



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2686>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Earthquake of april 16, 2016 in Ecuador: construction quality and reinforcement in Portoviejo five years later

Terremoto de 16 de abril de 2016 no Equador: qualidade de construção e reforço em Portoviejo cinco anos depois

Byron Fabián Hidalgo-Palacios¹
byron.hidalgo@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9226-2416>

Correspondencia: byron.hidalgo@utm.edu.ec

***Recibido:** 05 de marzo del 2022 ***Aceptado:** 28 de marzo de 2022 *** Publicado:** 19 de abril de 2022

I. Arquitecto, Departamento administrativo de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Resumen

Este estudio tuvo como **objetivo**: Determinar si la calidad de la construcción en el cantón Portoviejo y el reforzamiento en la zona cero después del sismo del 16 de abril de 2016 en Ecuador ha mejorado.

Metodología: La investigación fue de tipo prospectiva, con enfoque observacional, analítico, cualitativo y cuantitativo, asimismo, se abordan las metodologías empleadas en la zona para la evaluación de la calidad de las acciones de reforzamiento estructural en las ejecuciones post terremoto; con apoyo del método bibliográfico y de campo. **Resultados**: Tras el terremoto ocurrido en el año 2016, el gobierno central acometió acciones para la reconstrucción de las zonas de Portoviejo afectadas, hasta ahora se ha cumplido el 85% de lo establecido. **Conclusiones**: A pesar del progreso logrado se pudo evidenciar que: (a) hubo una selección inadecuada de propuestas de tipologías de viviendas, pues además de los tomar en cuenta elementos estructurales de resistencia sísmica, se debió considerar el diseño más apropiado para las zonas tropicales como es el caso de Portoviejo, (b) las actuales autoridades y actores del Plan no cuentan con toda la información y el conocimiento del proceso institucional, falta de regulación y control sobre la planificación urbana y la normativa de construcción, además de una desactualización de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial; (c) muchas de las instituciones no poseen herramientas de verificación muy detalladas que permitan ver el nivel de ejecución de las intervenciones; (d) el centro histórico no ha podido recuperar su esencia de centro comercial que tenía antes del terremoto de abril 2016 y; (e) los especialistas han propuesto un conjunto de medidas de reforzamiento estructural para reducir su vulnerabilidad futura, que no ha sido tomado en cuenta adecuadamente por los responsables, entre otras.

Palabras-Clave: terremoto; recuperación; vulnerabilidad; edificaciones antisísmicas.

Abstract

This study aimed to: Determine if the quality of the construction in the Portoviejo canton and the reinforcement in the zero zone after the earthquake of April 16, 2016 in Ecuador has improved.

Methodology: The research was prospective, with an observational, analytical, qualitative and quantitative approach. Likewise, the methodologies used in the area for the evaluation of the quality of structural reinforcement actions in post-earthquake executions are addressed; with the support of the bibliographic and field method. **Results**: After the earthquake that occurred in 2016, the central

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

government undertook actions for the reconstruction of the affected areas of Portoviejo, so far 85% of what was established has been fulfilled. **Conclusions:** Despite the progress achieved, it was possible to show that: (a) there was an inadequate selection of proposals for housing typologies, since in addition to taking into account structural elements of seismic resistance, the most appropriate design for tropical areas should have been considered. as is the case of Portoviejo, (b) the current authorities and actors of the Plan do not have all the information and knowledge of the institutional process, lack of regulation and control over urban planning and construction regulations, in addition to an outdated the Territorial Development and Planning Plans; (c) many of the institutions do not have very detailed verification tools that allow seeing the level of execution of the interventions; (d) the historic center has not been able to recover its essence as a shopping center that it had before the April 2016 earthquake and; (e) the specialists have proposed a set of structural reinforcement measures to reduce their future vulnerability, which has not been adequately taken into account by those responsible, among others.

Keywords: earthquake; recovery; vulnerability; anti-seismic buildings.

Resumo

Este estudo teve como **objetivo:** Determinar se a qualidade da construção no cantão de Portoviejo e o reforço na zona zero após o terremoto de 16 de abril de 2016 no Equador melhorou. **Metodologia:** A pesquisa foi prospectiva, com abordagem observacional, analítica, qualitativa e quantitativa, assim como são abordadas as metodologias utilizadas na área para avaliação da qualidade das ações de reforço estrutural em execuções pós-sismo; com o apoio do método bibliográfico e de campo. **Resultados:** Após o terremoto ocorrido em 2016, o governo central empreendeu ações para a reconstrução das áreas afetadas de Portoviejo, até agora 85% do que foi estabelecido foi cumprido. **Conclusões:** Apesar dos avanços alcançados, foi possível evidenciar que: (a) houve uma seleção inadequada de propostas de tipologias habitacionais, pois além de levar em conta elementos estruturais de resistência sísmica, o projeto mais adequado para áreas tropicais deveria ter como é o caso de Portoviejo, (b) as atuais autoridades e atores do Plano não têm todas as informações e conhecimento do processo institucional, falta de regulamentação e controle sobre o planejamento urbano e regulamentos de construção, além de uma desatualizou os Planos de Desenvolvimento e Ordenamento Territorial; (c) muitas das instituições não dispõem de ferramentas de verificação muito

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

detalhadas que permitam ver o nível de execução das intervenções; (d) o centro histórico não conseguiu recuperar a essência de centro comercial que tinha antes do terramoto de abril de 2016 e; (e) os especialistas propuseram um conjunto de medidas de reforço estrutural para reduzir a sua vulnerabilidade futura, que não foi devidamente considerada pelos responsáveis, entre outros.

Palavras-chave: sismo; recuperação; vulnerabilidade; edifícios anti-sísmicos.

Introducción

Históricamente los terremotos han sido fenómenos naturales que dependiendo de la intensidad y magnitud, traen como consecuencia diversos daños que van desde la integridad física de las personas hasta la afectación de las infraestructuras. De acuerdo con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2018), los sismos son fenómenos que representan la liberación de energía interna de la tierra, mediante la ruptura de las capas de corteza y que se manifiesta como movimientos ondulatorios que pueden llegar a alcanzar magnitudes variadas (p.1). Así mismo este instituto indica, cuando los movimientos sísmicos de mayores magnitudes y alcanzan intensidades mayores cobran la denominación de terremotos y, si son leves, se les denomina temblores (INDECI, 2018).

Los terremotos, desde el punto de vista de las estructuras, según (Nilson, 2001) consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamientos y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Atendiendo a esto, en la actualidad los avances científicos para evitar siniestros sísmicos, recomiendan mantener la construcción de edificaciones sismoresistentes sobre todo en áreas de alto riesgo. En consideraciones de (Mendez & Diaz, 2019) un diseño sismorresistente conlleva a un análisis no lineal de la estructura, donde se trata de predecir el complejo comportamiento de la estructura frente a un sismo, simplificando el análisis con el uso de parámetros establecidos como: factores de zonificación, de uso, de amplificación sísmica, de suelo y de reducción sísmica (p.13). Por su parte (Nilson, 2001) destaca que el propósito del diseño sísmico es dimensionar las estructuras de manera que éstas puedan resistir los desplazamientos y las fuerzas inducidas por el movimiento del terreno (p.647).

Particularmente en Ecuador, país andino ubicado en la franja latinoamericana del cinturón de fuego del pacífico, registra en su historia la ocurrencia de varios terremotos de grandes dimensiones que en

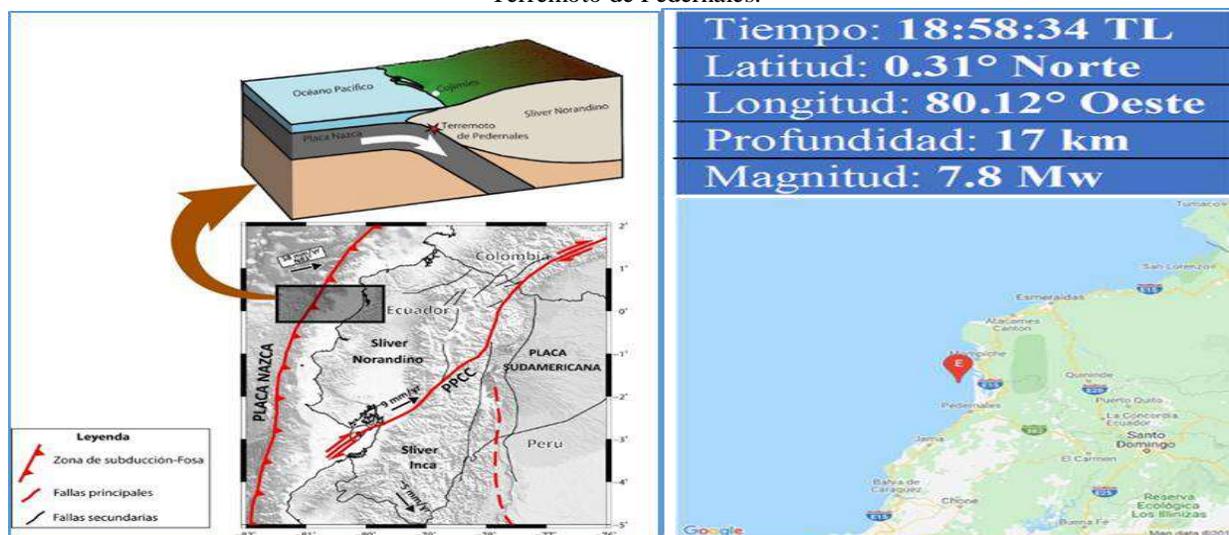
Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

algunas ocasiones sobrepasan la magnitud de momento sísmico (M_w) de 8 M_w , con consecuencias que pueden catalogarse de desastrosas.

