

Sistema Nacional de Protección Civil Centro Nacional de Prevención de Desastres

REPORTE DE LA VISITA A LA ZONA DE DESASTRE POR EL SISMO DE MW 7.8 DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN LAS COSTAS DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Autores por orden alfabético:

Salvador Barrios Benítez ¹
Felipe Bennetts Toledo ²
Miguel Ángel Cruz Pliego ⁴
Leonardo E. Flores Corona ¹
Sergio Alberto Galaviz Alonso ³
Víctor Simón Vargas Ortega ²

¹ Subdirección de Vulnerabilidad Estructural, Dirección de Investigación

² Subdirección de Riesgos Estructurales, Dirección de Investigación

³ Subdirección de Riesgos Sísmicos, Dirección de Investigación

⁴ Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos

Noviembre de 2016

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Miguel Ángel Osorio Chong
SECRETARIO DE GOBERNACIÓN

Luis Felipe Puente Espinosa
COORDINADOR NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL

Carlos Miguel Valdés González
DIRECTOR GENERAL DEL
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Versión Electrónica 2017
© SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc,
C.P. 06600, Ciudad de México

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Del. Coyoacán, C.P. 04360, Ciudad de México
Teléfonos:
(55)54246100
www.gob.mx/segob
www.gob.mx/cenapred

© Autores
Salvador Barrios Benítez
Felipe Bennetts Toledo
Miguel Ángel Cruz Pliego
Leonardo E. Flores Corona
Sergio Alberto Galaviz Alonso
Víctor Simón Vargas Ortega

Derechos reservados conforme a la ley
EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE
LOS AUTORES

RESUMEN	III
ABSTRACT	III
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 ESQUEMA GEOPOLÍTICO DE ECUADOR	1
CAPÍTULO 2 SISMOLOGÍA DE LA REGIÓN	3
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA Y SISMOLOGÍA	3
2.2 CONTEXTO TECTÓNICO	3
2.3 INTENSIDADES CON VALORES DE ACELERACIONES Y VELOCIDAD ASOCIADOS	6
CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN EDIFICACIONES	9
3.1 ORGANIZACIÓN DEL CAPÍTULO	9
3.2 CIUDAD DE SAN PABLO DE MANTA	9
3.2.1 Estructuras colapsadas donde se realizó la búsqueda de víctimas	10
3.2.2 Edificios altos de uso habitacional	14
3.2.3 Edificios altos para hotelería y oficinas	21
3.2.4 Comercios y edificaciones de mediana altura	25
3.2.5 Vivienda	39
3.2.6 Edificios de salud	46
3.2.7 Edificaciones escolares	48
3.2.8 Templos religiosos	49
3.2.9 Naves industriales o de uso deportivo	50
3.2.10 Caminos y puentes	50
3.3 CIUDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO	52
3.3.1 Edificios de condominio y hoteles	52
3.3.2 Comercios y edificaciones de mediana altura	53
3.3.3 Vivienda	58
3.3.4 Edificios de salud	60
3.3.5 Edificaciones escolares	60
3.3.6 Templos religiosos	63
3.4 POBLADO DE MONTECRISTI	64
3.4.1 Hoteles	64
3.4.2 Templos religiosos	64
3.5 POBLADO DE PEDERNALES	65
3.5.1 Edificios escolares: Escuela del Milenio	65
3.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES DE LAS INSPECCIONES	67
CAPÍTULO 4 LEVANTAMIENTO DE DATOS CON EL VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO	71
4.1 OBJETIVO	71
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL VANT	71
4.3 MISIONES	71
4.3.1 Sobrevuelos del 18 y 19 de abril	71
4.3.2 Sobrevuelos del 20 de abril	73
4.3.3 Sobrevuelos del 21 de abril	75
4.3.4 Sobrevuelos del 22 al 30 de abril	76
4.4 CONCLUSIONES	77
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
APÉNDICE	81
LOGÍSTICA DE LA MISIÓN A ECUADOR	81
CALENDARIO Y ACTIVIDADES DE LA MISIÓN	81
REFERENCIAS	85

RESUMEN

En la tarde del 16 de abril de 2016 ocurrió un evento sísmico con magnitud M_w 7.8 en la costa de la República del Ecuador, que ocasionó el colapso de decenas de edificaciones y daños severos en miles de estructuras en las poblaciones cercanas al epicentro, con un recuento final de 663 víctimas mortales, según el último reporte de la Secretaría de Gestión de Riesgos de Ecuador (Secretaría, 2016).

El sistema estructural predominante en los edificios de la zona era de columnas de concreto y losas planas aligeradas, con el uso de muros de mampostería sin refuerzo en fachadas y muros divisorios que resultaron gravemente dañados. La vivienda se construye con mampostería confinada por castillos de 20 cm de lado o mayor, colados antes de levantar los muros, así como el uso generalizado de muros de tabique de arcilla, colocados de canto. De la inspección de los daños severos y colapsos se identificó la predominancia del mecanismo de piso débil, en planta baja o piso intermedio, así como efecto de columnas cortas. No se observaron fallas por punzonamiento de losas ni formación de mecanismo con articulación plástica en vigas o losas. Se apreció un alto porcentaje de daño en edificios de esquinas que sugiere problemas de torsión.

ABSTRACT

On the afternoon of April 16, 2016 a seismic event with magnitude M_w 7.8 occurred at the coast of the Republic of Ecuador causing the collapse of dozens of buildings and severe damage to thousands of structures in towns near the epicenter, with a final toll of 663 fatalities according to the latest report by the Secretariat for Risk Management of Ecuador (Secretaría, 2016).

The predominant structural system in buildings was reinforced concrete columns and flat slabs, with the use of unreinforced masonry walls, facades and partitioning walls that were severely damaged. The housing has masonry walls confined by 20×20 cm tie-columns or larger, casted before the walls as well as the use of thin clay brick walls. Inspection of the severe damaged and collapsed buildings may identify the predominance of mechanism as weak ground floor, as well as short columns effect. No failures were observed by penetration of columns in slabs nor formation of plastic hinge mechanism in beams or slabs. A high percentage of damage was seen in buildings at street corners suggesting torsion problems.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El 16 de abril de 2016 a las 18:58 hora local ocurrió un terremoto con epicentro en la provincia de Pedernales, con magnitud 7.8¹, que ocasionó los mayores daños y pérdidas humanas en las localidades de Manta, Pedernales y Portoviejo. Ante dicho evento las autoridades locales y del gobierno de Ecuador quedaron rebasados para atender la emergencia, por lo que el día 17 de abril el presidente Enrique Peña Nieto instruyó a las secretarías de Gobernación y de Relaciones Exteriores para activar el protocolo de ayuda humanitaria y de rescate.

Ante dicha instrucción, una delegación mexicana partió a la ciudad de Manta el día 18 de abril, con el objetivo de apoyar al gobierno de Ecuador en las labores de rescate. Dicha delegación estuvo conformada por personal de la Coordinación Nacional de Protección Civil (8), Secretaría de la Defensa Nacional (15), Secretaría de Marina (18), Policía Federal (26), Cruz Roja (20), Unidad Estatal de Protección Civil Bomberos Jalisco (12), Protección Civil (2) Secretarías de Relaciones Exteriores (1) y Secretaría de Salud (5).

La Coordinación Nacional de Protección Civil incluyó a miembros del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), especialistas en estructuras e información geoespacial, cuyo objetivo era la valoración e identificación de las estructuras colapsadas para la intervención segura de los cuerpos de rescate de la delegación Mexicana, así como la valoración de estructuras dañadas.

En una segunda etapa, cuya información está contenida en el presente informe, se atendieron solicitudes de las autoridades ecuatorianas para asesorar en la evaluación de edificaciones con daños. Para esta labor se fue identificando el tipo de estructuración predominante de las edificaciones en las poblaciones visitadas, procediendo a clasificar el tipo de daño en elementos estructurales principales y estructura secundaria, así como de elementos no estructurales. Se tomaron fotografías de las edificaciones dañadas y la ubicación de las mismas, para generar un mapa de ubicación de daños.

Como parte del equipo con que se contó para cumplir con el objetivo de dicha misión, se contó con un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), el cual se utilizó para sobrevolar los sectores afectados en las ciudades de Puerto Viejo y Manta, con el fin de identificar las estructuras colapsadas e inspeccionar las dañadas.

1.1 ESQUEMA GEOPOLÍTICO DE ECUADOR

La República del Ecuador se encuentra ubicada en la parte norponiente de Sudamérica en la vertiente del océano Pacífico, entre las coordenadas geográficas 5° 00' sur a 1° 28' norte y 75° 11' a 81° 00' longitud oeste. Limita al norte con Colombia y al sur y al este con Perú. Ecuador cuenta con alrededor de 16.3 millones de habitantes. Su extensión territorial es de 283,561 km² y su capital es la ciudad de Quito, con 1.6 millones de habitantes.

