en una hoja de cálculo electrónica.

3. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico del Conocimiento de los Profesionales sobre las normas de construcción.

La importancia que tienen las normas de construcción radican, en gran parte, en el funcionamiento interno, los requisitos, así como en los datos técnicos necesarios para los profesionales de este sector. Las normas se constituyen en un documento de permanente actualización y de consulta, necesario para las personas involucradas en los procesos de construcción de obras civiles, permitiendo tener parámetros de cálculos y diseños de cualquier elemento como por ejemplo en el caso de construcciones sismo resistente de estructuras, considerando las condiciones sísmicas de cada territorio [6].

Los diagnósticos de conocimiento o de valoración de las competencias profesionales, permiten tener una visión más amplia de las debilidades y permiten generar estrategias que ayuden a solventar las deficiencias en los conocimientos y habilidades que poseen las personas en diferentes campos de acción, y los profesionales de la construcción no pueden estar ajenos a esto. Se vuelve vital el investigar las causas por las cuales las obras no se construyen exactamente igual al diseño original para determinar los correctivos necesarios a dicha problemática que tiene su origen en aspectos menos considerados como lo son la adquisición de equipos y materiales no disponible en la ciudad y la disponibilidad de materiales y de mano de obra capacitada [11], que puede muy bien ser detectada a tiempo mediante un diagnóstico del personal.

Suárez [12] en su estudio señala entre algunos aspectos identificados que inciden en la calidad de la construcción tales como a la aplicabilidad de las normas locales y a la escasa contratación de mano de obra profesional y calificada durante la ejecución de la obra, pone en evidencia lo importante de conocer, manejar y aplicar las normativas. Con base en estos criterios expuestos la encuesta se enmarca en la detección del nivel de conocimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente y la identificación sobre la importancia de estudios preliminares a los procesos constructivos y los resultados se exponen a continuación:

Pregunta 1: Marque con un x su profesión

De acuerdo con los datos obtenidos de la pregunta 1 referente a la profesión del encuestado, se pudo observar que de los 71 profesionales encuestados el 45%, es decir 32 personas, son ingenieros civiles y el 55%, es decir 39 personas son arquitectos, muestra de la población de técnicos (Ing. Civiles y Arquitectos) de la ciudad de Portoviejo como se aprecia en la Figura 4.



Figura 4. Profesionales encuestados.

Pregunta 2: ¿Conoce usted las Normas Ecuatorianas de la construcción (NEC)?

El 89% de los encuestados (profesionales Arquitectos e Ingenieros Civiles) conocen la Norma Ecuatoriana de la Construcción, y un 11% no sabe de ella; lo que indica que un alto porcentaje conoce las normas, pero llama la atención que, aun siendo bajo, existen profesionales que desconocen de las normas que rigen en el país en cuanto a temas constructivos (Figura 5).

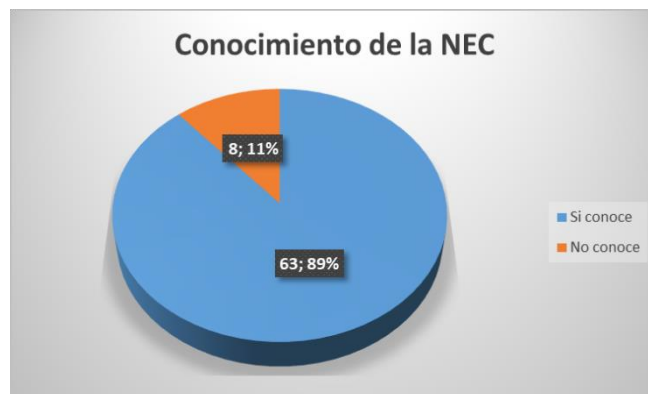


Figura 5. Porcentaje de conocimiento de la NEC.

Pregunta 3. ¿Sabe usted cuando fue la última actualización de la NEC?