A este respecto, los procesos tectónicos de Ecuador son dominados por los efectos de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Ecuador se encuentra en la zona volcánica norte de la cordillera de los Andes, donde la zona de subducción está moviendo a una velocidad de 7 cm/año en dirección este-noreste (Gutscher, Malavieille, Lallemand, & Collot, 1999). De esta manera, las principales zonas de falla activas de Ecuador —las fallas de Pallatanga y Chingual— son zonas de fallas de desgarre dextrales con una tendencia sur-suroeste a Norte-noreste, que corren paralelas a las principales subdivisiones de los Andes, y fallas inversas de tendencia norte-sur, tales como la falla de Quito (Eguez, Alvarado, Yepes, Machette, Costa, & Dart, 2003).

En tal sentido, uno de los terremotos considerados más dañinos en el país ecuatoriano ocurrió el 16 de abril de 2016 que afectó particularmente la región costera de las provincias de Manabí y Esmeraldas. Este evento fue seguido por numerosas réplicas con magnitudes de hasta 6.9 que se registraron a lo largo y ancho de la zona de fractura delimitada por Punta Galera al Norte y Cabo Pasado al sur, e incluso afectaron las zonas vecinas de Esmeraldas en el norte y Manta-Puerto López en el sur. (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Imagen del mapa de contexto geodinámico del Ecuador y esquema del proceso de subducción en la zona del Terremoto de Pedernales.

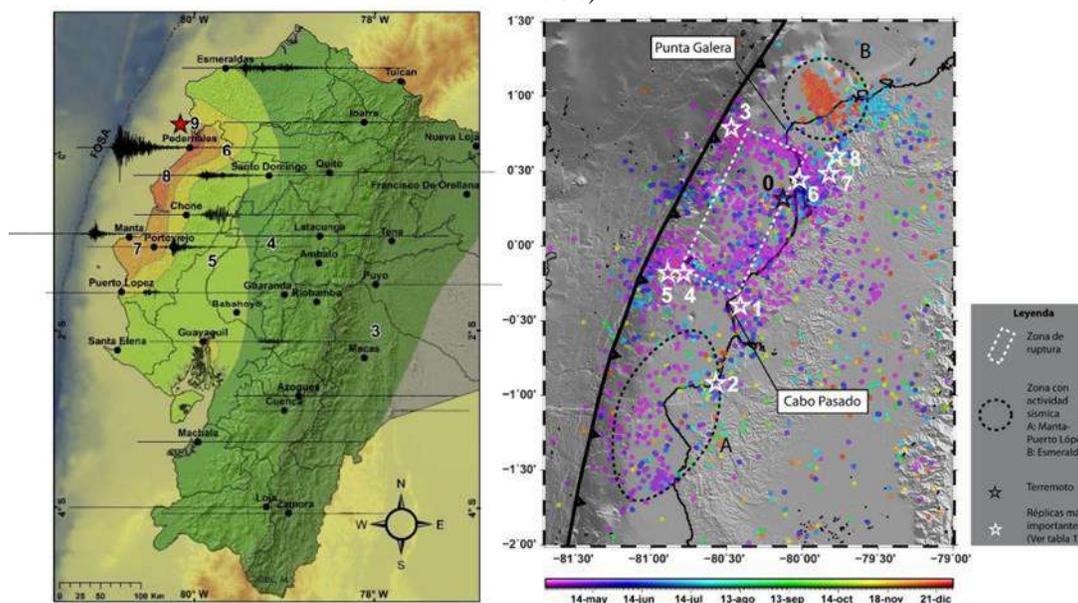


Fuente: (Alvarado et al, 2016) (Izquierda). Mapa de localización y parámetros del Terremoto de Pedernales del 16/4/2016.

Fuente: (IGEPN, 2020). (Derecha).

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 2. Derecha: Mapa de intensidades ocasionadas por el terremoto de Pedernales en el territorio ecuatoriano (escala EMS-98).



Fuente: (IGEPN, 2018). Izquierda: Réplicas del Terremoto de Pedernales.
Fuente: (Alvarado et al, 2016)

Es así que, como consecuencia directa del terremoto y según los datos oficiales emitidos por las autoridades, entre otros inestimables detrimentos, se tienen millares de edificaciones destruidas o inhabitables y pérdidas económicas estimadas en millones de dólares. La exposición de daños preliminar realizada el 23 de abril contabilizó 6 mil 622 viviendas derribadas, 13 edificios de salud afectados y 281 instituciones educativas con diversos perjuicios. Mientras que en la infraestructura estratégica se registran 71 kilómetros de vías perdidas, siete mil 81 kilómetros de tendido eléctrico destruido y 118 estaciones móviles de telefonía tanto públicas como privadas afectadas (Telesurtv.net, 2016).

Una de las regiones impactadas por este terremoto fue el Cantón Portoviejo, particularmente su ciudad capital de mismo nombre. En esta ciudad varias construcciones se derrumbaron, especialmente del casco central urbano, un área cosmopolita considerada de gran importancia social y económica para los manabitas (ver figura 3)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 3. Collage de imágenes de daños causados en la infraestructura construida por el terremoto de 2016 en la ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador.

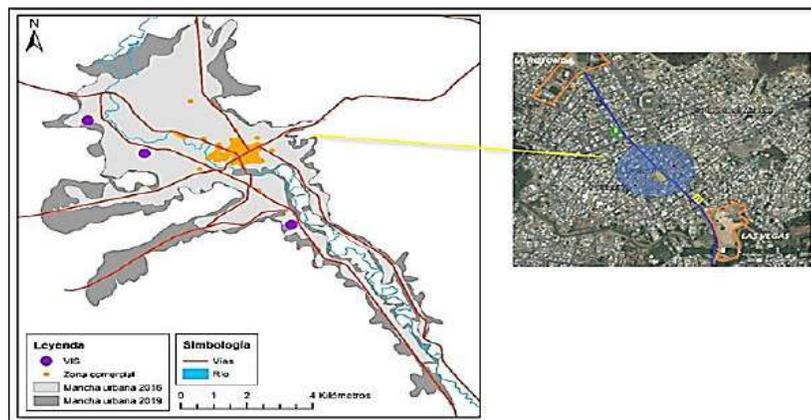


Fuente: elaboración propia a partir de la web.

La zona mayormente afectada por el terremoto fue la llamada zona cero, de mayor dinámica comercial en Portoviejo, la conocida por sus habitantes como “La Bahía”. Este espacio dinámico, combinaba actividades y usos de suelo de diferente naturaleza y vocación. El centro de Portoviejo era donde se concentraba la mayor parte de la actividad comercial: comercio formal (actual Zona Cero) y el denominado comercio autónomo; y administrativa: oficinas de instituciones financieras y públicas. Estos dos factores atraían un gran flujo de personas no solo de Portoviejo, sino también de los cantones de la provincia de Manabí. Según (Durán et al, 2020) en la mencionada zona, se concentraba el 50% de las instituciones públicas, cinco de las 11 entidades bancarias, grandes cadenas de tiendas, entre otras. (Ver figura 4)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 4. Localización de “La Bahía”- actual Zona Cero.



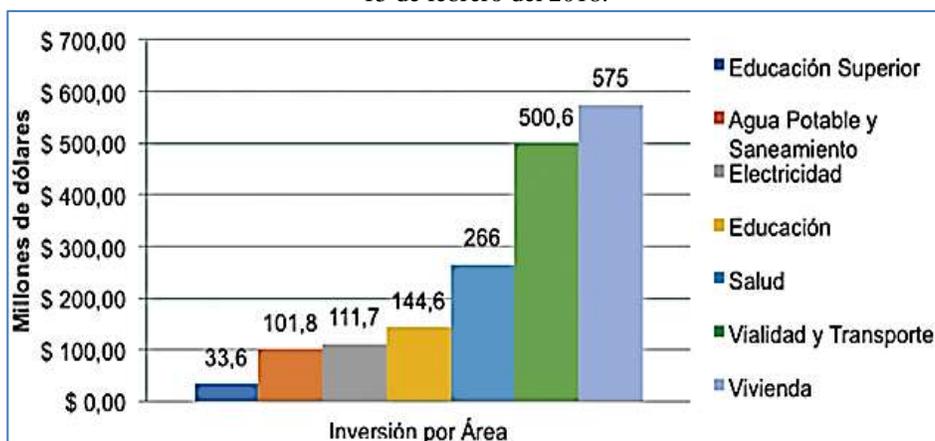
Fuente: Durán et al, 2020

Posterior al terremoto, especialistas estructurales procedieron a realizar un análisis visual-técnico de las edificaciones más afectadas, menos afectadas y de afectación ínfima. De esta manera, dentro de las políticas públicas establecidas para la recuperación y reconstrucción de los territorios afectados por el terremoto del 16 de abril de 2016 en el Ecuador, el Gobierno Central a través de su organismo rector Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, 2016), por medio del Decreto Ejecutivo 1004, crea el Comité para la Reconstrucción y Reactivación Productiva para implementar planes, programas, acciones y políticas públicas, con el fin de ejecutar la construcción y reconstrucción de infraestructura en las zonas afectadas" (p. 8).