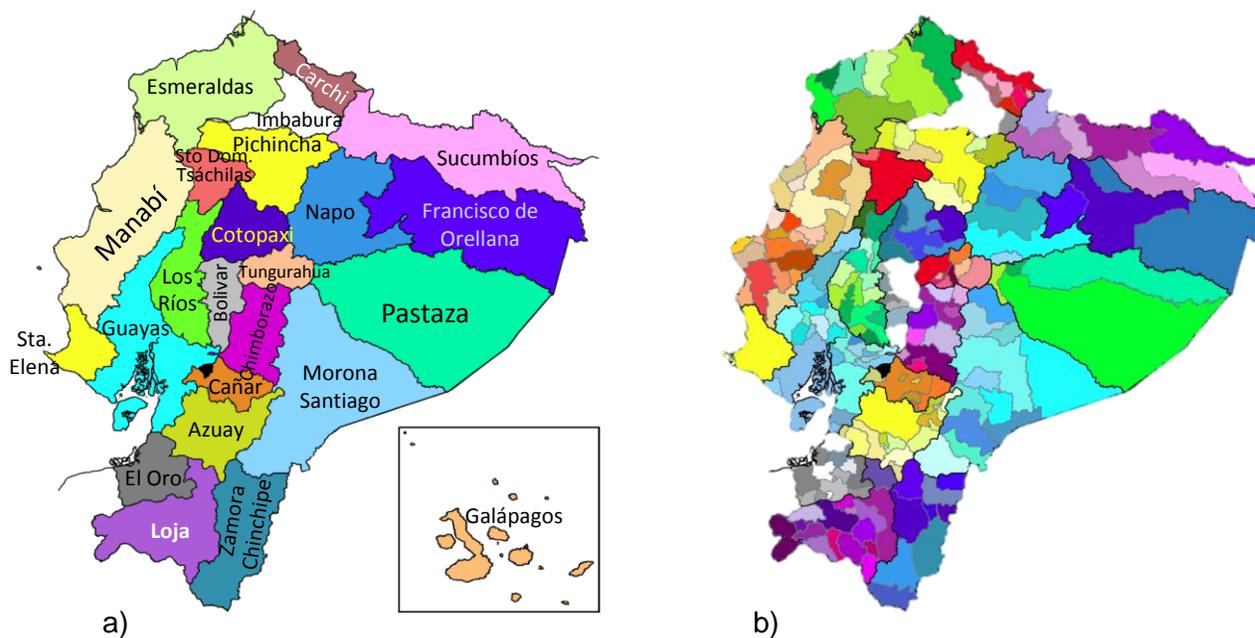
Ecuador se divide en 24 provincias (**Figura 1.1**), equivalente a estados, que están agrupadas en diez regiones administrativas. Las provincias se subdividen en cantones (equivalentes a municipios) de los cuales el país cuenta con 221 en total. A su vez cada cantón se subdivide en parroquias, que pueden ser urbanas o rurales. En la Tabla 1.1 se muestra la lista de provincias y la capital de cada una.

¹ La escala sismológica de magnitud de momento se abrevia M_w y es usada para medir y comparar terremotos.

Tabla 1.1 Provincias de Ecuador

No.	Provincia	Capital
1	Azuay	Cuenca
2	Bolívar	Guaranda
3	Cañar	Azogues
4	Carchi	Tulcán
5	Chimborazo	Riobamba
6	Cotopaxi	Latacunga
7	El Oro	Machala
8	Esmeraldas	Esmeraldas
9	Galápagos	Pto. Baquerizo Moreno
10	Guayas	Guayaquil
11	Imbabura	Ibarra
12	Loja	Loja

No.	Provincia	Capital
13	Los Ríos	Babahoyo
14	Manabí	Portoviejo
15	Morona Santiago	Macas
16	Napo	Tena
17	Orellana	Pto. Francisco de Orellana
18	Pastaza	Puyo
19	Pichincha	Quito
20	Santa Elena	Santa Elena
21	Sto. Dom. de los Tsáchilas	Santo Domingo
22	Sucumbios	Nueva Loja
23	Tungurahua	Ambato
24	Zamora Chinchipe	Zamora

**Figura 1.1 a) División de Ecuador en provincias; b) División en cantones (adaptado de Wikipedia, 2016)**

CAPÍTULO 2

SISMOLOGÍA DE LA REGIÓN

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA Y SISMOLOGÍA

El 16 de abril de 2016, a las 18:58 hora local (23:58 h, UTC), el Servicio Geológico de Estados Unidos (United States Geological Survey, USGS), reportó un sismo con magnitud M_w 7.8, con localización 0.3° de latitud norte y 79.9° de longitud oeste, con profundidad de 21.5 km y 27.6 km al sureste de Muisne, Ecuador (Figura 2.1). El evento sísmico fue corroborado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador (IG-EPN).

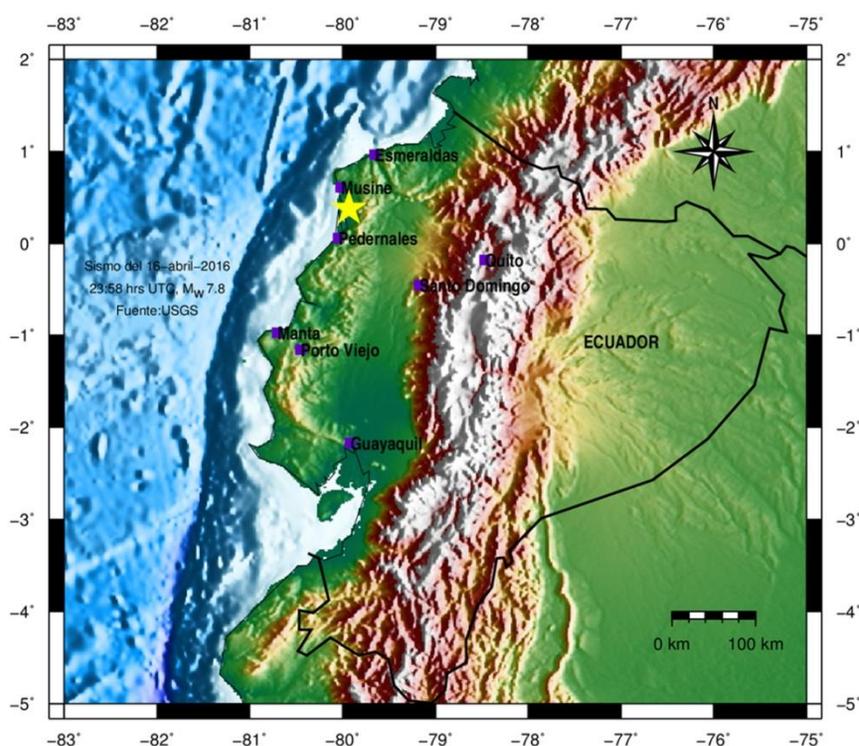


Figura 2.1 Localización del sismo del 16 de abril de 2016, M_w 7.8. Fuente: USGS-IG-EPN

Posterior al evento principal se declararon en Estado de Emergencia Nacional seis de las 24 provincias de Ecuador: Esmeraldas, Guayas, Santo Domingo, Los Ríos, Santa Elena y Manabí, siendo esta última la más afectada y declarada como zona de desastre; debido a su cercanía con el epicentro así como las condiciones de vulnerabilidad de la población, hubo un total de 600 decesos, 150 desaparecidos, 8000 heridos y alrededor de 2000 edificios dañados o destruidos (cifra oficial actualizada al 21 de abril 2016).

2.2 CONTEXTO TECTÓNICO

El Arco Sudamericano está formado por el desplazamiento, rumbo al este, de la placa de Nazca hacia la placa Sudamericana. Tiene una longitud proporcional de 7000 km y va de la triple unión, al sur de Chile, hasta la zona de fractura de Panamá. Este choque de placas es responsable de la formación de los Andes así como de la actividad volcánica, los procesos de deformación en Sudamérica y de los sismos del 31 enero 1906 (M_w 8.8), siendo éste el evento sísmico más grande registrado en Ecuador y el sexto más grande a escala mundial; así como el del 14 mayo de 1942 (M_w 7.8); 19 enero de 1958 (M_w 7.8) y del 12 diciembre de 1979 (M_w 8.1).

El sismo del 16 de abril de 2016 se debió a la subducción de la placa de Nazca en el segmento del Arco Sudamericano, conocido como la trinchera de Colombia-Ecuador y que avanza a una velocidad de 61 mm/año (USGS executive summary). La interacción de las placas en el área de Ecuador puede causar más daños debido a que el tipo de subducción es diferente que en el resto de Sudamérica, al hacerse más oblicua la inclinación, deformando principalmente las áreas al norte de las islas Galápagos. La falla, desde donde posiblemente se propagó la energía, es una cabalgadura con una tasa de movimiento muy baja, el hipocentro del sismo fue superficial, debido a la deformación interplaca. El mecanismo focal obtenido corresponde al de una falla inversa (figuras 2.2 y 2.3).

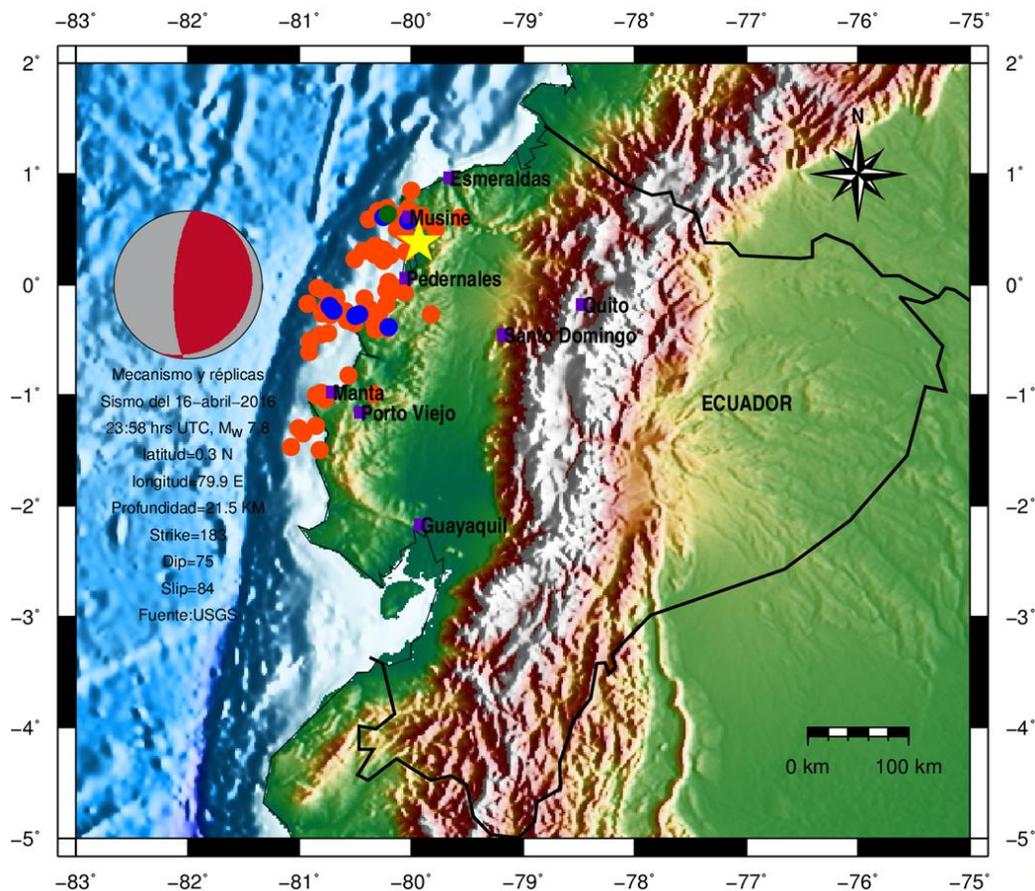


Figura 2.2 Mecanismo focal de falla inversa y réplicas del sismo del 16 de abril de 2016 (elaborado a partir de los datos de la USGS)