En cuanto al conocimiento de la actualización de la normativa, se pudo observar en la figura 6 que existe paridad en los encuestados puesto que 36 profesionales conocen la última fecha de actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y los otros 35 profesionales restantes la desconocen. Se puede inferir con estos datos que la mitad de los profesionales no se encuentra actualizado en temas constructivos y las reformas a la normativa que rigen en el país.



Figura 6. Porcentaje de conocimiento en temas de actualización de la NEC.

Pregunta 4. ¿Sabe usted la importancia de realizar estudios de Mecánica de suelos?

En este caso el resultado es unánime, ya que el 100% de los encuestados (71 profesionales entre Arquitectos e Ingenieros Civiles) supo manifestar que si es importante realizar los estudios de Mecánica de suelos para los proyectos constructivos.

Pregunta 5. ¿Conoce usted las condiciones para realizar un estudio de Mecánica de suelos?

56 de los profesionales, lo que representa el 79% de los encuestados, afirman conocer las condiciones para realizar un estudio de mecánica de suelos, mientras 15 profesionales afirmaron no conocer, representando el 21% del total de los encuestados (Figura 7).

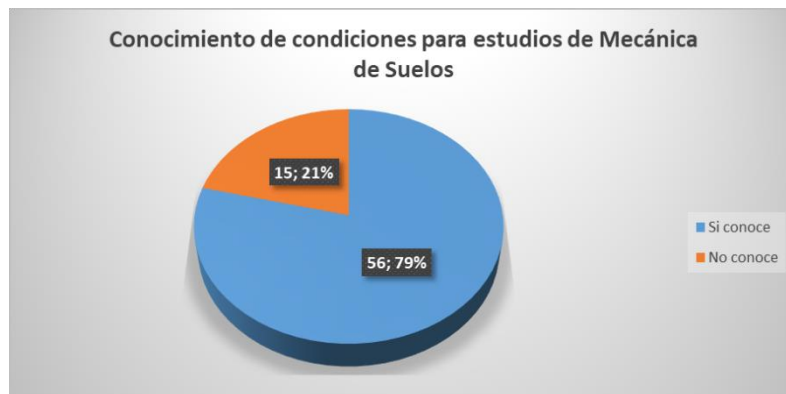


Figura 7. Porcentaje de conocimiento de condiciones para la realización de estudios de suelos.

Pregunta 6. ¿Sabe usted interpretar un estudio de mecánica de suelos?

En la Figura 8 podemos apreciar que el 59% (42 profesionales) saben interpretar un estudio de mecánica de suelos, en tanto que el 41% (29 profesionales) no tiene conocimiento para la interpretación de un estudio de suelos.

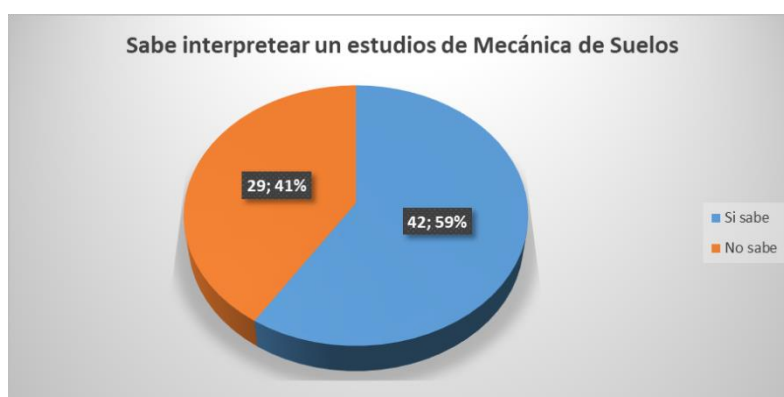


Figura 8. Porcentaje de conocimiento de interpretación de un estudio de suelos.

3.2. Identificación de patrones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo

Los procesos constructivos ejecutados en la zona cero no favorecieron a las estructuras ante el sismo, algunos procesos constructivos irregulares y muy comunes en las estructuras que fallan ante un sismo y de los cuales se pudieron evidenciar en la zona cero de la ciudad de Portoviejo están relacionados a pisos blandos, columnas esbeltas, columnas cortas, viga fuerte-columna débil, pesos en las terrazas, golpeteo, poca redundancia estructural, irregularidades en planta y elevación, nudos débiles, los cuales son un problema recurrente y que ha provocado daño en otros eventos en diferentes sismos [13].