Entre las acciones para tal fin, el gobierno ecuatoriano ha establecido el llamado Plan Reconstruyo, con distintos programas para la recuperación constructiva, entregando en distintas ocasiones un número significativo de viviendas, además de intervenir en otros sectores como salud, educación, educación superior, infraestructura pública, reactivación productiva, rehabilitación social, electrificación, saneamiento ambiental, equipamiento urbano, y vialidad, entre los fundamentales. (Ver figura 5)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 5. Asignación de presupuesto para el Plan Reconstruyo Ecuador en millones de dólares distribuidos con corte al 15 de febrero del 2018.



Fuente: (Ecuador Decide, 2018).

Luego del terremoto del 16 de abril de 2016, el gobierno de la provincia de Manabí, apoyado por el gobierno central de Ecuador, decidió impulsar varios proyectos de construcción de viviendas en Portoviejo, entre ellos están: Proyecto habitacional Picoazá, El Guabito, San Alejo, Parroquia Colón, entre otros (Ver figura 6). A estos nuevos asentamientos se le han incluido una serie de edificaciones para instituciones de servicio (MIDUVI, 2016).

Figura 6. Nuevas viviendas entregadas en Portoviejo tras el terremoto de 2016. Parroquia Colón (Izquierda), Asentamiento El Guabito (Derecha)



Fuente: (Revista de Manabí, 2017)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Ahora bien, transcurridos cinco años (05) del movimiento telúrico que afectó en gran medida la referida localidad ecuatoriana, se han venido observando en esta área fenómenos como la autoconstrucción desmedida por parte de la población, la falta de control de calidad en materiales y tecnología constructiva por parte del departamento de Planificación y Control Urbano de la Comisaría de la Construcción del Municipio de Portoviejo. Todo lo cual justifica la presente investigación en el interés de valorar los principales factores causantes de daños por sismos en construcciones de hormigón armado, siendo que el estudio es pertinente de realizar porque se cuenta con las normativas y leyes necesarias que lo sustentan, entre estas, la Constitución de la República, las Políticas e intervenciones para la recuperación y reconstrucción de los territorios afectados por el Sismo, las normas de la construcción vigentes en Ecuador, entre las fundamentales.

A razón de lo expuesto, se tiene que este estudio tuvo como objetivo general determinar si la calidad de la construcción en el cantón Portoviejo y el reforzamiento en la zona cero después del sismo del 16 de abril de 2016 en Ecuador ha mejorado.

Metodología

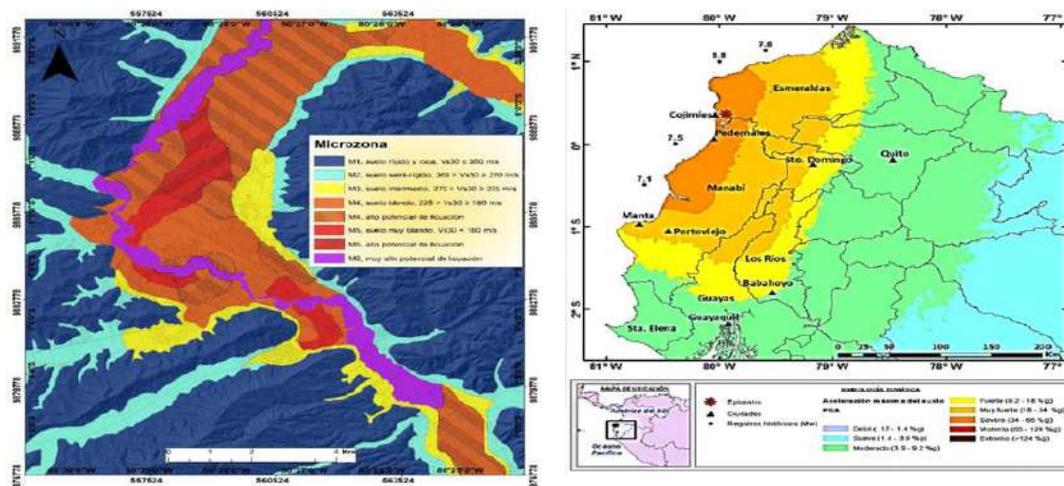
La investigación fue de tipo prospectiva, con enfoque observacional, analítico, cualitativo y cuantitativo, se abordan las metodologías empleadas en la zona para la evaluación de la calidad de las acciones de reforzamiento estructural en las ejecuciones post terremoto; y se aplicó el método bibliográfico y de campo, entre los fundamentales.

Materiales y Métodos

Portoviejo está ubicada en la zona VI, considerada como zona de muy alto peligro sísmico del Ecuador (ver figura 7), lo que unido a su geología y las condiciones de vulnerabilidad que presentan las construcciones, fueron condicionantes para que el terremoto del 16 de abril de 2016 causara los daños catastróficos registrados.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 7. Mapa de intensidad sísmica (aceleraciones máximas del terreno) de Ecuador.



Fuente: (USGS , 2017). Mapa de micro zonas sísmicas de Portoviejo.

Fuente: (EPN, 2017)

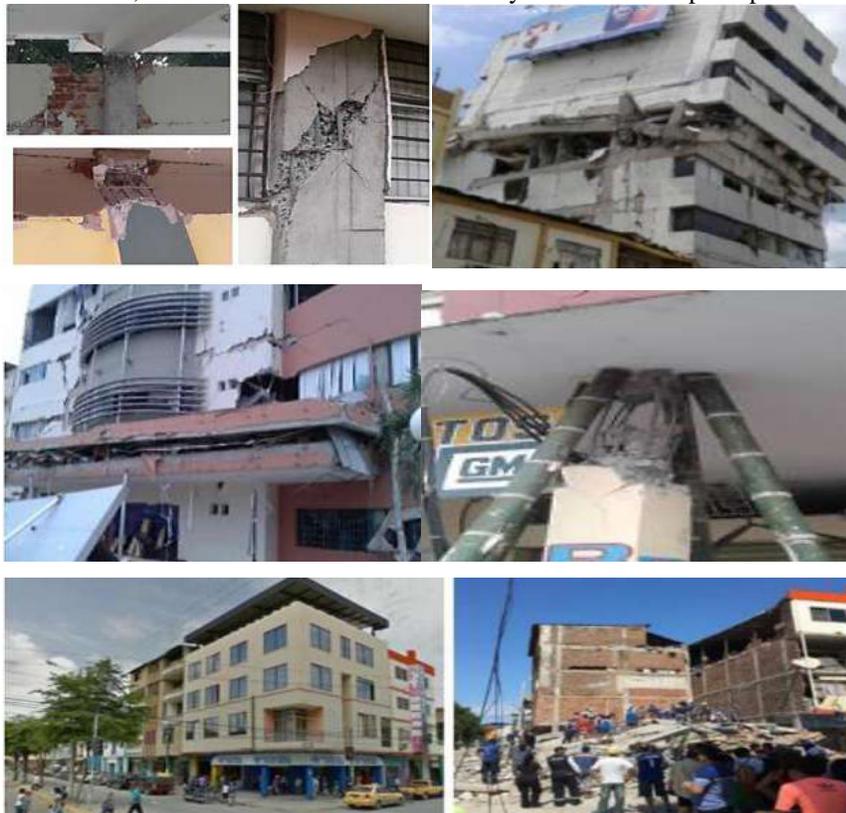
En tal sentido, este conocimiento es de vital importancia para las adecuaciones estructurales en las construcciones que se han ejecutado después del terremoto de 2016, así como la planificación y ejecución de programas de prevención de riesgos y mitigación de los daños que puedan ocasionar futuros eventos sísmicos.