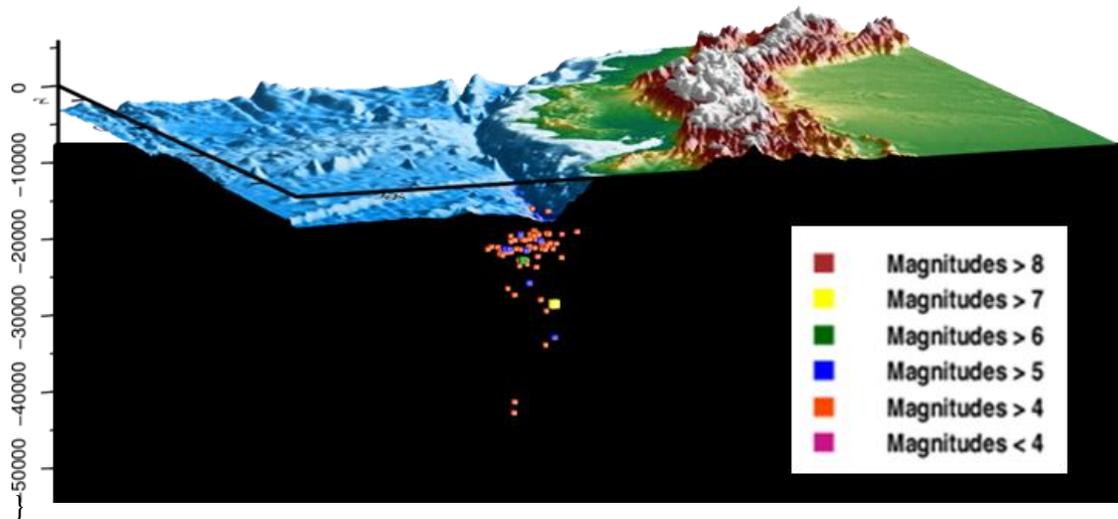


Figura 2.3 Sismo del 16 de abril de 2016 y sus réplicas en 3D (elaboración a partir de datos del USGS)

El sismo generó un tsunami de grado cero, con una altura máxima de 20 centímetros sobre el nivel medio del mar, el cual no representó un peligro por inundación y la alerta fue cancelada. La modelación del evento fue realizada por el programa ConMIT de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). El mapa de máxima amplitud se muestra en la Figura 2.4.

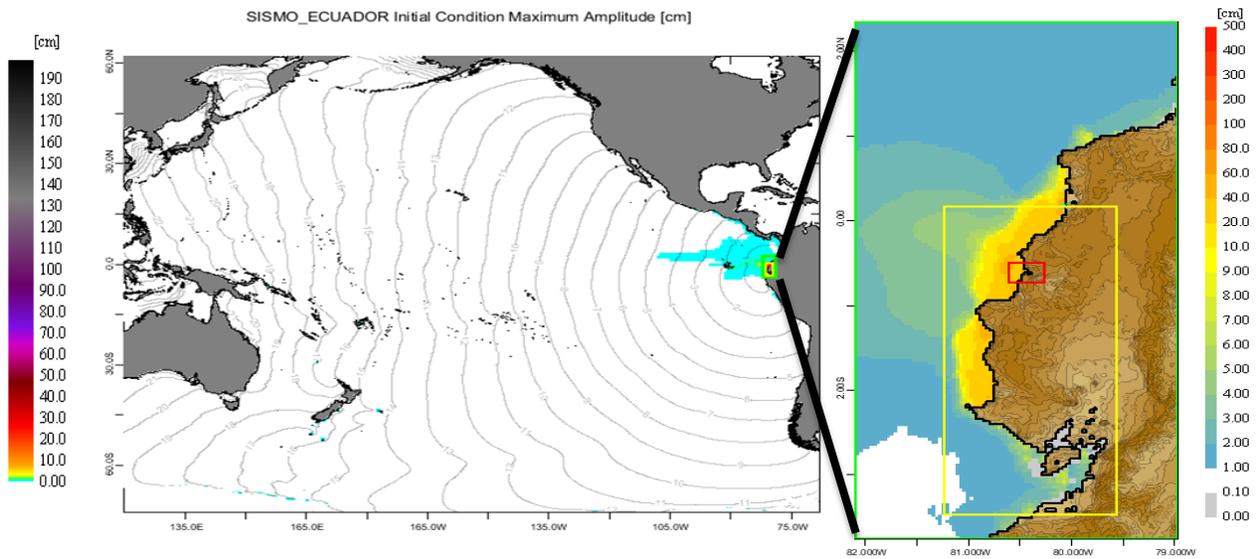


Figura 2.4 Modelación del tsunami del 16 de abril de 2016. Elaborado con el software ConMIT de la NOAA

2.3 INTENSIDADES CON VALORES DE ACELERACIONES Y VELOCIDAD ASOCIADOS

El USGS generó mapas de intensidades (*shake map*) con los valores de aceleraciones y de velocidades a partir de la magnitud y el epicentro, donde se muestra la distribución del posible daño, las aceleraciones y velocidades máximas calculadas (Figura 2.5).

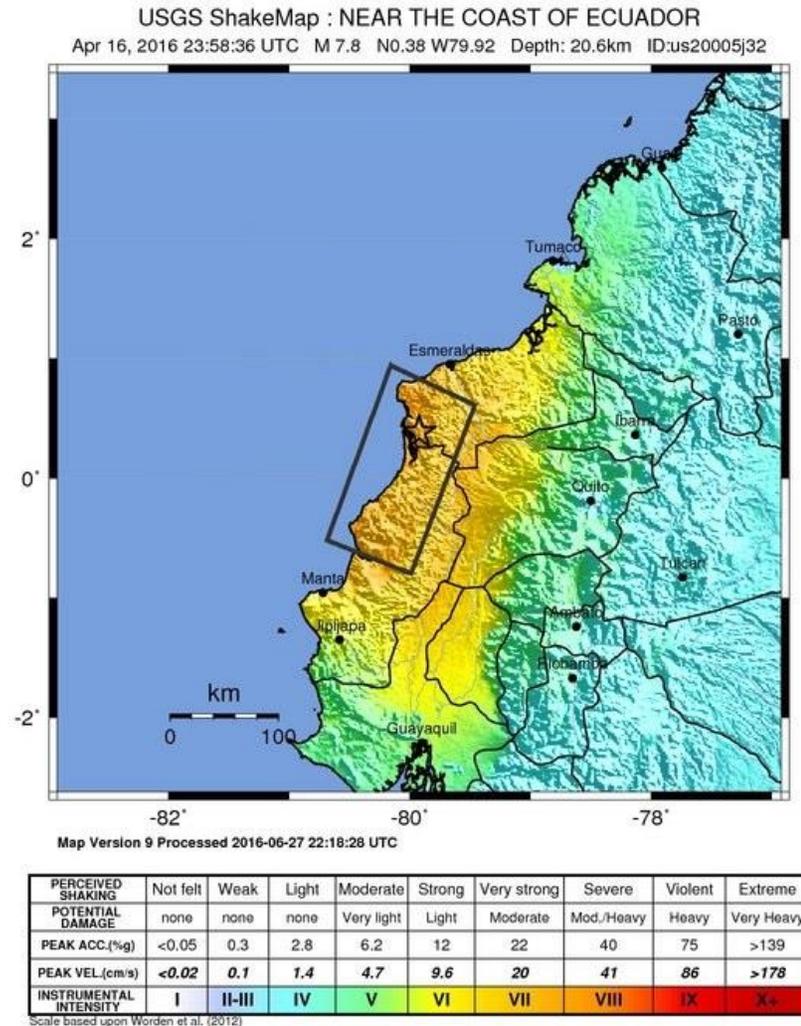


Figura 2.5 Mapa de intensidades con valores de aceleración y velocidad asociados

En la Tabla 2.1 se presenta parte de la escala de Intensidades de Mercalli Modificada (IMM), en la cual se identifica la relación entre los aspectos subjetivos y cualitativos de la percepción de la población ante el movimiento del terreno, así como algunos de los aspectos relacionados con el estado físico de los bienes expuestos, representado generalmente por definiciones y patrones de daño en edificación de vivienda.

Tabla 2.1 Intensidades según la escala Modificada de Mercalli (Bolt, 1978)

IV.	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V.	Sentido por casi todos, muchos despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI.	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII.	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII.	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos, considerable en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX.	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.

El IG-EPN indicó que la Red Nacional de Acelerógrafos de Ecuador (RENAC) y la red de Oleoductos de Crudos Pesados (OCP) reportaron aceleraciones máximas en 30 de sus estaciones a través de todo el país (figura 2.6)). Las mayores aceleraciones están registradas en Pedernales y al sur del epicentro. Los valores en Manta, Portoviejo y Chone son más grandes que las observaciones en Esmeraldas que está más cerca del epicentro y de la falla, esto último posiblemente a los efectos de sitio.

