

Reporte preliminar de daños de 58 estructuras en Manta producidos por el sismo 16-A

Preliminary report to damages of 58 structures in Manta caused by the 16-A earthquake

EÍDOS N°18.
Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo
ISSN: 1390-5007
revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos

¹Nicolay Bernardo Yanchapanta Gómez, ²Mónica Susana Delgado Yáñez

¹Escuela Politécnica Nacional, nicolay.yanchapanta@epn.edu.ec, ORCID: 0000-0002-2215-4786

²Universidad Central del Ecuador, msdelgado@uce.edu.ec, ORCID: 0000-0003-4753-730X

Resumen:

El presente estudio trata los primeros análisis de las visitas realizadas en la zona del desastre, posterior al sismo de Pedernales del 16 de abril del 2016. Un grupo de ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional realizaron evaluaciones estructurales primarias que fueron reportadas en fichas establecidas por el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda). Se realiza la presentación de varios mapas con la clasificación o semaforización de 58 estructuras evaluadas, de las cuales se hace énfasis en 23 estructuras correspondientes a centros de salud. Adicionalmente, se muestran fotos de fallas y patologías estructurales post-sismo que evidencian las anomalías recurrentes en estructuras de la localidad. Se exponen, resumidamente, las actividades realizadas por la delegación de profesionales y colaboradores. Se espera que para una futura eventual actividad sísmica en el país la población, las autoridades y los profesionales de la construcción visualicen los cambios por realizar para evitar las pérdidas materiales y de vidas. Se establecen parámetros de identificación para evaluaciones de seguridad en estructuras después de un sismo, en las que el color verde corresponde a inspeccionado y ocupación legalmente permitida, para el color amarillo corresponde a uso restringido y prohibición de ocupación en ciertas áreas y para el color rojo corresponde a inseguro y prohibición de ocupación.

Palabras clave: estructura, evaluación, falla, sismo, patología, Manta.

Abstract:

This paper presents the first analyzes of the visits made in the disaster area, after the Pedernales earthquake of April 16, 2016. A group of engineers from the Faculty of Civil Engineering of the National Polytechnic School carry out primary structural evaluations, which they are reported in files established by the MIDUVI (The Ministry of Urban Development and Housing). Various maps are presented with the classification or damage class of 58 evaluated structures, of which emphasis is placed on 23 structures corresponding to health. Additionally, photos of failures and structural pathologies post-earthquake are presented, which show recurrent anomalies in structures in the locality. The activities carried out by the delegation of professionals and collaborators are briefly presented, it is expected for a future eventual seismic activity in the country that the population, authorities and construction professionals visualize the changes to be made, to avoid material and of lives losses. Identification parameters are established for safety evaluations in structures after an earthquake, where the green color corresponds to inspected and the occupation is legally allowed, for the yellow color corresponds to restricted use and occupation in certain areas is prohibited, for the color red corresponds to unsafe and occupation is prohibited.

Keywords: structure, evaluation, damage, earthquake, pathology, Manta.

I. INTRODUCCIÓN

En lo referente al análisis estructural-cartográfico del sismo del 16 de abril del 2016 con magnitud de 7.8, 18h58 en tiempo Ecuador Continental, siendo su hipocentro ubicado frente a la ciudad de Pedernales a 20 km de profundidad (IG-EPN, 2016) se ha realizado, para la ciudad de Manta, un análisis de estructuras afectadas por el evento, así como las estructuras expuestas al riesgo post-sismo mediante la evaluación visual de edificios en las categorías de: inseguro, uso restringido e inspeccionada. La investigación del riesgo en edificaciones después del desastre ocurrido depende en sí del análisis territorial de las áreas expuestas y la vulnerabilidad en la zona (Aguiar, 2017), así como del análisis in situ con expertos en el campo.

La sostenibilidad de estructuras es un concepto técnico, sin embargo, puede tener mayor factor de riesgo dependiendo de sus dimensiones sociales, económicas y políticas culturales (World Bank Group, 2018). Motivo por el cual, la afectación y la estimación de daños puede llegar a ser decisiva para el desarrollo de la región y de la re-planificación espacial del territorio (MTOP, 2018). Por lo cual, se hace importante la evaluación post-desastre.