Según estudios realizados por (Véliz, 2018), entre las causas de fallo en las estructuras construidas de Portoviejo tras el impacto del terremoto están las siguientes (ver figura 8):

- Daños por Efecto de Columna Corta
- Daños por mecanismo viga fuerte- columna débil
- Daños por falta de confinamiento en los nudos
- Adición de pisos no planificados (traslapes y sobre cargas)
- Daños por piso blando “soft storey”
- Golpeteo entre edificios por falta de separación
- Daños por licuefacción de suelos

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 8. Imágenes de daños estructurales causados por el terremoto de 2016 en Portoviejo: Daños por efecto de columna corta (arriba izquierda), Daño en columnas (arriba derecha), Daños observados en la Clínica San Antonio, mecanismo viga fuerte-columna débil (centro derecha), Falla por falta de confinamiento en columnas (centro derecha), Edificio del IEES, fue cambiado su uso constructivo y se adicionaron pisos posteriormente.



Fuente: (Aguiar & Mieles, 2016).

Otra de las principales patologías causantes de la degradación de estructuras y del mal comportamiento sísmico que presentan está relacionada con la informalidad en la construcción. Según (López Muñoz , 2017), la informalidad en la construcción se refiere a aspectos como: Auto diseño; Autogestión; Construcción por etapas de largos plazos: Integración o eliminación de elementos sin base técnica y; Mala ejecución de diseños estructurales y mala calidad de materiales.

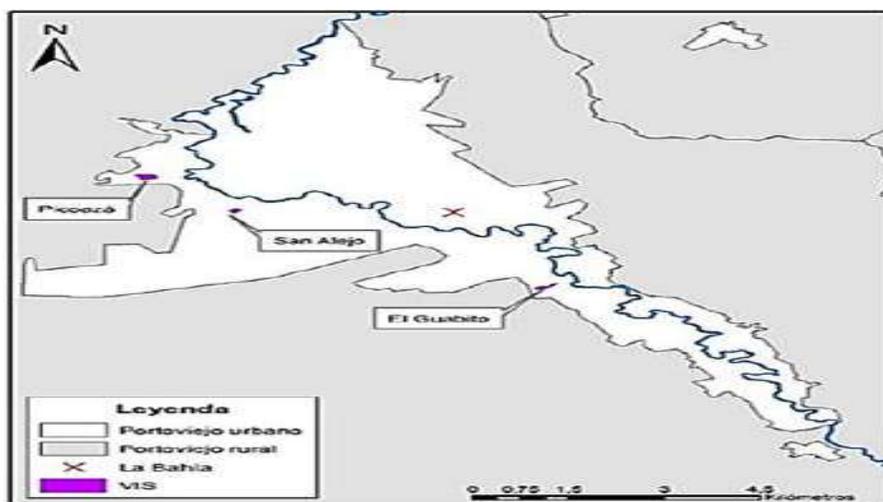
Es necesario aclarar que de acuerdo con (Aguiar et al, 2016), la geología de Portoviejo, y en general de la provincia Manabí, es conocida por tener una extensión elevada de suelos blandos, sobre todo arcillosos que en muchos casos poseen una alta plasticidad y humedad, también conocido en el campo de la Ingeniería Estructural como arcillas expansivas, razón por la que los daños estructurales tras el sismo se amplificaron por acción de piso o suelo blando.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Esta arcilla expansiva, en verano es muy dura y en invierno, en contacto con el agua, se expande. Cuando existe una construcción encima de ella, de algunos pisos no la levanta, pero se deforma lateralmente causando deslizamientos; en cambio sí tiene poco peso, levanta el piso pero no en forma uniforme ya que habrá partes en que lo hace lateralmente (Aguiar et al, 2016).

En la actualidad existe una fuerte intervención constructiva en la ciudad de Portoviejo, que busca entre otros elementos el reforzamiento estructural de las construcciones existentes, la reconstrucción en espacios donde colapsaron y la reubicación de la población en otras localidades periféricas. La evaluación realizada de su avance indica que más del 85% de lo programado se ha ejecutado, sobre todo los nuevos barrios donde se ha establecido la reubicación. (Ver figuras 9, 10 y 11)

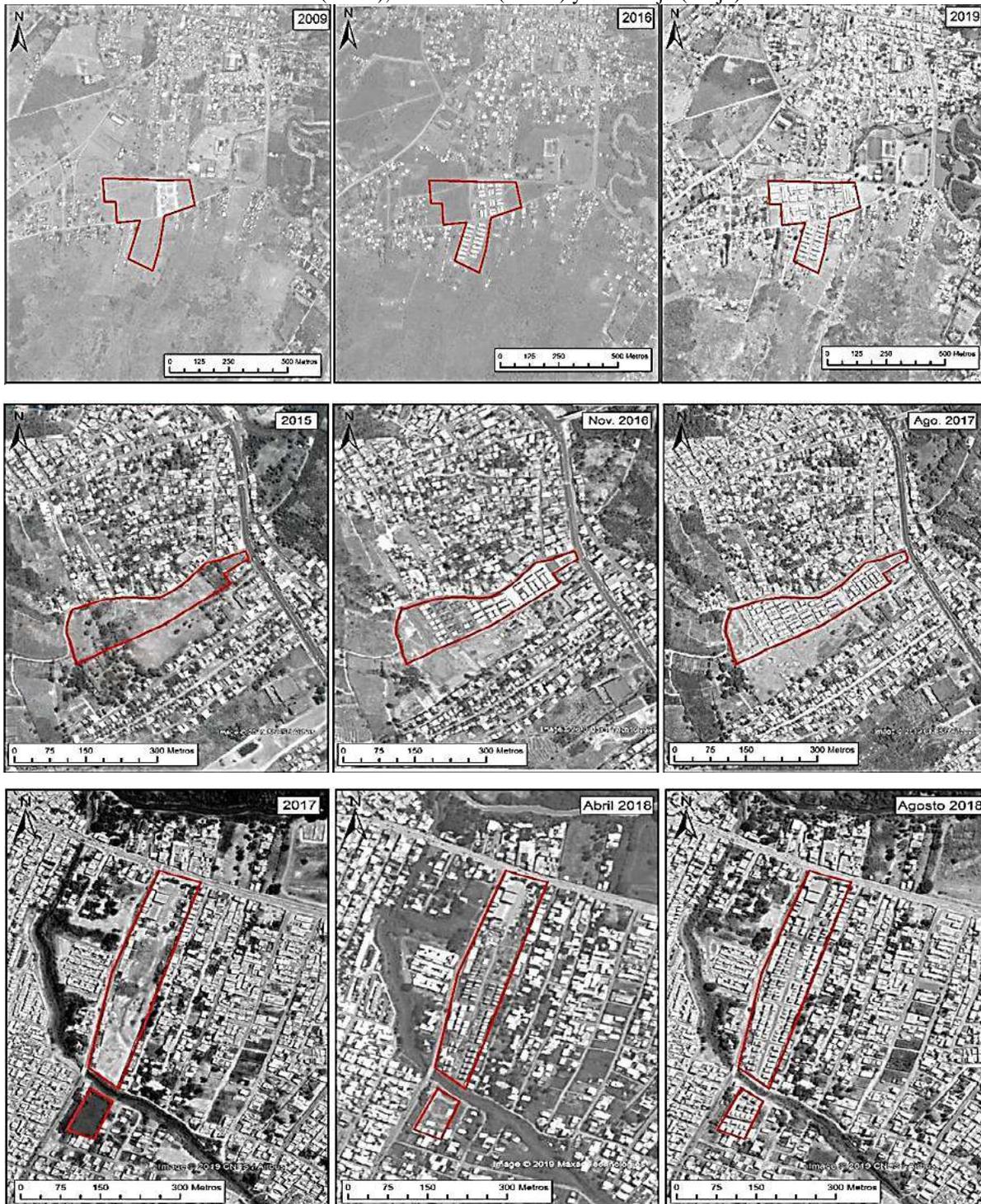
Figura 9. Localización de los proyectos de viviendas sociales de Portoviejo, como solución para la relocalización tras el terremoto de 2016.