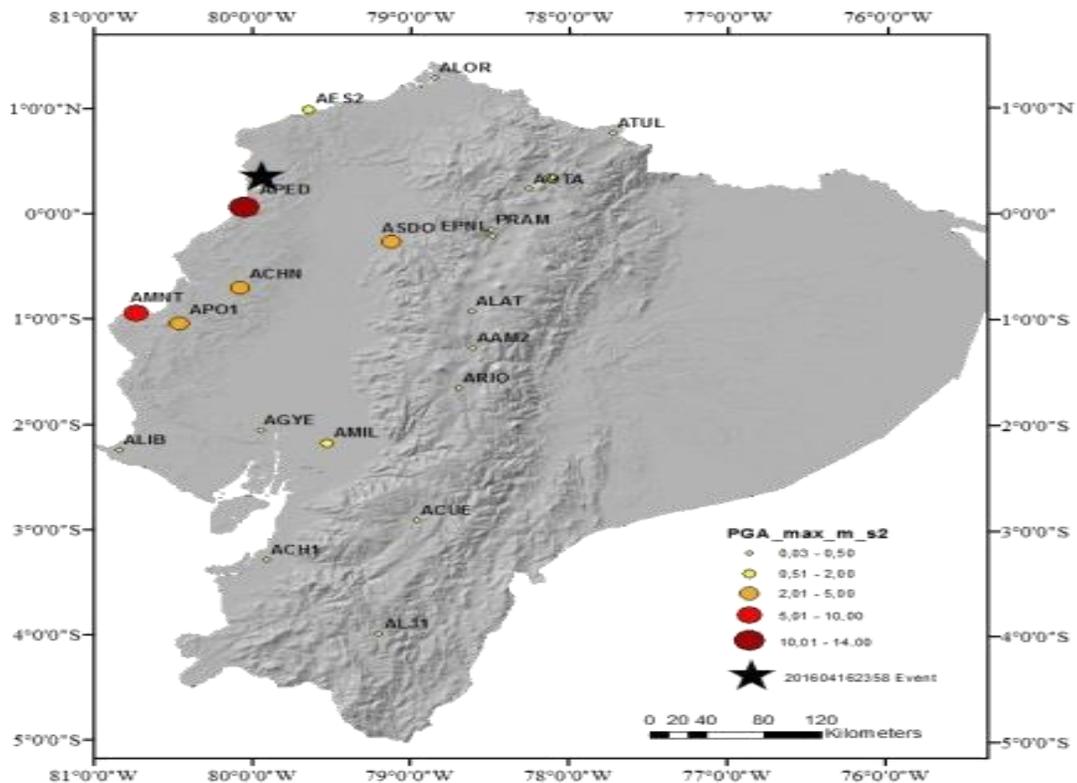


Figura 2.6 Aceleraciones de las estaciones de la RENAC y OCP en Ecuador (IG-EPN, 2016)

La Figura 2.7 muestra (izquierda) las aceleraciones máximas obtenidas en las estaciones sísmicas ecuatorianas y la distancia al epicentro, así como el registro (derecha) de las estaciones ubicadas al sur y al norte. Al norte, los valores de aceleración pico son más bajos, con una duración mayor, mientras que en el sur se observan mayores aceleraciones pico aunque con una duración más corta, estas últimas fueron ordenadas con respecto a la distancia epicentral. La máxima aceleración fue registrada en la estación APED, a 36 kilómetros del epicentro, con valores de 1380.34 cm/s^2 en el componente este-oeste, 831.87 cm/s^2 en el componente norte-sur, y 727.34 cm/s^2 para el componente vertical.

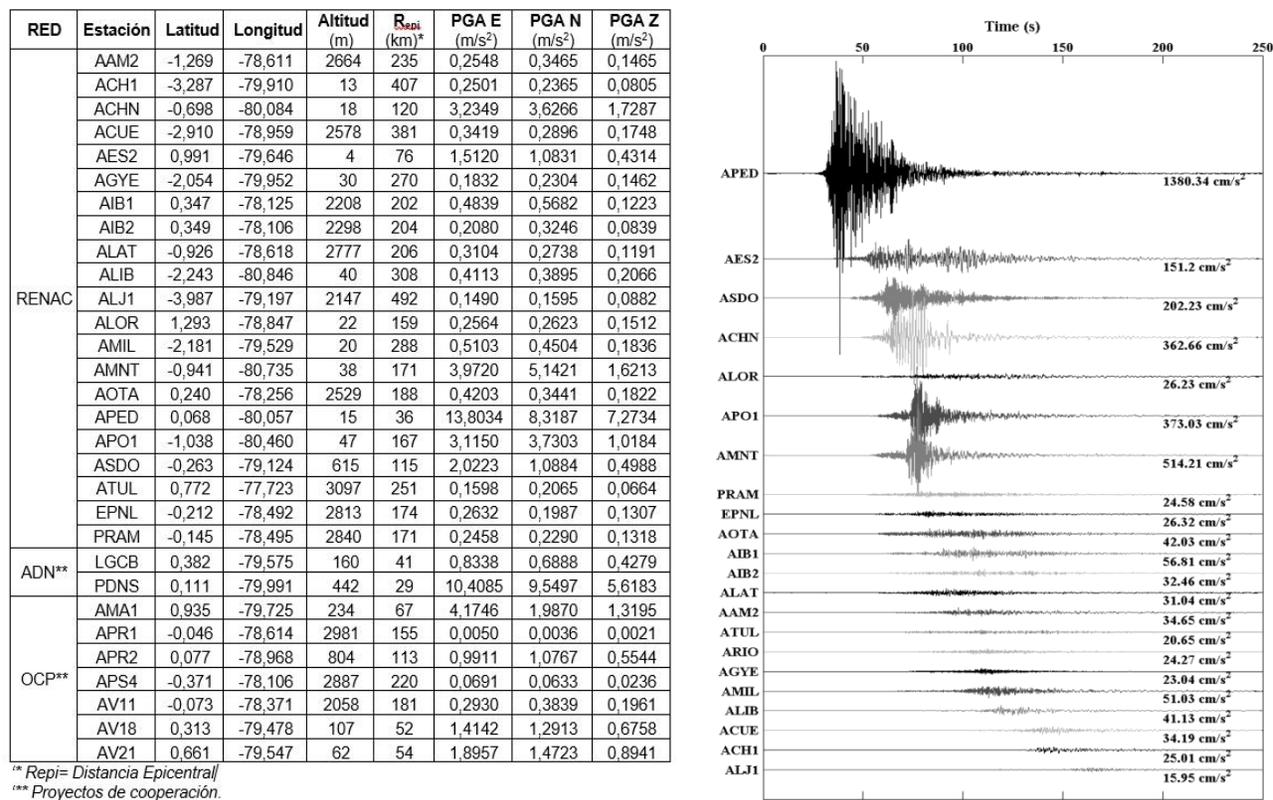


Figura 2.7 Valores y registros de aceleración de las redes de Ecuador (IG-EPN, 2016)

Debido a la magnitud del sismo y al desastre ocasionado, el gobierno de Ecuador, al declarar el estado en emergencia, solicitó ayuda internacional. Dentro de las respuestas internacionales, el Estado Mexicano envió una misión, la cual incluyó personal del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), con especialistas de la Dirección de Investigación y de la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgo, para apoyar en la atención de la emergencia en materia de vulnerabilidad y riesgo estructural, así como la identificación de estructuras colapsadas por medio de un vehículo aéreo no tripulado. Las descripciones de los daños en edificaciones se describen en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN EDIFICACIONES

3.1 ORGANIZACIÓN DEL CAPÍTULO

La primera parte de la misión del CENAPRED, 19 y 20 de abril, apoyó a los grupos de búsqueda y rescate integrados por bomberos, técnicos en urgencias médicas y personal militar de la misión mexicana. Se inspeccionaron estructuras colapsadas en Manta, zona asignada al grupo de México para dar recomendaciones a los rescatistas.

Posteriormente, se realizó una inspección de las edificaciones, la cual se reportó en forma cronológica, cada día, para integrar un informe que se actualizaba por la noche. Para el presente trabajo se reorganizó la información de las estructuras dañadas, agrupándolas en subcapítulos por poblaciones y, dentro de cada uno de ellos, se encuentra un desglose en las categorías siguientes (donde aplican):

- 1) Estructuras colapsadas donde se realizó la búsqueda de víctimas
- 2) Edificios altos de uso habitacional
- 3) Edificios altos para hoteles y oficinas
- 4) Comercios y edificaciones de mediana altura
- 5) Viviendas
- 6) Edificios de salud
- 7) Edificios escolares
- 8) Templos religiosos
- 9) Naves industriales y usos deportivos
- 10) Vías terrestres y puentes

3.2 CIUDAD DE SAN PABLO DE MANTA

Una de las ciudades más dañadas, donde se emplearon varios días para realizar la revisión de las edificaciones fue la ciudad de Manta, en la provincia de Manabí, cabecera del cantón de Manta (figura 3.1). Con una población en 2010 de 221 000 habitantes, 423 000 considerando el área metropolitana, se ubica en la parte media de la costa del Pacífico de Ecuador, en las coordenadas 0° 57' Sur, 80° 42' Oeste.



Figura 3.1 Mapa de la ciudad de Manta, Ecuador (OpenStreetMap®, 2016; Google Maps®, 2016)

3.2.1 Estructuras colapsadas donde se realizó la búsqueda de víctimas

Después de la llegada del personal mexicano (lunes 18 de abril), y luego de establecer un campamento en la primaria República de México, en Puerto Viejo, el equipo se trasladó a la ciudad de Manta, reportándose en la estación de bomberos cerca de la media noche. Los trabajos de búsqueda de víctimas comenzaron la madrugada del martes 19 de abril. A la delegación mexicana se le asignó una zona de edificios colapsados en la parte central norte de la ciudad, a tres cuadras de la costa y cerca de la desembocadura del río Manta.

El equipo comenzó a trabajar en las edificaciones de la avenida 5, entre las calles 106 y 110. En la Figura 3.2 se muestran dos fotos aéreas, una anterior y otra posterior al sismo, observándose el colapso de edificaciones (Google Maps®, 2016), así como un esquema de algunas de las edificaciones inspeccionadas.



Figura 3.2 Plano de la zona asignada: a) Foto aérea antes del sismo, b) Foto de daños (Google Maps®, c) esquema con ubicación de los predios

Hostal Arrecife y hostal El Ancla, avenida 105, entre calles 107 y 108

Observando fotos previas al sismo (Figura 3.3), se identifica que el hostal Arrecife era un edificio de cuatro niveles. Contaba con una estructuración a base de columnas de concreto y muros de mampostería. El colapso fue total y, lamentablemente, se perdieron varias vidas. El equipo de perros de búsqueda y rescatistas de la delegación mexicana trabajaron en los escombros de este edificio y, a las 8:40 de la mañana, recuperaron el primer cuerpo de un hombre (Figura 3.4).