Entre otras falencias típicas de la zona cero podemos destacar las siguientes:

- Traslape en nudo de unión viga-columna
- Separamiento de estribos (15 cm)
- Falta de confinamiento en la unión viga columna y en las vigas y columnas (normas antiguas)
- Construcción de pisos adicionales no planificados en el cálculo original (Falta de inspección, problemática cultural)
- Licuefacción de suelos (provoco fallas estructurales)

Los edificios gravemente afectados han sido abandonados en su mayoría, es el ejemplo del edificio de la Mutualista de Manabí que, hasta la actualidad, no presenta un plan de manejo de rehabilitación, además existieron edificaciones que tuvieron que ser demolidos por ser inviables, como fue el caso de edificaciones apostadas sobre la Av. Pedro Gual entre calles Espejo y Juan Montalvo. El comercio y otros servicios más ordinarios sufrieron un traslado inmediato hacia nuevos emplazamientos más periféricos para mantener la actividad económica. En algunas edificaciones no existe previsión de retorno al centro tradicional, por el elevado coste de la rehabilitación o, en su caso, renovación de la construcción, así como por una nueva y extendida percepción de riesgo sísmico centrada en el solar de la zona centro, conforme con los estudios geotécnicos [14].

Así mismo, existieron edificaciones que colapsaron en el instante que se produjo el terremoto, es el caso de edificios como el de la Mutualista Pichincha, Centro Comercial, Dirección Administrativa del IEES Portoviejo, Magisterio Manabita, Farmacia Comercio entre otros [5] y [15].

Cabe recalcar que algunas de las fallas mencionadas anteriormente se evidenciaron en edificaciones de la zona cero con una antigüedad considerable. Estas edificaciones antiguas

cumplían con las normas a la fecha de su construcción (Código Ecuatoriano de la construcción, NEC 2011 y ACI), las cuales en la actualidad son obsoletas, aquellas fueron sujetas a cambios considerables con el pasar de los años, mejorando aspectos estructurales muy importantes, como separaciones máximas de estribos en zonas de confinamiento, diámetros máximos en barras longitudinales y transversales.

4. DISCUSIÓN

En la actualidad es necesario identificar los factores que generan vulnerabilidad sísmica en las edificaciones. De acuerdo con la metodología de campo, implementando encuestas a profesionales de la rama del cantón Portoviejo, se obtuvo lo siguiente.

Se evidencia la falta de preparación continua en factores de suma importancia (NEC 2015, Mecánica de Suelos y Materiales) para la planificación, ejecución, seguimiento, cierre y mantenimiento de un proyecto de construcción.

Es necesario que los profesionales de la rama (diseño y construcción) manejen e interpreten adecuadamente nuestra norma (NEC), como las normas internacionales (ACI, por mayor relevancia), para una correcta aplicación, diseñando y construyendo edificaciones capaces de poseer un nivel alto de prevención de colapso en sismos extremos y sobre todo garantizar la vida de sus ocupantes.

De manera general, las estructuras fallaron por fuerza cortante en la base de las columnas, y lo hacen de manera súbita y frágil, sin ningún margen de ductilidad. Deficiente proceso constructivo [16].

En la ciudad de Portoviejo, en el campo laboral de la construcción los arquitectos y los ingenieros civiles tienen una participación casi igual para la elaboración y ejecución de proyectos de construcción. El 100% de los profesionales encuestados en el estudio conocen la Norma Ecuatoriana de la Construcción, pero la mitad desconoce su última actualización que fue en el año 2015, los que indica que estos profesionales no se encuentran en constante actualización de conocimientos en el área, factor clave para el diseño estructural sismo – resistente, suelo, selección de materiales, ejecución y fiscalización de la obra.