Fuente: Duran et al, 2020.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

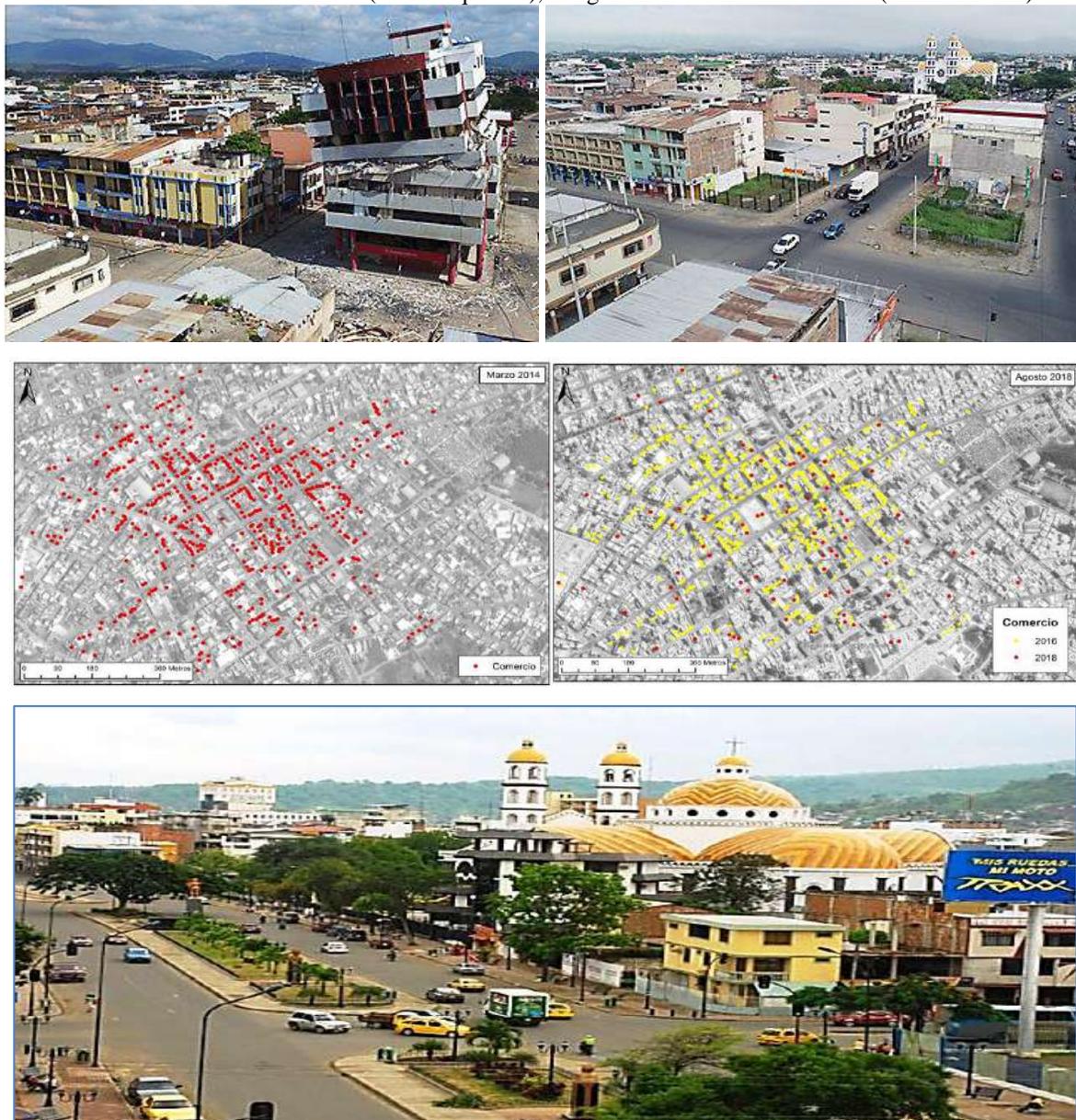
Figura 10. Evolución de la construcción de los proyectos de viviendas sociales en Portoviejo tras el terremoto de 2016: Picoazá (arriba), El Guabito (centro) y San Alejo (abajo).



Fuente: Duran et al, 2020.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 11. Evolución del programa de reconstrucción de la zona cero de Portoviejo tras el terremoto de 2016: Edificios destruidos durante el terremoto (arriba izquierda), Imagen misma zona reconstruida (arriba derecha)



Fuente: <https://www.elcomercio.com/pages/tres-anos-despues-terremoto-reconstruccion.html> Afectaciones (debajo izquierda), Edificios reconstruidos hasta Mayo 2020 (debajo derecha)

Fuente: Duran et al, 2020. Imagen actual de la Avenida Urbina (también conocida como Avenida Universitaria) tras la reconstrucción luego del terremoto de 2016.

Fuente: <https://lavozdeperu.com/portoviejo-la-ciudad-de-ecuador-resurge-luego-de-terremoto/>

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Para la reconstrucción de Portoviejo, y de todas las zonas afectadas por el terremoto de 2016 en Ecuador, se han diseñado y establecido distintas normas que deben ser empleadas, entre las fundamentales están:

- **NEC, N. E, (2015)** Riesgo sísmico-Evaluación-Rehabilitación de estructuras. Quito: Dirección de Comunicación MIDUVI.
- **NEC - SE – VIVIENDA**
- **NEC-SE-CG:** Cargas (no sísmicas)
- **NEC-SE-DS:** Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
- **NEC-SE-GM:** Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- **NEC-SE-AC:** Estructuras de Acero
- **NEC-SE-MP:** Estructuras de Mampostería Estructural
- **NEC-SE-MD:** Estructuras de Madera
- **NEC – SE – GUADÚA:** Estructuras de guadúa
- **NEC – HS – AU:** Accesibilidad universal
- Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado.
- Las normas referentes a materiales de construcción; **NEC-SE-HM, NEC-SE-AC, NEC-SE-MP** y **NEC-SE-MD**.
- Guía práctica para el diseño de estructuras de madera de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

Además de esto se precisó que el departamento de Planificación y Control Urbano del Municipio de Portoviejo, estableciera mecanismos de control de los procesos diseño y ejecución de construcciones y reforzamiento en las zonas afectadas post terremoto. En este sentido, entre los requerimientos mínimos de calidad de construcción y reforzamiento de las estructuras post terremoto de la ciudad de Portoviejo calidad durante las etapas de diseño y construcción, se pueden mencionar:

a.-) Los proyectos de vivienda, requieren la ejecución de estudios de arquitectura, ingeniería y geotecnia, con al menos los siguientes productos:

- Planos arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos, estudio de suelos, presupuestos y especificaciones técnicas.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

- Memoria técnica que incluya: descripción completa del sistema constructivo, proceso constructivo, materiales empleados y sus propiedades, descripción de los procesos de control y aseguramiento de calidad necesarios para garantizar las condiciones de diseño.

b.-) Se obtendrán informaciones completas sobre el diseño sísmico en los siguientes capítulos de las NEC: Construcción nueva (NEC-SE-DS) y Rehabilitación (NEC-SE-RE)

c.-) Revisar el cumplimiento de lo estipulado en la norma NEC - **SE – VIVIENDA** de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m, sobre todo, para el caso de los nuevos asentamientos construidos (Proyecto habitacional Picoazá, El Guabito, San Alejo) y de las reconstrucciones o nuevas construcciones en la zona central de la ciudad de Portoviejo que cumplan con esta tipología.

d.-) Toda vivienda deberá ser diseñada en base a la selección de un sistema sismo resistente apropiado.

e.-) Determinación del cortante basal sísmico con el método estático equivalente o método de las fuerzas.

f.-) Otros aspectos que se cumplen desde el punto de vista de la sismoresistencia en el diseño propuesto son los siguientes:

- Continuidad en elevación para edificaciones: visualizado en los pilotes de la cimentación con la superestructura.
- Regularidad en planta
- Regularidad en elevación
- Simetría

h.-) Como elemento a destacar están los resultados de la modelación estructural con el uso de software profesionales. La comprobación de su uso agrega una credibilidad manifiesta a los proyectos ejecutados cuando de sismoresistencia se trata.

Es importante aclarar que muchos de estos requisitos, además de encontrarse en las normas ecuatorianas, también son aplicables en el amplio universo de metodologías existentes actualmente para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones diseñadas por distintos autores. Pueden destacarse en este sentido metodologías como: "Rapid Visual Screening de Edificios para potenciales Seismic Hazards" (RVS), referido como (ATC 21, 2002), el Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti & Petrini , 1984), Método de Scarlat (Scarlat, 1996), Método de Cardona (Cardona, 1991), metodología de evaluación vulnerabilidad sísmica de edificios basada en modelos

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

simplificados para estructuras de hormigón armado muy versátil, desarrollada por (Silva, 2015), entre otras.

Por otro lado, las políticas de financiamiento del gobierno han generado altas expectativas en la actualidad de construcción y reconstrucción, por cuanto se hace también necesario verificar el uso correcto de los bonos y créditos concedidos, lo que tiene repercusión en la calidad de los materiales empleados, los cambios desmedidos de diseño y la adecuada ejecución de la obra.

Un aspecto igualmente esencial en los trabajos de recuperación y ejecución de proyectos de construcción, es el control de los plazos de ejecución. El gobierno nacional luego de establecer la estrategia de recuperación tras el terremoto, contaba con un plazo mínimo de 5 años, razón por la cual se hace importante medir también el porcentaje de avance de reconstrucción y reforzamiento de las edificaciones afectadas por el sismo en el cantón Portoviejo.