**Figura 3.3 Hostal Arrecife y Hostal el Ancla, en Av. 105
a) foto previa al sismo (Google Maps®, 2016), b) colapso (Fotos LFC)**



Figura 3.4 Hostal Arrecife a) Búsqueda de víctimas, b) recuperación de un cuerpo (Fotos LFC)

Casa color amarillo en avenida 105

Justo frente al hostal Arrecife se encontraba una edificación de tres niveles con uso habitacional en plantas superiores y probablemente algún negocio en planta baja. La edificación colapsó por planta baja débil como se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Casa amarilla en avenida 105 a) foto previa al sismo (Google Maps®, 2016), b) colapso (Foto LFC)

El sistema estructural corresponde al identificado en la mayoría de las construcciones, con una serie de columnas de concreto reforzado y losa plana, con muros de mampostería de piezas macizas de arcilla colocadas de canto. En el proceso constructivo las columnas se cuelan primero y se les dejan unos alambres a cada 30 cm que sobresalen 50 cm para conectar a los muros. En la Figura 3.6 a) se muestra un detalle del colapso de una columna de planta baja identificándose escaso acero longitudinal y transversal. Estas columnas tenían un ensanchamiento en su mitad inferior y fue arriba del mismo que se formó la articulación plástica. En la figura 3.6 b) se aprecia el sistema de columnas con muros de tabique delgado entre las mismas. Nótese un pedazo de muro que giró colgando de los alambres que lo conectan a la columna.



Figura 3.6 Vivienda en Av. 105 a) colapso de columna, b) vista del sistema estructural (Fotos LFC)

Edificio de la farmacia Pasteur, avenida 105 y calle 107

Se trataba de un edificio de dos niveles más un apéndice como tercer nivel en la esquina de la avenida 105 y la calle 107 (figura 3.7). El sistema estructural contaba con columnas de concreto y losas planas, así como muros de mampostería de tabiques de arcilla. Se identificó, como en otros casos, que la mampostería no estaba confinada, salvo la que quedaba entre columnas. El colapso fue por apilamiento de las losas.



Figura 3.7 Farmacia Pasteur en av. 105 a) foto previa al sismo (Google Maps®, 2016), b) colapso (Foto LFC)

Edificio anexo a la Unidad Educativa Leonie Aviat

Edificio de cuatro niveles con colapso total con apilamiento de losas (figura 3.8). La estructura del lado derecho en la foto era un cuerpo independiente para las escaleras de acceso, mismo que quedó en pie con daños mínimos. El sistema estructural estaba resuelto con columnas de concreto y muros no confinados de mampostería.

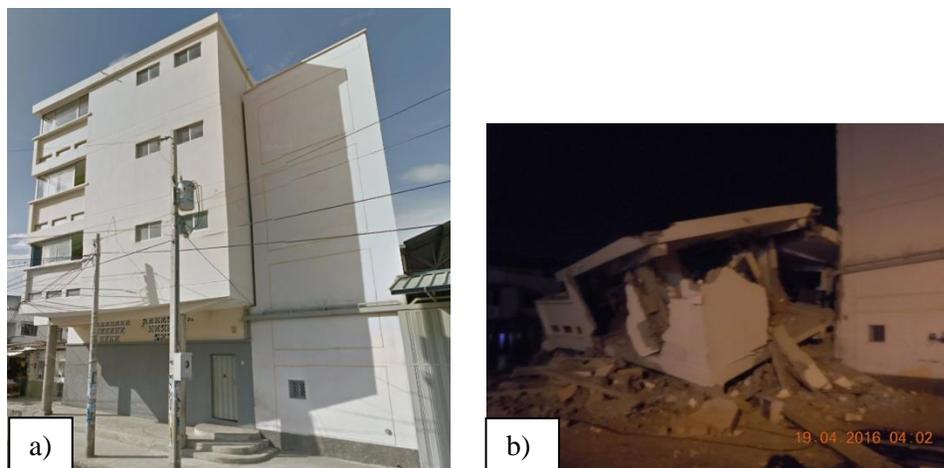


Figura 3.8 Edificio junto a la Unidad Educativa Leonie Aviat, avenida 105 a) foto previa al sismo (Google Maps®, 2016), b) colapso (Foto LFC)

3.2.2 Edificios altos de uso habitacional

Torre Oro Mar

Edificio de 16 pisos y dos sótanos de estacionamiento, de uso habitacional, ubicado en avenida 23 y Jaime Chávez fue construido en 1999 (figura 3.9). Se presentaron daños severos en muros de mampostería de bloques huecos de concreto, tanto internos como externos, no se observó daño en la estructura principal de marcos de concreto reforzado.



Figura 3.9 Torre oro Mar, Manta: a) detalle de fachada principal, b) fachada posterior (Fotos LFC)

Edificios San Marino y Portomare

Ambos edificios son de uso habitacional, de 12 pisos y dos sótanos, construidos en 2010 (figura 3.10). Las fachadas las recubren molduras de arcilla simulando tabiques de acabado aparente. Se pudieron observar los planos estructurales donde se detalla el uso de zapatas aisladas (cimentado en roca), columnas de concreto de 40×80 a 40×100 . La losa es tipo reticular con nervadura principal ancha.

El edificio San Marino presentó daño en muros de mampostería, aunque la estructura de concreto se encontró sana. El edificio Portomare es gemelo del San Marino, con planta de espejo respecto de aquél. Cuenta con los mismos planos con detalles estructurales. El daño fue similar en muros de mampostería con estructura de concreto sana.



Figura 3.10 Edificios San Marino (a) y Portomare (b), en Manta (Fotos LFC)

Edificio RO

Es una edificación habitacional de 10 pisos, construida entre 1993 y 1994 con marcos con columnas y travesaños de concreto que se encontraron sin daño (figura 3.11), no así los muros de mampostería de tabique rojo artesanal, en especial en salientes laterales del edificio.



Figura 3.11 Edificio RO, en Manta (Fotos LFC)

Edificio Oceanía

Edificio de uso habitacional con 15 pisos y dos sótanos, cuya estructura es de marcos de concreto y losa colada en lámina de acero (tipo losa-acero), con vigas secundarias de acero para soporte de la losa

(figura 3.12). Construido entre 2013 y 2015. Daños severos en muros de mampostería de bloque hueco de concreto. La estructura de concreto resultó sana.



Figura 3.12 Edificio Oceanía, en Manta (Fotos LFC)

Edificio Nerea

Edificio de ocho niveles con sistema de marcos de vigas y columnas de concreto reforzado; se ubica en avenida Universidad 2, cerca de la esquina con Universidad 9 (figura 3.13). Presentó daño severo en muros de mampostería de bloque hueco de concreto; daño por flexión en algunas trabes formando mecanismo de trabe débil y columna fuerte, y con el colapso de las dos escaleras que existían. Se consideró que, en general, la estructura de concreto puede ser reparada, y las escaleras deberán ser reconstruidas. Se clasificó como daño severo por el colapso parcial y el daño estructural presente en el edificio (figura 3.14).



Figura 3.13 Edificio Nerea, Manta; foto antes del sismo (Google Maps®, 2016)



Figura 3.14 Edificio Nerea, en Manta (Fotos LFC)

Edificios Mykonos

Este conjunto se compone de tres torres, Torre A y Torre B, ambas de 11 niveles, y entre ellas dos se encuentra la Torre C, de 14 niveles (figura 3.15). Está estructurado con marcos de vigas y columnas de concreto reforzado. Presentó daño severo en muros de mampostería pero la estructura de concreto se encontró sana. Se clasificaron con daño medio y con la recomendación de que se proponga un proyecto de reparación y refuerzo.



Figura 3.15 Edificios Mykonos, en Manta (Fotos LFC)

Edificio Santorini

Edificio de uso habitacional, de nueve pisos y dos sótanos ubicado en la Av. 24 M1 número 112 (figura 3.16). La fachada es de cancelería y cristales, la cual no sufrió daños. La estructura está compuesta por

columnas y vigas de concreto reforzado, formado marcos en ambas direcciones. El sistema de piso está conformado por una losa de acero galvanizado con firme de compresión de concreto reforzado, soportada por vigas secundarias metálicas. Sólo se presentó daño en mamposterías, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias; la estructura se encuentra sana.



Figura 3.16 Edificio Santorini, en Manta: a) detalle de fachada principal, b) sistema de piso (Fotos FBT)

Edificio Torre Marina

Edificio de uso habitacional, de 10 niveles y dos sótanos, ubicado en la Av. 24 calle M1 (figura 3.17). La estructura está compuesta por columnas y vigas de concreto reforzado, formando marcos en ambas direcciones. El sistema de piso está conformado por una losa maciza de concreto. Sólo se presentó daño en mamposterías que sirven de fachadas y muros divisorios, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, la estructura principal de soporte se encuentra sana.



Figura 3.17 Edificio Torre Marina, en Manta (Foto FBT)

Edificio el Dorado II

Edificio de condominios, de 10 niveles y tres sótanos ubicado en la Av. 24 calle M1 (figura 3.18). La estructura está compuesta por columnas y vigas de concreto reforzado. El sistema de piso está conformado

por una losa plana aligerada de concreto con nervaduras en ambas direcciones. Debido a la gran flexibilidad del edificio, este sufrió daños considerables en las mamposterías de fachada y en muros divisorios del interior. La estructura tiene daños severos en columnas y vigas de los primeros niveles; además, la estructura presenta desplomo.



Figura 3.18 Edificio El Dorado II, en Manta: a) detalle de fachada norte, b) daños observados (Fotos FBT)

Autoridad Portuaria de Manta

Es la dependencia o instancia bajo concesión que opera y administra los servicios del puerto de la ciudad de Manta (figura 3.19). La estructura es un edificio de más de 30 años de antigüedad, con cinco niveles. Los primeros cuatro niveles sirven de oficinas para la Autoridad Portuaria de Manta y el último alberga el archivo de documentos. La estructura del edificio es de concreto reforzado, el sistema estructural se conforma de columnas de concreto y losa plana. Durante el sismo la estructura presentó grandes desplazamientos, dañándose las mamposterías que sirven de muros divisorios, así como los plafones y las escaleras. Estructuralmente, se presentaron daños ligeros en algunas de las columnas.



Figura 3.19 Edificio de la Autoridad Portuaria de Manta (Foto FBT)

Durante la inspección se observó que el último piso tenía sobrecarga debido al peso de los archivos documentales, además de que los estantes de los mismos no contaban con un adecuado sistema de anclaje que impidiera su volteo (figura 3.20).