De la misma manera el 100% de los profesionales encuestados aseguraron conocer la importancia de realizar estudios de mecánica de suelos antes de iniciar una construcción, pero el 21.1% de la muestra desconoce las condiciones para realizarlos y el 40.8% de la muestra en general no sabe interpretarlos. Estos hallazgos revelan que hay un porcentaje alto de profesionales que trabajan sin realizar estudios de mecánica de suelos, o que realizan los estudios, pero ejecutan una interpretación errónea o la menos favorable para el caso, conllevando esto a problemas geotécnicos/estructurales más adelante.

La falta de conocimiento y de conciencia en temas técnicos es altamente preocupante y se refleja como una irresponsabilidad como profesionales. Todos estos parámetros deben cumplirse a cabalidad y en unión de una correcta gestión de otras áreas, así, se puede llegar a evitar muchos daños, ante cualquier desastre natural, tal como lo recomienda [17] ante la gran probabilidad de ocurrencias de sismos de grandes magnitudes.

Se debe establecer un plan global para la atención de las emergencias, proponiendo a las autoridades programas específicos para la realización de la inspección postsísmica y desarrollar una programación de cursos de actualización en el área de evaluación postsísmica dirigidos a: ingenieros, arquitectos, técnicos en construcción, personal de protección civil, bomberos y personas interesadas en el tema, voluntarios.

Es importante también analizar el trabajo que desempeñan los profesionales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, sus departamentos técnicos, al momento

de la aprobación de los proyectos de construcción (planos, cálculos y estudios), ellos juegan un papel clave, la aprobación de dichos requisitos deben estar basados en nuestras normas de construcción de ordenanzas municipales, sin permitir excepciones y así no dar origen al error.

A pesar de que la investigación se centraba en el tema técnico, es necesario recalcar puntos importantes que surgieron en esta discusión, y que como autores compartimos, ya que no es solo una prevención técnica, sino, una corresponsabilidad entre todas las áreas.

Aguilera [18] expresa que, la vulnerabilidad surge en una sociedad, de acuerdo con la forma como está organizada o relacionada con factores físicos, ambientales, económicos, sociales y culturales, siendo la pobreza una de las principales causas de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad funcional evidenciada en Manabí y de manera especial en la ciudad de Portoviejo, tras el sismo, es posible por una desorientada gestión pública nacional y local, que pone muchas veces en condiciones de riesgo a la población, sin generar habilidades que permita contener y minimizar situaciones de riesgo de manera eficiente, y desarrollar una adecuada preparación ante el desastre, como lo indica González [19], la preparación ante el desastre se lleva a cabo en dos frentes. Por una parte, se desarrollan planes de emergencia por parte de los organismos encargados de la protección civil. Por otra, se prepara a la población frente al terremoto (Gestión de Riesgo).

5. CONCLUSIÓN

Los hallazgos permitieron concluir que nuestros profesionales, Arquitectos e Ingenieros Civiles de la ciudad de Portoviejo, poseen una insuficiencia en la metodología empleada para las normativas vigentes. Asimismo, se identificó que los parámetros de cumplimiento para inicio de un proyecto de construcción (estudios de mecánica de suelos, cálculos estructuras en función al suelo y al diseño arquitectónico y una correcta selección de materiales construcción), no siempre son correctamente ejecutados o simplemente no son ejecutados. Finalmente se determinó que, el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones no solo se debe al caso estructural (aplicación de normas), sino a la no estructural, en sí, una visión global de la vulnerabilidad funcional. Todas estas conclusiones están ligadas con el desarrollo económico, social, político y cultural de la ciudad de Portoviejo, la no aplicación de normas o políticas de ordenamiento territorial, que contemplen los riesgos naturales; asimismo suele ser delimitado el grado de preparación de la población o la formación de planes de prevención y corrección de riesgos.

6. RECOMENDACIÓN

Se recomienda seguir evaluando las razones por las cuales se presentan dificultades en las obras, para así determinar las acciones correctivas que favorezcan la productividad y la reducción de la peligrosidad sísmica en las obras.