Discusión y resultados

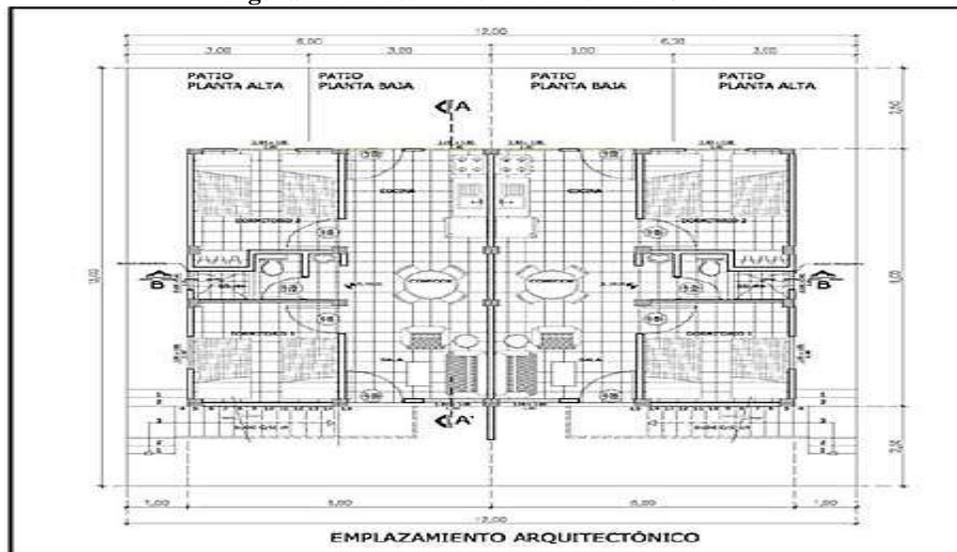
Como se mencionó anteriormente, el terremoto de 2016 al producir destrucción en el área central urbana de Portoviejo, ocasionó la reasignación de espacios de la ciudad para los proyectos de viviendas sociales. El MIDUVI puso en marcha cuatro modalidades para la reconstrucción habitacional post terremoto:

- construcción de viviendas en terrenos urbanizados por el Estado,
- reconstrucción de vivienda en terreno propio,
- reparación de vivienda recuperable y
- compra de vivienda y terreno.

El reasentamiento El Guabito, así como los demás proyectos de vivienda del proceso de reconstrucción, se enmarcan en la modalidad uno; que, en el marco de la reconstrucción eran viviendas con un valor de USD 10.000 con un promedio de metraje entre 40 y 53 metros cuadrados (Acuerdo Ministerio No. 018-16). Por ejemplo, las viviendas de El Guabito tienen la tipología 4D, es decir son bloques multifamiliares de vivienda compuestos por cuatro departamentos, distribuidos dos en planta baja y dos en planta alta (Durán et al, 2020). (Ver figura 12)

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 12. Planos de las viviendas de El Guabito.



Fuente: MIDUVI (Durán et al, 2020)

Según estudios realizados por Durán et al (2020), una vez entregadas las viviendas, las familias empezaron a descubrir defectos en los proyectos, tanto en la tipología como en los estándares constructivos:

- Viviendas son extremadamente calurosas, no permiten el flujo del aire, lo que hace imposible permanecer en ellas por mucho tiempo. Consecuentemente, recurren a la compra de ventiladores que, conluye en el aumento en las planillas de la empresa eléctrica.
- El tamaño de la vivienda (40 – 52 m²) sin posibilidad de crecimiento progresivo limita el habitar de las familias.
 - De los cuatro departamentos, los únicos que tienen una posibilidad de apropiarse del área verde circundante son los de planta baja; mientras que los de planta alta se ven negados cualquier tipo de ampliación.
 - Para los moradores de El Guabito el estar alejados del centro neurálgico de Portoviejo les representa no solo un aislamiento y exclusión social, sino también altos costos en los servicios básicos.
 - Existe carencia de infraestructura urbana en estos barrios para el acceso a servicios básicos.
 - Como efecto del desplazamiento a las periferias de las familias reubicadas, sufren problemas de accesibilidad. Los moradores añoran su habitar anterior, no solo por la comodidad de su

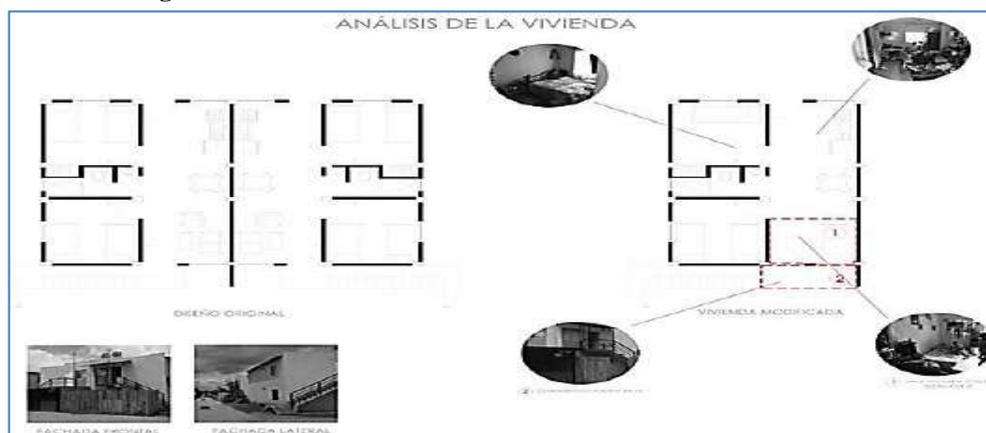
Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

vivienda en temas físicos, sino también por factores socio-económicos y de infraestructura urbana.

Estos elementos indican que, independientemente del esfuerzo realizado por las autoridades del estado ecuatoriano, de la provincia de Manabí, y particularmente del municipio de Portoviejo, en los proyectos de viviendas hubo una selección inadecuada de propuestas de tipologías de viviendas que consideren, además de los elementos estructurales de resistencia sísmica, otros factores asociados a la ventilación y habitabilidad propias de proyectos ubicados en zonas tropicales como es el caso de Portoviejo. Por otro lado, también se manifiestan deficiencias generales con los proyectos de urbanización, que en este tipo de comunidades a nivel internacional se conciben como pequeñas “ciudades dormitorio”, en las que se agregan necesariamente varios servicios básicos comunitarios (tiendas, consultorio médico, guarderías, áreas deportivas, parques interiores, entre otros)

Durán et al (2020), comprobó que en el caso de la comunidad El Guabito, las familias han generado modificaciones a la vivienda, dentro de lo que les permite el escaso metraje que tienen, sobre todo en viviendas de la planta baja, dado que solo estas pueden apropiarse del espacio de vereda. En el presente estudio se pudo verificar que las viviendas de la segunda planta no tienen esa posibilidad de ampliación, aunque por la necesidad de espacios para habitaciones en caso de familias numerosas, las existentes en ocasiones se dividen incrementando la carga dinámica por efecto de nuevos materiales en divisiones, e incremento de muebles y personas no previstas en el proyecto original, elementos que influyen en la resistencia estructural inicialmente diseñada. (Figura 13)

Figura 13. Modificaciones en viviendas de la comunidad El Guabito.



Fuente: Duran et al, 2020.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

En el área central de Portoviejo, autores como (Véliz, 2018) y la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo de Ecuador (SENPLADES, 2019), han realizado evaluaciones de la calidad de las obras y avance de los trabajos realizados para lograr la reconstrucción en Portoviejo.

En el caso del estudio realizado por (SENPLADES, 2019), se aplicó una metodología cualitativa a través del levantamiento de información con actores clave de las ciudades de mayor afectación como Portoviejo, para identificar y analizar la capacidad institucional, a través de los procesos, actores y roles, la articulación intra e interinstitucional, las barreras y cuellos de botella, así como el cumplimiento efectivo de las actividades y el desempeño institucional para la financiación de la política. Se realizó un análisis de fuentes de información documental secundaria y la validación de procesos con actores de las entidades relacionadas a la implementación del Plan, para lo cual se recolectó, sistematizó y realizó un análisis de la información contenida en registros administrativos, bases de datos, evaluaciones externas, documentos oficiales, documentos normativos, entre otros, de los sectores seleccionados para la evaluación, como son:

- Recuperación de Infraestructura básica y estratégica- Infraestructura Pública,
- Desarrollo Social - Educación y, Desarrollo Productivo - Turismo.

La información analizada en la evaluación fue la siguiente:

- Información de la etapa de emergencia.
- Información del diseño del Plan.
- Información de infraestructura.
- Información del sector educación y desarrollo social.
- Información del sector turismo.
- Información financiera: asignación y gestión de recursos.

La metodología implementada por (SENPLADES, 2019), contó con una serie de instrumentos para levantar y analizar información. Además de las entrevistas semiestructuradas, se realizaron talleres y grupos focales, como espacios de recolección de información y análisis colectivo que integraron a los participantes y permiten compartir las experiencias y conocimientos respecto del tema tratado. Entre los principales resultados alcanzados por la comprobación gubernamental están los siguientes:

- En el proceso metodológico de levantamiento de información se evidenció que, en su mayoría, las actuales autoridades y actores del Plan no cuentan con toda la información y el conocimiento del proceso institucional. Esta situación se generó por el cambio de Gobierno y

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

de autoridades, lo cual afectó a la continuidad de los equipos técnicos. En muchos casos, el conocimiento se concentra en los funcionarios o actores que estuvieron trabajando en el tema en su momento.