El evento fue de subducción, resultado del movimiento de dos placas tectónicas: la placa de Nazca (placa oceánica) que se sumerge bajo la placa Sudamericana (placa continental) (IG-EPN, 2016). Entonces, se parte de dos supuestos: 1. La distancia es un valor inverso a la intensidad y 2. Esta decrece progresivamente conforme a una función lineal que en general se aleja del foco de peligro (Cecilia J., et al., 2017).

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

Se debe poner en evidencia que, aunque un edificio presente daños que se pueden apreciar a simple vista en elementos estructurales, no implica necesariamente que el edificio este dañado como para requerir una demolición. Las réplicas del sismo principal de 7.8, pueden haber causado nuevos daños en los edificios ya evaluados y no evaluados.

Se evalúan edificaciones consideradas en estado de emergencia y se planifica una evaluación detallada para, en un futuro próximo, recomendar intervenciones temporales o demoliciones.

Se presenta la metodología de análisis utilizada en la evaluación de las estructuras post-desastre o post evento sísmico, para lo cual se desplazaron equipos de trabajo desde Quito con el fin de establecer el estado de los edificios y mapear los resultados, poniéndolos a disposición del COE Cantonal y de la alcaldía.

La lógica utilizada en las sugerencias de procedimientos tenía el objetivo en dar prioridad a la seguridad de la ciudadanía, reactivar lugares públicos y dar soluciones a los requerimientos que llegaban, además de organizar a los voluntarios. Todo esto en coordinación con la municipalidad.

Se realizó una evaluación de un total de 58 estructuras, de la cuales comprenden infraestructuras de: centros de salud, hotelera, comercial, seguridad, servicios y gestión de riesgos. En el presente artículo se destacan las estructuras de centros de salud que corresponde a 23 estructuras.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A la fecha del 22 de abril de 2016 en Manta se evaluaron 58 edificaciones de servicio público, de las cuales: 4 corresponden a servicios hoteleros, 23 a centros de salud, 13 a servicios de seguridad pública, 8 a comercio, 2 a transporte, 5 a gestión de riesgos y 3 a infraestructuras de servicios.

Principalmente, se presentan daños en la zona urbana que fueron causados por las amplificaciones de las ondas sísmicas en suelos saturados geotécnicos de tipos E y F (NEC-15) (Chunga, et al., 2017), en regiones según cartografía presentada de relieves aluviales sedimentarios y fluvial marinos (CLIRSEN, 2011), y tanto en regiones saturadas con niveles freáticos muy cerca de la superficie, como en aquellas en las que se tienen profundidades de 12 m en adelante.

En la figura 1 se puede observar la identificación de la evaluación estructural de centros de salud de las 23 estructuras estudiadas, en la que el 65.3 % corresponde a estructuras sin afectaciones visibles, estas están representadas por color verde, mientras que el 21.7 % de las edificaciones se encuentran afectadas en sus elementos no estructurales, sin embargo, no requiere demolición, estas corresponden a los puntos en color amarillo. En tanto que el 13.0 % de las edificaciones de centros de salud están totalmente destruidas o requieren demolición inmediata, ya que se evidencia daño en los elementos estructurales, estas corresponden a los puntos de color rojo.

En la foto 1 y 2 se observa a los delegados de la FICA-EPN evaluando los daños y estimando si la estructura es recuperable o no.

En la foto 3 se visualiza daño en la mampostería y afectación a todo el mobiliario del piso de la estructura.

Haciendo una inspección en las estructuras evaluadas de la zona de desastre se nota un factor común de falencia. Es así que en la fotografía 4 se observa una deficiencia en las dimensiones de los elementos estructurales, como también la incorrecta separación de estribos por confinamiento que, de acuerdo a la NEC-SE-HM 2015, debe ser menor entre 10 cm o 6 veces el diámetro del refuerzo longitudinal, factor desencadenante de falla a compresión de las columnas.