También se deben establecer estrategias que permitan tener constantemente actualizado a los profesionales y personas involucradas en los procesos constructivos, con un enfoque práctico experimental, y estos deben ser liderados por las agremiaciones profesionales.

El rol de la academia es también muy importante, por lo que se recomienda además generar procesos de fortalecimiento del aprendizaje del aseguramiento de control de calidad y la seguridad en las nuevas edificaciones; tanto a nivel teórico y experimental, para que las siguientes generaciones de profesionales asociados a la construcción sean conscientes de la magnitud del impacto de una buena proyección, gestión y ejecución de los nuevos proyectos.

AGRADECIMIENTOS: Los resultados aquí mostrados forman parte del proyecto de investigación denominado "Análisis de riesgo técnico en las edificaciones post terremoto del 16

abril del 2016 en la ciudad de Portoviejo” y los autores agradecen el apoyo de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.

REFERENCIAS

- [1] Comité de Reconstrucción y Reactivación, “Plan de Reconstrucción y Reactivación Productiva post terremoto - Mayo 2017”, Plan Reconstruyo Ecuador, Ecuador, Informe, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://djc.es/haErI>
- [2] J. Bonachea, “Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos”. Tesis Doctoral, Departamento de ciencias de la tierra y física de la materia condensada, Universidad de Cantabria, Santander, España, 2006.
- [3] S. Safina, “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales”. Tesis Doctoral, Departamento de ingeniería del terreno, cartográfica y geofísica, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2003.
- [4] R. Bonett, “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada”. Tesis Doctoral, Departamento de ingeniería del terreno, cartográfica y geofísica, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2003.
- [5] R. Aguiar y Y. Mieles, “Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016”, *Ingeniería de Estructuras*, vol. 21, no. 3, pp. 257-282, 2016.
- [6] *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC*, MIDUVI NEC-SE-GC-2015 [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- [7] K. Alvarado, “Mapa de Microzonificación Geotécnico y Modelo Geológico-Geotécnico 3D de la Ciudad de Portoviejo”. Trabajo fin de grado, Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleo, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2017.
- [8] F. Yépez, A. Barbat y J. Canas, *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*, Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1995.
- [9] C. Caicedo, A. Barbat, J. Canas y R. Aguiar, *Vulnerabilidad sísmica en edificios*, Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1994.
- [10] H. Sánchez, C. Reyes y K. Mejía, *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*, Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018.
- [11] Z. Giménez y C. Suárez, “Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles”, *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 23, no. 1, pp. 4-17, 2008.
- [12] L. Suárez, “Factores incidentes en la calidad constructiva en viviendas de baja densidad. Caso de estudio viviendas circundantes a la Av. Maldonado”. Trabajo fin de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2019.
- [13] R. Aguiar, “Fallas frecuentes durante los terremotos”, *ESPEctativa*, vol. 4, pp. 10-11, 2010.
- [14] G. Ponce y N. Pelegrín, “Reconstruir el centro o reconstruir la ciudad. Renovación post-sísmica. Caso de estudio en una ciudad ecuatoriana”, *Revista Espacios*, vol. 41, no. 34, pp. 46-68, 2020.

- [15] A. Castañeda y Y. Mieles, “Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016”, *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 32, no. 3, pp. 157-172, 2017.
- [16] M. Lara, H. Aguirre y M. Gallegos, “Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga–Ecuador”, *Revista Politécnica*, vol. 42, no. 1, pp. 37-46, 2018.
- [17] A. Pinto y R. Torres, “Evaluación postsísmica de edificaciones afectadas por terremotos”, *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 37, no. 3, pp. 167-176, 2016.
- [18] V. Aguilera, “Vulnerabilidades y facilitación en el terremoto de abril 2016 Manabí”. Trabajo fin de grado, Gestión para el Desarrollo Local Sostenible, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2018.
- [19] M. González, “La gestión del riesgo sísmico: recursos didácticos en internet”, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 19, no. 3, pp. 356-62, 2011.