- Además, en ciertos GAD se evidenció falta de regulación y control sobre la planificación urbana y la normativa de construcción; desactualización de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT); o, incapacidad de actuar en el ámbito del saneamiento ambiental, competencia exclusiva de los GAD municipales. En lo referente a saneamiento, el literal d) del artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización determina que los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán, entre otras, la competencia exclusiva de actividades de saneamiento ambiental.
- La línea base del Plan se desarrolló teniendo en consideración: el documento “Evaluación de Costos de la Reconstrucción”, elaborado por la Senplades; evaluaciones parciales de cada sector de intervención, remitidas por las entidades responsables; y los informes de gestión del Comité de Reconstrucción y Reactivación Productiva. De acuerdo a sus competencias, cada ministerio identificó sus necesidades en el territorio y fue responsable de coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados para la inclusión de sus necesidades y proyectos. Por lo tanto, este instrumento tuvo un carácter institucional y centralizado en el Ejecutivo ya que, la participación de los gobiernos seccionales y la ciudadanía se dio de manera indirecta, por medio de los ministerios sectoriales y coordinadores. Esto generó descontento entre las autoridades de los GAD municipales y provincial de Manabí, en correspondencia de Portoviejo, así como de la ciudadanía.
- Se evidenciaron debilidades en el levantamiento de información sobre los damnificados y daños causados por el terremoto. Los actores entrevistados coincidieron en que las entidades desconcentradas del Ejecutivo ejecutaron varios procesos de levantamiento de información a la par, lo cual generó duplicidad de esfuerzos y falencias en la información.
- Existieron diversas fuentes de financiamiento del Plan, sin embargo, más del 50% de la asignación aprobada (USD 3.140,49 millones) provino de la aplicación de la Ley Orgánica de Solidaridad y de Corresponsabilidad Ciudadana para la Reconstrucción y Reactivación de las Zonas Afectadas por el Terremoto de 16 de abril de 2016. A octubre de 2018, se habían ejecutado USD 1.378,7 millones, que representan el 44,19% de los recursos recaudados, según

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

datos proporcionados por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). No obstante, se desconocen los montos ya comprometidos por los arrastres y obras plurianuales, así como los montos requeridos para la culminación de obras ya priorizadas.

- Se observa que muchas de las instituciones no poseen herramientas de verificación muy detalladas que permitan ver el nivel de ejecución de las intervenciones. Los mecanismos de monitoreo utilizados por las instituciones entrevistadas son: sistema de Administración Financiera, eSIGEF, revisión en detalle de los contratos; actas de entrega- recepción; el equipo territorial que se encarga de realizar visitas al sitio para verificar el uso de los recursos asignados o los proyectos ejecutados. Cabe indicar que el único mecanismo utilizado por todas las instituciones es el eSIGEF.
- Durante la etapa de reconstrucción y reactivación existió un bajo nivel de articulación con los gobiernos locales. La percepción de algunos de los GAD municipales fue que la planificación de los organismos nacionales no contempló lo estipulado en la planificación local, ocasionando desfases en la ejecución de los proyectos en el territorio.

Los aspectos expuestos con anterioridad, en correspondencia con el objetivo perseguido en este trabajo hacen pensar que, a pesar de los avances conseguidos en los últimos 5 años, se evidencia la necesidad de continuar dando seguimiento a la implementación de las actualizaciones del Plan de Ordenamiento Territorial de Portoviejo, incrementar la difusión del Plan de Reconstrucción a los funcionarios de las entidades responsables de su ejecución, la ciudadanía y los demás actores; además de fortalecer la articulación y coordinación intersectorial e interinstitucional con el objetivo de evitar duplicidades, fomentar complementariedad, ahorrar recursos y tiempo.

Por otro lado, también la continuidad en la implementación de sistemas, mecanismos o herramientas de seguimiento y evaluación a estos planes, que sean de acceso común para las entidades involucradas y generen reportes de acceso público que informen periódicamente sobre los beneficiarios, el grado de avance y calidad de las obras, así como la pertinencia en el manejo de los recursos.

En el caso del centro histórico de Portoviejo, la Dirección de Información, Avalúos, Catastros y Permisos Municipales, elaboró un plan para la regeneración urbana donde se pretende recuperar espacios de movilidad para peatones y mejorar la circulación vehicular (GAD de Portoviejo, 2017). (Ver figura 14).

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

Figura 14. Render de la regeneración urbana del centro histórico de Portoviejo, intersección de las calles Colon y Ricaurte



Fuente: (GAD de Portoviejo, 2017)

Como se refirió anteriormente muchos edificios en la zona de estudio, presentan valores medios-bajos de índice de vulnerabilidad, los cuales se encuentran en su gran mayoría influenciados negativamente por la clase de vulnerabilidad del mecanismo “*soft storey*” o *suelo blando*, lo cual se ve directamente reflejado en los grados de daño registrados. A partir del Plan de recuperación la mayoría de estas edificaciones han recibido refuerzos estructurales y acciones reconstructivas, entre ellas: repiqueteo y hormigonado de juntas (producto de las grietas), reconstrucción de vigas y columnas de hormigón armado y otros materiales con nuevos materiales, reconstrucción de piso, muros y cubiertas, entre otras. En muchos casos no fue posible realizar estas acciones y se procedió a su demolición y reasignación de espacios para futuros proyectos, además de la relocalización de sus habitantes en nuevos barrios como los mencionados.

Estudios realizados por (Véliz, 2018) evidencian los niveles de vulnerabilidad presentes en la zona central de Portoviejo antes del terremoto, proponiendo optar por el uso de una técnica de reforzamiento de la planta baja de las edificaciones que sobrevivieron y las nuevas por construir conocida como: Reforzamiento con SB para controlar “*soft storey*” o efecto de suelo blando (Figura 15), cuya aplicación reduciría significativamente este tipo de daño estructural producido por los terremotos en Portoviejo en edificaciones inicialmente evaluadas como vulnerables. En la Figura 16 se muestran los resultados de escenarios futuros de vulnerabilidad reducida a partir de una misma

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

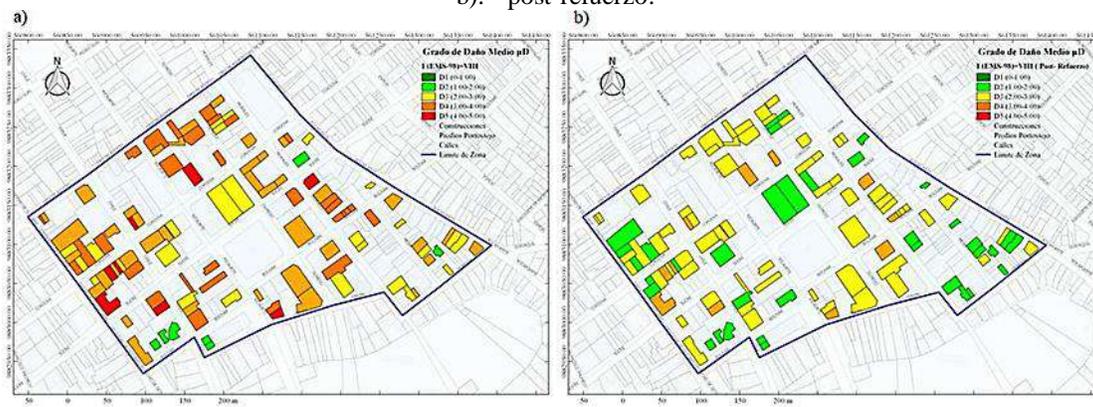
intensidad sísmica I (EMS-98) para edificaciones evaluadas de vulnerabilidad moderada, si se aplicara esta solución a un conjunto de edificaciones seleccionadas para el estudio.

Figura 15. Reforzamiento de planta baja con SB para controlar “soft storey”.



Fuente: (SteelConstruction.info, 2018)

Figura 16. Comparaciones de los escenarios de daño para una intensidad sísmica I (EMS-98) de VII; a) - pre-refuerzo, b) - post-refuerzo.



Es preciso mencionar que, aun con los avances registrados en la reconstrucción de Portoviejo y su centro histórico, así como de los asentamientos de reubicación. Particularmente el centro histórico no ha podido recuperar su esencia de centro comercial que tenía anteriormente al terremoto de abril 2016, a pesar de las represalias que las organizaciones y asociaciones de comerciantes del centro. Por lo que, continúan con reuniones frecuentes, procuran mantener unida a la organización e incorporar a más comerciantes (Durán et al, 2020). Estas organizaciones han propuesto nuevos proyectos para

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

aquellos lugares donde hubo que necesariamente demoler las edificaciones afectadas sin posibilidad de reconstrucción, un esfuerzo que se mantiene hasta hoy día.

Figura 17. Propuestas 1 y 2 de Centro Comercial Portoviejo realizadas para la reanimación comercial del centro de la ciudad.