Figura 3.20 Daños observados en el edificio de la Autoridad Portuaria de Manta (Fotos FBT)

Condominios Loma de los Vientos

Conjunto habitacional formado por seis edificios, ubicados en calle 7 y avenida 5 (figura 3.21) La estructura de todos ellos consta de cinco niveles sin sótanos y fue resuelta mediante muros de mampostería confinada y losa de concreto reforzado. Los seis edificios de condominios fueron dañados seriamente por el sismo, presentado agrietamientos y desprendimiento de los muros en los primeros dos niveles, desplomo y falla de la cimentación. Aunado al daño estructural, los condominios están desplantados cerca de una ladera que presentó falla, con lo cual se recomendó que los habitantes de los edificios fueran evacuados. Derivado del daño estructural y de la falla del suelo se recomendó demoler todos los edificios del conjunto habitacional.



Figura 3.21 Condominio Lomas de los Vientos, en Manta:
a) Daño en muros de mampostería, b) Falla del talud, c) Falla de la cimentación (Fotos FBT)

Torre del Sol

Edificio de ocho niveles y un sótano de estacionamiento, de uso habitacional con 10 años de antigüedad (figura 3.22). Se presentaron daños medios en muros de mampostería de bloques huecos de concreto, tanto internos como externos. La estructura principal está resuelta con columnas y vigas formando

marcos de concreto, el estado de la edificación al momento de la inspección fue bueno. Se recomendó reparar todos los muros de mampostería y dejar una junta de aproximadamente 2.5 cm con respecto a los marcos de concreto.



Figura 3.22 Torre del Sol, en Manta (Foto FBT)

3.2.3 Edificios altos para hotelería y oficinas

Manta Business Center

Ubicado en la confluencia de las calles 24 y M2, el Manta Business Center está constituido por dos edificios de 13 pisos conectados por dos puentes entre ellos en los niveles 3 y 12 (figura 3.23). No se permitió el acceso, pero se apreció que la estructura es de concreto reforzado, la cual aparentemente estaba en buen estado a pesar del daño severo en los muros de mampostería. Los puentes se resolvieron con estructuras en voladizo que sobresalen de cada edificio y coinciden en el centro del claro, dejando una junta constructiva. La zona de dicha junta constructiva sufrió daños por impacto entre las dos edificaciones.



Figura 3.23 Complejo Manta Business Center, en Manta a) Vista general, y b) Detalle del daño en junta de los puentes (Fotos FBT)

Hotel Lun Fun

Edificación de cinco niveles ubicada en calle 2 esquina avenida 11 (figuras 3.24, 3.25 y 3.26). Colapso completo de la planta baja. Los cuatro niveles superiores quedaron inclinados hacia la calle 2. Se acordonó la calle prohibiendo el paso de vehículos.



Figura 3.24 Hotel Lun Fun antes del sismo, en Manta (Google Maps®, 2016)



Figura 3.25 Hotel Lun Fun, en Manta (Foto LFC)



Figura 3.26 Detalle del colapso, Hotel Lun Fun, en Manta (Foto LFC)

Hotel Poseidón

El edificio está constituido de 17 niveles y cuatro sótanos, ubicado en la Vía Barbasquillo km 1.5 (figura 3.27). Fue terminado de construir hacía un año. Está resuelto con estructura de acero, con columnas de sección compuesta como cajón cuadrado de acero rellenas de concreto, y vigas de sección 'I', así como losas de concreto reforzado sobre lámina de acero conocidas localmente como tipo novacero (en México: losacero). Presentó daño medio a severo en muros de mampostería en la fachada, aunque la estructura principal se encontró sana.



Figura 3.27 Hotel Poseidón, en Manta (Foto LFC)

Hotel Pacífico Internacional

El edificio cuenta con dos cuerpos, cada uno con ocho niveles, fueron estructurados a base de columnas y losas planas de concreto reforzado con muros divisorios de mampostería (figura 3.28). El hotel se encontró parcialmente colapsado, ya que uno de los cuerpos fue totalmente dañado; se recomendó demoler la parte afectada y revisar a fondo la estructura restante.



Figura 3.28 Hotel Pacífico Internacional, colapso total de un cuerpo, en Manta (Fotos SBB)

Hostal las Velas

El edificio cuenta con tres niveles, fue estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería; tiene daño severo en columnas (articulación en ambos extremos de las columnas), debido probablemente a que al colapsar el hotel Pacífico cayó sobre éste. Se recomendó demolerlo (figura 3.29).



Figura 3.29 Hostal las Velas, daño severo en columnas, en Manta (Fotos SBB)

Hotel Mayita

Edificio de seis niveles estructurado a base de columnas y losas planas de concreto con muros divisorios de mampostería. Sólo se observó daño en los muros de la planta baja y ninguno en las columnas por lo que se considera que no se compromete su estabilidad; se recomendó su uso sólo hasta reparar dichos daños (figura 3.30).



Figura 3.30 Hotel Mayita, daño en muros, en Manta (Fotos SBB)

3.2.4 Comercios y edificaciones de mediana altura

Oficinas de fábrica de frituras de plátanos

Edificio anexo a instalaciones de una fábrica de frituras de plátanos, ubicado en calle 15 de Abril, casi esquina con Jazmines. Estructura de sistema de losa plana con columnas de concreto y muros de mampostería, de tres niveles y techumbre ligera en azotea. El daño fue por colapso del primer piso. Se recomendó la demolición con maquinaria cuidando estructuras vecinas (figuras 3.31 a y b).

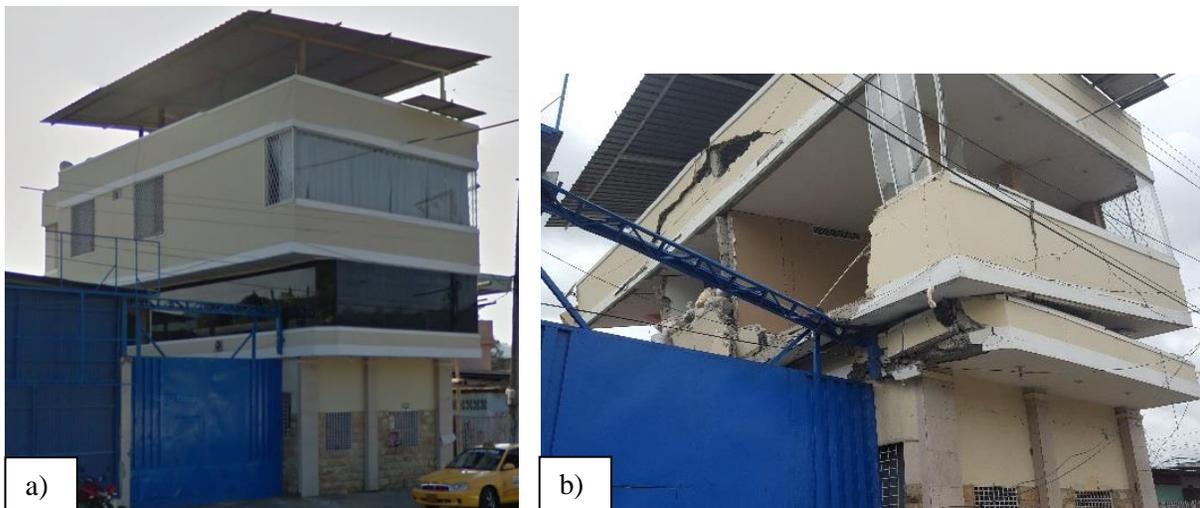


Figura 3.16 Oficinas de fábrica de frituras de plátanos, en Manta: a) foto antes del sismo (Google Maps®, 2016) b) colapso del primer nivel (Foto FBT)

Edificio El Barón

Edificio de oficinas y despachos de abogados, de cinco niveles de columnas de concreto y losa plana. Se observó daño severo en los muros de mampostería, pero sin daño en la estructura de concreto. Se recomendó verificar la inclinación del edificio ya que se estimó un desplomo de aproximadamente dos grados (figura 3.32).



Figura 3.17 Edificio El Barón, en Manta (Foto MACP)

Papelería e imprenta

Edificio de uso comercial en la planta baja (papelería e imprenta) y uso habitacional en los pisos superiores, el edificio contaba con tres niveles incluyendo un mezanine en la planta baja que era de doble altura. Se presentó daño en los extremos de las columnas de fachada por articulación plástica y en columna corta en zona de muros y en mezanine, así como daño en muros de mampostería. Se concluyó que es estable y puede accederse con restricción para recuperación de mercancía. Se recomendó consultar a alguna empresa de ingeniería para estudiar su posible reparación (figura 3.33).



Figura 3.18 Papelería e imprenta, en Manta (Foto FBT)

Edificio de dormitorios de la Federación Deportiva de Manabí

Se revisaron cinco estructuras en la Federación Deportiva de Manabí (figura 3.34). La primera, un edificio de cuatro niveles con colapso total de la planta baja, quedando apilado. El inmueble deberá demolerse, se recomendó tomar precauciones en caso de permitir el ingreso ya que el acceso para recuperar contenidos sería riesgoso.



Figura 3.34 Colapso de edificio de dormitorios de la Federación Deportiva de Manabí, en Manta (Foto FBT)

Edificio de Escalada, Federación Deportiva de Manabí

En la Federación se revisó también el edificio de escalada de cinco niveles, de uso de bodega y áreas interiores adaptadas para escalar, y el uso del muro exterior para zona de escalada bajo una techumbre de estructura metálica (figura 3.35). Se identificó daño severo en muros de mampostería y formación de articulaciones plásticas en los extremos de las columnas de planta baja. Se apreció posible inclinación de las columnas del primer nivel. Se considera con daño moderado en la estructura; el edificio es estable para recuperación de contenidos. Se recomendó consultar a alguna empresa de ingeniería para la reparación.



Figura 3.35 Edificio de Escalada de la Federación Deportiva de Manabí, en Manta (Foto FBT)

Oficinas del Registro de la Propiedad

Ubicadas en avenida 4 y calle 11; el edificio de seis pisos se encuentra en una calle inclinada por lo que el primer piso queda a nivel de calle en uno de sus lados (figura 3.36). Se identificó la estructura de concreto sin daño, a pesar de que algunos elementos tipo columna aparentaban estar dañados siendo estos,

aparentemente, ductos de instalaciones. Se acordonó la esquina de avenida 3 y calle 11 por el riesgo de caída de objetos (figura 3.37).