Foto 1. Hospital IESS de Manta
Fuente: autores



Foto 2. Hospital IESS de Manta internamente.
Fuente: autores



Figura 1. Acercamiento de estructuras evaluadas en los centros de salud en la ciudad de Manta después del 16-A.
Fuente: autores



Foto 3. Hospital IESS de Manta internamente. Se visualiza daño en mampostería
Fuente: autores



Foto 4. Deficiente separación de estribo.
Fuente: autores



Foto 5. Deficiente separación de estribo en cabeza de columna.
Fuente: autores



Foto 6. Ejemplo clásico de piso blando.
Fuente: autores

En la foto 5 se observa uno de los problemas encontrados durante las visitas técnicas, el cual corresponde a un mecanismo de falla en la cabeza de columna identificado como rótula plástica. Hay un notorio problema de cedencia del acero longitudinal. Adicionalmente, el comportamiento es similar a un piso blando, ya que todo el eje que se muestra en la imagen presenta diferencia de masa al piso consecutivo.

Generalmente, se define como piso blando al nivel de planta baja o a cualquier piso intermedio en la estructura que no posea la misma rigidez o similar que su piso consecutivo directo superior. Entonces, el piso fallará por su debilidad en los elementos ante cargas laterales, en este caso, ante eventos sísmicos. Esto se evidencia en la foto 6.

En lo referente a servicios básicos de la infraestructura sanitaria evaluada y ubicada en la ciudad de Manta, lugar en el que se presentan la mayor cantidad de daños, se encuentran en estado de requerimiento de atención inmediata por su vulnerabilidad y riesgo a daños. En la figura 2 se observa un acercamiento práctico del cálculo geo-estadístico observado.

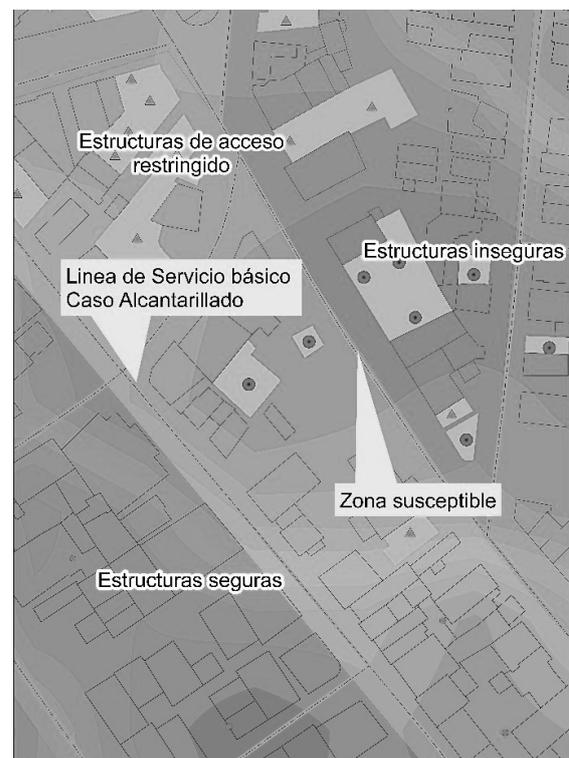


Figura 2. Acercamiento del cálculo en geo-estadística espacial para un sector de la ciudad en zonas vulnerables de infraestructura sanitaria.
Fuente: autores

De acuerdo a la altura de piso y al tipo de materiales, los mayores daños se concentran en el centro de la ciudad de Manta, donde se observa un patrón de comportamiento en función al número de pisos de las edificaciones, las cuales son de hormigón armado. En la figura 3 se puede observar las áreas de concentración de daños de acuerdo a lo antes señalado.

Este resultado se lo confrontó con el tipo de suelo y su saturación de los datos obtenidos en el IEE mediante descarga del sistema Nacional de Información 2016 para verificar si las causas obedecían a factores de la configuración estructural.

La saturación del suelo es uniforme a lo largo de toda la ciudad, por lo cual se descartó esta posibilidad. En la imagen 4 se observa los tipos de permeabilidad en la zona que permiten saturación en el suelo.

Al confrontar los resultados con la ubicación de las fallas geológicas en datos obtenidos del IEE (2011) se concluye que el sismo del pasado 16 de abril del 2016 no tiene origen en una de las fallas que se muestran en la figura 5.

Hay que aclarar que existen estructuras que no han perdido su capacidad resistente original y no fueron mayormente afectadas. En la figura 6 se puede observar un corte de las estructuras visitadas y observadas durante la visita de campo post evento sísmico, en la cual

el color rojo corresponde a estructuras inseguras, el color amarillo a estructuras que requieren un estudio detallado, pues su uso es restringido y el color verde a estructuras sin afectación aparente.