Fuente: Colegio de Arquitectos de Portoviejo

Además de estas propuestas también es importante tener en cuenta la opinión de los habitantes, comerciantes del lugar y especialistas del sector urbanístico para tomar cualquier decisión en el área central de la ciudad evitando medidas neoliberales como el despojo desmedido sin propuesta lógicas de reubicación u ofertas que consideren las necesidades perentorias de la población.

Conclusiones

- El área central de Portoviejo fue zona mayormente afectada por el terremoto debido a distintas causas de vulnerabilidad estructural en sus edificaciones entre ellas: daños por efecto de columna corta, daños por mecanismo viga fuerte- columna débil, daños por falta de confinamiento en los nudos, adición de pisos no planificados (traslapes y sobre cargas), daños por piso blando “soft storey”, golpeteo entre edificios por falta de separación, daños por licuefacción de suelos. En este sentido varios especialistas emplearon distintas metodologías existentes actualmente para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones diseñadas por distintos autores.
- Para la reconstrucción de Portoviejo, y de todas las zonas afectadas por el terremoto de 2016 en Ecuador, se han diseñado y establecido distintas normas jurídicas, además de la revisión de otras normas de construcción que ya estaban vigentes; Como resultado se tomaron decisiones administrativas de reubicación de familias desde el centro de Portoviejo (zona más afectada de la

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

ciudad) hacia zonas periféricas en distintos proyectos sociales de viviendas como Picoazá, El Guabito y San Alejo.

- Independientemente del esfuerzo realizado por las autoridades del estado ecuatoriano, de la provincia de Manabí, y particularmente del municipio de Portoviejo, en los proyectos de viviendas hubo una selección inadecuada de propuestas de tipologías de viviendas que consideren, además de los elementos estructurales de resistencia sísmica, otros factores asociados a la ventilación y habitabilidad propias de proyectos ubicados en zonas tropicales como es el caso de Portoviejo; además de deficiencias generales con los proyectos de urbanización por la carencia de servicios básicos comunitarios.
- Como resultado de la revisión de los avances logrados para la reconstrucción de Portoviejo por la Secretaría Nacional de planificación y desarrollo, se evidencian un conjunto de deficiencias entre las que destaca mencionar: que de forma general las actuales autoridades y actores del Plan no cuentan con toda la información y el conocimiento del proceso institucional, falta de regulación y control sobre la planificación urbana y la normativa de construcción, además de una desactualización de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y se observa que muchas de las instituciones no poseen herramientas de verificación muy detalladas que permitan ver el nivel de ejecución de las intervenciones.
- Aun con los avances registrados en la reconstrucción de Portoviejo y su centro histórico, así como de los asentamientos de reubicación. Particularmente el centro histórico no ha podido recuperar su esencia de centro comercial que tenía anteriormente al terremoto de abril 2016. En esta área los refuerzos estructurales a las construcciones que quedaron en pie y tenían la posibilidad de ser intervenidas han sido limitados. Los especialistas han propuesto nuevos proyectos para aquellos lugares donde hubo que necesariamente demoler las edificaciones afectadas sin posibilidad de reconstrucción, y un conjunto de medidas de reforzamiento estructural para reducir su vulnerabilidad futura, que no ha sido tomado en cuenta adecuadamente, lo que reduce las posibilidades de recuperación para terremotos de magnitud e intensidad mayores o iguales a las registradas el 16 de abril de 2016.

Referencias

1. Aguiar, R., Zevallos, M., Palacios, J., García, L., & Menéndez, E. (2016). Necesidad de reforzar las estructuras afectadas por un terremoto. *Revista RIEMAT. Volumen 1. Art. 2.*
2. Aguiar, R; Miele, 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. Vol. 21. Nro. 3*, pp.257-282.
3. Alvarado, A., Audin, J., Nocquet, E., Jaillard, P., Mothes, P., Jarrín, M., y otros. (2016). Partitioning of oblique convergence in the Northern Andes subduction zone: Migration history and the present-day boundary of the North Andean Sliver in Ecuador. *Tectonics*, 35, doi:10.1002/2016TC004117.
4. ATC 21. (2002). Rapid Visual Screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook (FEMA154). *Redwood City: Applied Technology Council, FEMA 154, Edition 2.*
5. Benedetti , D., & Petrini , V. (1984). Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: Proposte di un método di valutazione. *L'industria delle Costruzioni. Vol. 149, Roma, Italia*, pp. 66-78.
6. Cardona, O. (1991). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones y centros urbanos. *VII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente. IX Jornadas Estructurales, SCI/AIS/MOPT, Bogotá, octubre 1991.*
7. Durán, G., Bonilla, A., Canela, B., & Astudillo, A. (2020). "III. Portoviejo: Exclusión y gentrificación post-terremoto". *Serie de Violencias y Contestaciones en la Producción del Espacio Urbano Periférico en Ecuador. FLACSO Ecuador. ISBN: 978-9942-38-185-9. DOI: 10.13140/RG.2.2.15108.12161.*
8. Ecuador Decide. (2018). Informe 6 Meses de Reconstrucción. <https://deldichoalhecho.ecuador-decide.org/descargas/6meses/informe-6-meses-reconstruccion.pdf>.
9. Eguez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M., Costa, C., & Dart, R. (2003). Database and Map of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions. *USGS Open-File Report 03-289. http://pubs.usgs.gov/of/2003/ofr-03-289/OFR-03-289-t*, pp. 2-3.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

10. EPN. (2017). Estudio estadístico de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones y equipamiento urbano afectados por el terremoto del pasado 16 de Abril. Quito. *Escuela Politécnica Nacional (EPN)*.
11. GAD de Portoviejo. (2017). Dirección de Información, Avalúos, Catastros y Permisos Municipales. Portoviejo. *Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Portoviejo*.
12. Gutscher, M., Malavieille, J., Lallemand, S., & Collot , J. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters* 168: 255-270. *Bibcode:1999E&PSL.168..255G. doi:10.1016/S0012-821X(99)00060-6. http://www.gm.univ-montp2.fr/spip/IMG/pdf/Gutscher-EPSSL99-Andes.pdf.*
13. IGEPN. (2018). Dos años después del terremoto de pedernales . *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de ecuador (IGEPN)*. <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1572-dos-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-actualizacion-sismica>.
14. IGEPN. (2020). •Cuatro años después del Terremoto de Pedernales: Un testimonio sobre el peligro sísmico en el Ecuador. *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de ecuador (IGEPN)*. <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1810-cuatro-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-un-testimonio-sobre-el-peligro-sismico-en-el-ecuador>.
15. INDECI. (2018). Los movimientos sísmicos . *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) Gobierno del Perú*. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/movimientos-sismicos.pdf>, pp.1-6.
16. López Muñoz , C. (2017). Evaluación y análisis estadístico de las principales causas que incidieron en el colapso y daño estructural de las edificaciones en la ciudad de Portoviejo por causa del terremoto del 16 de abril del 2016. *Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador*.
17. Mendez, K., & Diaz, O. (2019). Diseño Estructural Sismorresistente de un Edificio de Cuatro Niveles en Concreto Armado. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho-Perú. Trabajo de Titulación*. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2950/MENDEZ%20LEON%20y%20DIAZ%20SIESQUEN.pdf?sequence=1>, pp.116.

Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después

18. MIDUVI. (2016). Programa Nacional de Vivienda Social. *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda* (MIDUVI).
<http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DEVIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf> .
19. NEC, N. E. (2015). Peligro sísmico- Diseño sismo resistente. *Dirección de Comunicación MIDUVI. Quito. Ecuador.*
20. Nilson, H. (2001). *Diseño de Estructuras de Concreto*. Duodécima edición.
21. Revista de Manabí. (2017). Nuevas viviendas entregó el MIDUVI en Manabí .
<https://revistademanabi.files.wordpress.com/2017/09/nuevas-viviendas-entregadas-por-miduvi-en-manabc3ad.jpg>.
22. Scarlat, A. (1996). Approximate Methods in Structural Design. *E & FN Spon, London, UK.*
23. SENPLADES. (2019). Evaluación operativa del plan de reconstrucción terremoto 2016. *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) de Ecuador. Primera Edición. Quito, Ecuador. www.planificacion.gob.ec.*
24. Silva, J. (2015). Metodología de Avaliação da Vulnerabilidade Sísmica de Edifícios em Betão Armado. *Universidade de Aveiro, Portugal, Departamento de Engenharia Civil.*
25. Telesurtv.net. (2016). Los daños económicos tras el terremoto de Ecuador .
<https://www.telesurtv.net/news/Los-danos-economicos-tras-el-terremoto-de-Ecuador--20160502-0025.html>.
26. USGS . (2017). M6.0 - 31.4 km NNW of Bahia de Caraquez, Ecuador .30 de junio de 2017.
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us100095nr#executive>.
27. Véliz, C. (2018). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Hormigón Armado: Aplicación al Área Urbana del Centro Histórico de la Ciudad de Portoviejo. *Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria. Trabajo de Grado de Maestría.*