Figura 3.36 Fachada poniente del edificio del Registro de la Propiedad, en Manta (Google Maps®, 2016)

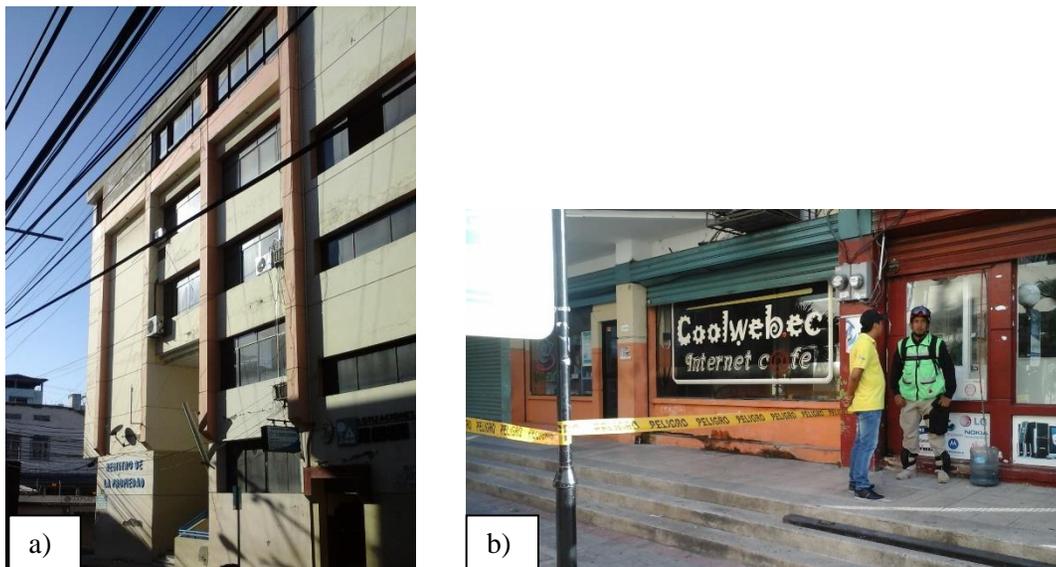


Figura 3.37 Oficinas del Registro de la Propiedad visto en su fachada principal (sur) (a) y comercios en la calle posterior (b), en Manta (Fotos LFC)

Edificio de oficinas y del Banco Del Bank

Edificio de siete niveles con apoyo a diferente altura al estar en un terreno en ladera (figura 3.38) Cuenta con dos cuerpos separados por una junta constructiva. Las columnas aparentaban estar sanas; el daño se concentró en muros de mampostería, muchos de los cuales ya estaban en proceso de reconstrucción.

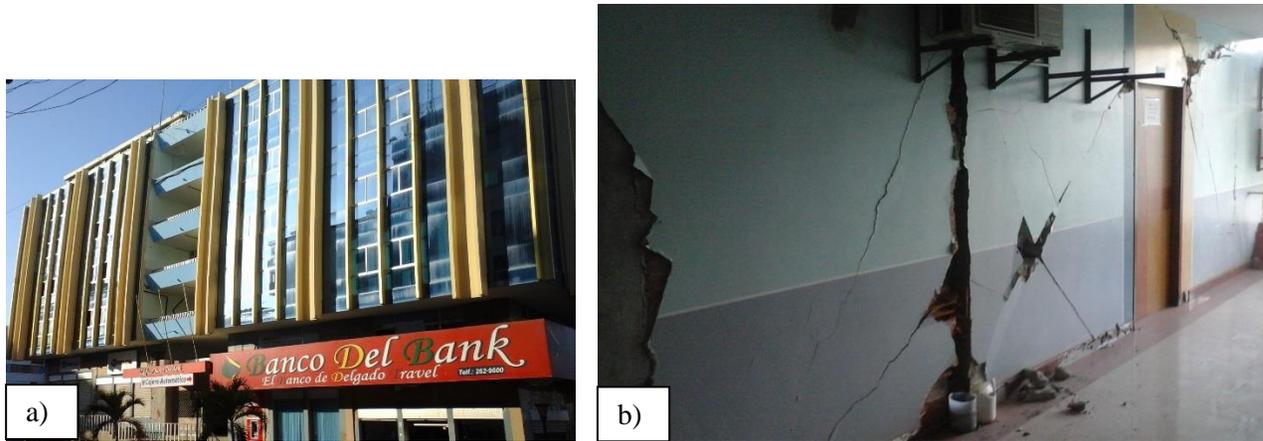


Figura 3.38 Banco Del Bank, en Manta: a) fachada y b) interiores (Fotos LFC)

Edificio en avenida 24 de mayo y calle 3

Edificio comercial Pinturas Zambrano de cinco pisos y un apéndice en azotea (figura 3.39). Los muros de mampostería de bloque hueco de concreto sufrieron daño severo en los primeros tres niveles. La estructura de concreto mostró signos de aplastamiento en la base de las columnas en su fachada sur, así como la apreciación de un posible desplomo o inclinación del edificio hacia el sur. Se recomendó realizar un estudio estructural para proponer un proyecto de rehabilitación.



Figura 3.39 Edificio de Pinturas Zambrano, en Manta (Foto LFC)

El Paseo Shopping Manta

Centro comercial ubicado en avenida 4 de noviembre (figura 3.40). El sistema estructural está resuelto con columnas de concreto reforzado y sistema de losa plana aligerada, existen muros diafragma de mampostería en la fachada del edificio. Se observó daño en la parte superior del muro de fachada, mismo que estaba retirando con la ayuda de una grúa. El inmueble ha sido revisado por especialistas en estructuras contratados por la empresa y se habían realizado ya tareas de estabilización y reparación. La zona de tiendas y comercios del pasillo interior se apreciaron sin daño. Se concluyó que puede ser abierto al público.



Figura 3.4019 Centro Comercial El Paseo Shopping, en Manta (Fotos LFC)

El muro posterior del centro comercial, paralelo a la avenida 4 de noviembre (figura 3.41), presentó daños severos de las columnas por la formación del fenómeno de columna corta al estar restringidas por los muros y libres sólo en su parte superior. Sin embargo, ya había sido apuntalada por dentro la zona con una estructura tubular de puntales verticales e inclinados conectada a la estructura, por lo que su condición de seguridad aparenta haber sido restablecida.



Figura 3.20 Avenida Centro Comercial El Paseo Shopping, en Manta (Fotos LFC)

Edificio Chávez

Ubicado en avenida 4 de noviembre y calle J1, tiene uso de comercio en planta baja y vivienda (figura 3.42). Con estructura de concreto y muros de mampostería. Los muros de mampostería sufrieron daño severo, además se presentó daño severo en el extremo inferior de una columna de la fachada posterior así como daño por columna corta en dicha fachada. El edificio es aparentemente estable y factible de rehabilitar.



Figura 3.42 Edificio Chávez, en Manta (Fotos LFC)

Edificio en avenida 13 y calle 11

Edificio de cuatro niveles y techumbre ligera que cubre una parte de la azotea y una terraza en azotea cubierta con losa plana sobre columnas de concreto (figura 3.43). Sufrió daño severo en muros y en la base de las columnas de la terraza de azotea (figura 3.44), misma que ya estaba siendo demolida, además de que los pisos se encontraron ya apuntalados. Se observaron también daños ligeros en columnas del tercer nivel (Figura 3.). Por la condición del daño estructural se clasificó como severo pero con la opción de reparar la estructura y la recomendación de reforzarla.



Figura 3.43 Edificio en avenida 13 y calle 11, en Manta (Fotos LFC)



Figura 3.44 Terraza en demolición y daño en columnas, edificio en avenida 13 y calle 11, en Manta (Fotos LFC)

Edificio Cooperativa Santa Ana LTDA

Edificio de uso comercial de cuatro niveles y azotea, cuyo sistema estructural estaba formado por columnas, muros de mampostería y losas planas; se observó daño en los muros de los nivel 3 y 4, así como caída del muro pretil de la azotea, además de ruptura de vidrios de la fachada en dichos niveles (figura 3.45). El dueño propuso eliminar los niveles afectados, los cuales no ponen en peligro la estabilidad del edificio.



Figura 3.45 Edificio Santa Ana, en Manta (Fotos VSVO)

Inmueble Tortillería Mi Rosita

Inmueble de uso comercial y habitacional de dos niveles con cubierta de azotea ligera, ubicado en esquina. Se observa por el exterior del inmueble agrietamiento en muros de la fachada (madera con mortero), además las vigas de madera ya están dañadas, por lo que no garantiza un nivel de seguridad adecuado (figura 3.46).



Figura 3.46 Inmueble de la tortillería Mi Rosita, en Manta (Foto VSVO)

Edificio Panificadora Buen Pan

Inmueble de uso comercial y habitacional de cinco niveles y terraza con techumbre ligera en la azotea, formado por muros de mampostería y losas planas, se observa agrietamiento en muros de la fachada principal y desprendimiento de fragmentos de muros de mampostería. También se observó colapso parcial en losa del tercer nivel, resultando que la edificación no presenta un nivel adecuado de seguridad (figura 3.47).



Figura 3.47 Panificadora Buen Pan, en Manta (Fotos VSVO)

Inmuebles comercial-habitacional (I y II)

Inmueble de uso comercial y habitacional de dos niveles y azotea con cubierta ligera construida con madera y mampostería. Se observó colapso de muro de fachada y algunos segmentos de soporte de la cubierta de techo, identificando el resto de la estructura como aparentemente sana (figura 3.48).



Figura 3.48 Inmueble comercial-habitacional, en Manta (Foto VSVO)

Otro inmueble de uso comercial y habitacional revisado contaba con cinco niveles y azotea, formado por elementos de concreto y muros de mampostería (figura 3.49); se observó agrietamiento en un muro de la fachada principal, así como desprendimiento de acabados en el nivel 1. De la inspección visual del exterior del inmueble se determinó como estructura que no pone en riesgo la seguridad de sus ocupantes; al entrar se recomendó hacerlo con precaución, así como solicitar un estudio a detalle por un especialista local.