En la figura 7 se tiene un acercamiento de la imagen anterior por las cuales se requiere un estudio detallado y otras estructuras en las cuales se recomienda derrocarlas.

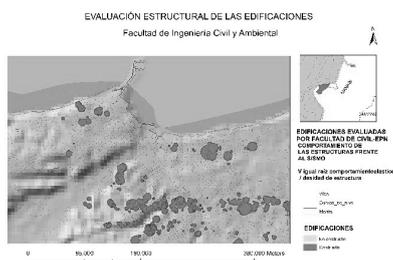


Figura 3 Daños en estructuras de hormigón en función del número de pisos.
Fuente: autores

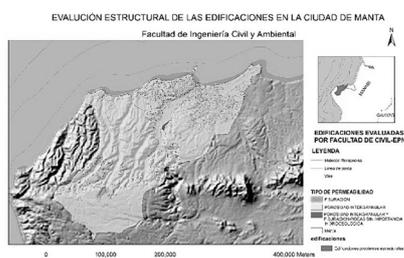


Figura 4. Permeabilidad en la zona de estudio.
Fuente: autores

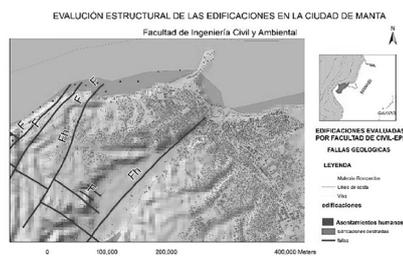


Figura 5. Sistema de fallas ubicadas en la región de estudio.
Fuente: autores



Figura 6. Estructuras visitadas y evaluadas en campaña de reconocimiento estructural post terremoto abril 2016.
Fuente: autores



Figura 7 Acercamiento de la figura 6 en el sector del muelle.
Fuente: autores

Por lo evaluado se plantea la tabla 1. En ella, se indica el número de estructuras evaluadas y clasificadas de las 58 edificaciones clasificadas como el MIDUVI lo estableció. La tabla 1 puede resumirse en tres categorías (como propuesto por parte del MIDUVI en su ficha de análisis).

Pero las inspeccionadas tienen problemas de varias formas y necesitan análisis más profundos y de detalle. Se aclara que, al colocar solo la categorización, representa una visión evaluativa preliminar o rápida de las estructuras estudiadas.

Organización de la recolección de la información y operatividad.

En los primeros dos días se trabajó con una lista de prioridad de valuación de la zona cero y de las edificaciones públicas. Se llevaron a cabo las evaluaciones de estructura contenidas en este reporte.

Aunque los pedidos de ayuda de la ciudadanía aumentaban, se decidió crear un proceso organizado para evaluarlos.

El procedimiento identificado para recolectar los datos de campo fue de manera sistémica.

El proceso se dividió en cuatro áreas,

1. Una mesa de acercamiento a la ciudadanía para la recolección de la información necesaria hacia los técnicos para la creación de rutas y salidas de campo para evaluaciones.

2. Un grupo de ingenieros que organizaban las rutas y los voluntarios, para los recorridos de emergencia que surgían para las evaluaciones de las edificaciones, a través de una ficha técnica.

Número	Clasificación	Semáforo
6	Inseguro	Rojo
17	Uso restringido	Amarillo
35	Inspeccionada	Verde

Tabla 1
Categorización de estructuras evaluadas en Manta.
Fuente: autores

3. Una mesa de recolección de datos y primeras evaluaciones.

4. Una mesa técnica de elaboración en Sistema de Información Geográfico (SIG). Áreas de competencias evaluadas

Se recuerda que no existen un tiempo estimado y uniforme para el control de un edificio, esta actividad puede tener un tiempo mínimo de media hora o más. Además, se debe contabilizar el tiempo del traslado y de los medios para ir al área afectada. Los equipos mínimos para trabajar con seguridad son siempre de mínimo tres personas, entre los cuales están: un ingeniero senior, un ingeniero junior y un estudiante.

La distribución de las zonas analizadas se presenta a continuación:

-ESPE: zona cero parcial.

-EULAM: zona en las provincias afectadas. Además, Portoviejo y Bahía

-EPN: infraestructuras de servicio público de la ciudad de Manta. Evaluación parcial del barrio Jocay y de Portoviejo. Requerimientos de la población identificados como emergencias (nivel 1) y requerimientos específicos del COE. Evaluación de los edificios identificados por parte del levantamiento de datos de inteligencia y de algunos hoteles por necesidades de alojamiento para los voluntarios. Además de Manta, varias zonas en las provincias fueron evaluadas parcialmente: Portoviejo, Jaramijó, San Jacinto y San Clemente.

-Municipio: zona en emergencia y requerimientos ciudadanos e infraestructuras públicas de competencia.

Actividades desarrolladas por grupo

Coordinación: cuerpo de ingenieros del ejército, con EPN, ESPE y municipalidad de Manta.

ESPE: creación y propuesta de primeras fichas, uso del SIG e ingreso de los datos obtenidos. Capacitación a los técnicos voluntarios de otras universidades sobre la ficha desarrollada y capacitación relativa a los análisis que deben ser realizados en el campo.

EPN: creación y propuesta del proceso de recolección de datos de coordinación y retroalimentación con la municipalidad. Metodología de trabajo: capacitación a los técnicos voluntarios de otras universidades para que ellos puedan continuar el trabajo en conjunto con el municipio.

Fichas técnicas

Las fichas técnicas se fueron actualizando para poder trabajar con la mayor cantidad posible de información recabada de la evaluación. Para ese momento la información era de carácter general como: dirección, tipo de estructura, número de ocupantes de la vivienda, materiales utilizados en la estructura y semaforización. Las primeras fichas no tenían una metodología definida. Las fichas utilizadas en funciones de una integración del proceso de información del MIDUVI definen tres niveles de los edificios:

1. Rojo: edificio no utilizable por varias razones con ingreso restringido únicamente a técnicos y rescatistas, algunos de los cuales necesitan una evaluación más profunda.
2. Amarillo: edificios recuperables, parcialmente utilizable con daños menores.
3. Verde: edificios que no fueron afectados, sin problemas evidentes, solo daños menores.

IV. CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado se ha enfocado, principalmente, en el proceso de levantamiento de información sobre la calidad estructural de los edificios de la ciudad de Manta.

En particular, la evaluación se enfocó en el análisis de los edificios públicos, de los cuales 6 de los 58 evaluados perdieron su capacidad de resistencia original (derrocamiento).

Como ya se mencionó anteriormente, este estudio plantea una evaluación preliminar en la que no se incluye: calidad de los materiales, datos

de ensayos (sean estos destructivos y no destructivos) y análisis lineal o no lineal de las estructuras con incertidumbre en su estado post-sismo.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los dueños del alojamiento y a todos los voluntarios civiles, estudiantes de ingeniería, estudiantes de arquitectura y demás por su ayuda en el proceso de datos.

VI. REFERENCIAS

Aguiar, R. (2017) Peligrosidad sísmica de la costa norte de Ecuador y el terremoto de Pedernales de 2016. *Revista Geofísica*, 67: 9.24.

Cecilia, J., et al. (2017). Climate Variability, Vulnerability, and Natural Disasters: A Case Study of Zika Virus in Manabi, Ecuador Following the 2016 Earthquake. *GeoHealth*. 1: 298-304
<https://doi.org/10.1002/2017GH000104>

Chunga, K., et al. (2017). Intensidad macrosísmica esi-07 y efectos geológicos del terremoto de pedernales del 16.04.2016 (mw 7.8). *VII Jornadas en Ciencias de la Tierra*.

Clirsen-Senplades-Sigagro. (2011) *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional. Infraestructura y servicios*.

IG-EPN (2016). Mapa Interactivo del evento del 16 de Abril de 2016 . Recuperado en <https://www.igepn.edu.ec/mapas/terremoto-pedernales/mapa-eq20160416>

Ministerio De Transporte Y Obras Públicas. (2018). *Proyecto De Reconstrucción De Obras Por El Terremoto 2016*.

NEC-15. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI*. Quito.

World Bank Droup (ed.). (2018). *Natural Hazard Statistics*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/ecuador/vulnerability>