Figura 3.49 Inmueble comercial-habitacional, en Manta (Foto VSVO)

Edificio Disensa

Inmueble de uso comercial de dos niveles, formado por columnas de concreto, muros de mampostería y losa plana en el segundo nivel, además de contar con cubierta ligera, se observa agrietamiento y colapso parcial en muros laterales; estructura aparentemente sana (figura 3.50).



Figura 3.50 Edificio comercial-Disensa, en Manta (Fotos VSVO)

Edificio de uso comercial (III)

Inmueble de uso comercial de cinco niveles, formado por columnas, muros de mampostería y losas planas, muy esbelto. Se observó agrietamiento en muros de fachada, además de presentar desplomo lateral, poniendo en riesgo la seguridad estructural (figura 3.51).



Figura 3.21 Edificio de uso comercial, en Manta (Foto VSVO)

Notaría Sexta

Inmueble de seis niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería, mismo que se encontró parcialmente colapsado debido a la caída del edificio vecino (Hotel Pacífico). Además, se observó daño en las losas por punzonamiento y daño severo en muros divisorios, por lo que se recomendó demolerlo debido al daño observado (figura 3.52).



Figura 3.52 Notaría Sexta, colapso parcial y punzonamiento en losas, en Manta (Fotos SBB)

Edificio de vivienda y comercio Doctor de la Chapa

Edificio de cuatro niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería, se observó daño leve en una de las columnas y severo en uno de los muros de la fachada lateral, por lo que se recomendó no utilizarlo hasta su total reparación (figura 3.53).



Figura 3.53 Doctor de la Chapa, daño severo en un muro, en Manta (Foto SBB)

Centro Naturista Bio Natura

Edificio comercial de tres niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería, con daño severo en sus columnas y en los muros divisorios; por lo anterior se recomendó su demolición (figura 3.54).



Figura 3.54 Centro Naturista Bio Natura, daño severo en columnas y muros, en Manta (Fotos SBB)

Edificio de vivienda y comercio Kelvin Deportivo

Edificio de tres niveles, estructurado a base de columnas, losas planas y marcos, sólo en un eje, con muros divisorios de mampostería, se observó daño en las juntas de columnas y un leve hundimiento en la parte frontal del edificio, así como daño en muros divisorios. Se recomendó un estudio detallado de geotecnia y uso limitado del edificio (figura 3.55).



Figura 3.55 Kelvin Deportivo, daño en cimentación, en Manta (Fotos SBB)

Edificio de vivienda y comercio Ecuacerámica

Edificio de cuatro niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería. Se observó daño en todos los muros de la fachada principal, pero ninguno en las columnas,

motivo por el cual no se ve comprometida su estabilidad. Se recomendó reparar las zonas dañadas para poder ser usado (figura 3.56).



Figura 3.56 Ecuacerámica, daño en muros divisorios, en Manta (Fotos SBB)

Edificio de vivienda y comercio Muebles Karolyn

Inmueble de cinco niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería; se observó el derrumbe de uno de los muros de la fachada principal y daños en varios más de estos, aunque no se vio daño en columnas, por lo que se consideró que no se ve comprometida su estabilidad. Se recomendó su uso sólo hasta que fueran reparados los daños (figura 3.57).



Figura 3.57 Muebles Karolyn, daño y caída de muros, en Manta (Fotos SBB)

3.2.5 Vivienda

Casas en calle 8 esquina avenida 21

Edificación de dos niveles que presentó daño severo en muros de mampostería y en el sistema estructural de concreto con mecanismo de piso débil en columnas de fachadas y daño severo de una de ellas. Se recomendó su demolición (figura 3.58).



Figura 3.58 Casa en avenida 21 esquina con calle 8, a) Foto de la esquina de av 21 y calle 8 antes del sismo (Google Maps®, 2016); b) Daño por el sismo, en Manta (Foto LFC)

Junto a la esquina anterior existía otra edificación, sobre avenida 21, que colapsó (figura 3.59). Era un edificio de cinco niveles donde se colapsaron los tres primeros pisos con apilamiento. Deberá completarse la demolición.



Figura 3.59 Colapso de edificio de cinco niveles en avenida 21 cerca de calle 8, en Manta (Foto FBT)

Un tercer caso observado a continuación, sobre la avenida 21, junto a la casa colapsada, fue una estructura de madera rellena de mampostería. Se observó que sufrió colapso de pared lateral y parte de fachada; no obstante, al observar fotos previas tomadas de internet (Google Maps®, 2016) se ve que carecía

del muro en la planta alta con anterioridad. La estructura de madera presenta gran deterioro por degradación (figura 3.60). Se recomendó demoler.

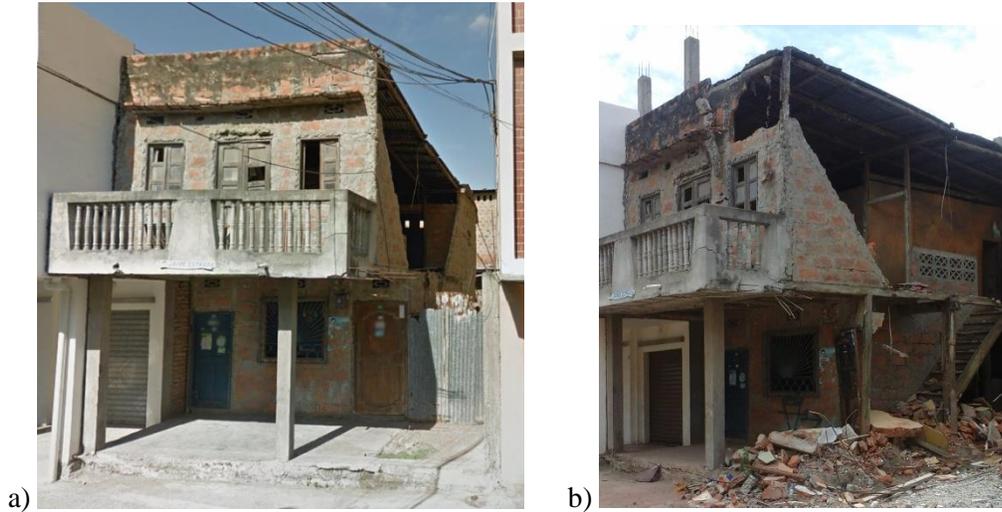


Figura 3.60 Colapso en avenida 21 cerca de calle 8, Manta a) antes del sismo (Google Maps®, 2016) y b) daño por el sismo (Foto LFC)

Edificios multifamiliares El Palmar

Unidad habitacional en avenida Segunda, en el barrio El Palmar. Consta de 11 edificios, uno aislado y los demás agrupados de dos en dos, como cuerpos separados por junta constructiva, simétricos entre sí (figura 3.61). Se estructuraron por medio de muros de mampostería con columnas de confinamiento de concreto reforzado. Por el sistema constructivo y por el modo de falla, el comportamiento es más representativo de muros de carga de mampostería, aunque las columnas le dan estabilidad vertical.



Figura 3.61 Edificios multifamiliares en El Palmar, en Manta (Fotos LFC)

Se encontraron daños severos por cortante en los muros de planta baja en forma generalizada, así como daño de menor grado, según se iba subiendo en los niveles. Se observaron zonas como intersecciones de muros sin refuerzo. El daño es severo aunque es factible la reparación y refuerzo.

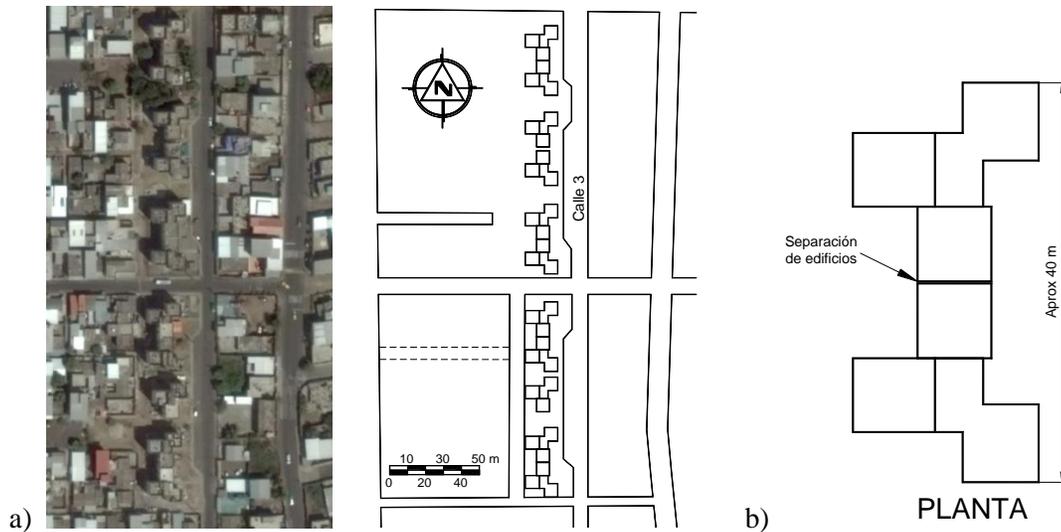


Figura 3.62 Foto aérea (Google Maps®, 2016), y esquema de ubicación y forma en planta de los edificios en la zona de El Palmar

Se observaron también fallas de la cimentación en dos de los edificios departamentales por la presencia de agrietamiento de la banqueta alrededor de unos de los edificios, con hundimiento estimado de hasta 10 cm de la estructura (figura 3.63). Este caso debe ser revisado por un estudio geotécnico y considerar una posible recimentación o la demolición.



Figura 3.63 Detalle de falla de cimentación en edificio El Palmar, en Manta (Foto FBT)

Inmuebles de uso habitacional con comercio en planta baja

Edificio comercial y vivienda, cuenta con tres niveles formado por columnas, traveses, muros de mampostería, ubicado entre dos construcciones que presentan daño (figura 3.64). Aparentemente no presenta daño en mamposterías exteriores, observándose un desplomo; será recomendable un estudio a detalle a través de un especialista local.



Figura 3.64 Inmueble Comercial, en Manta (Foto VSVO)

Inmueble de uso comercial y habitacional de cuatro niveles y terraza, ubicado en esquina, formado por columnas, travesaños y muros de mampostería (figura 3.65). Se observa agrietamiento en muros de fachada y formación de articulaciones en los extremos de las columnas, además de estar desplomado, poniendo en riesgo la seguridad estructural.

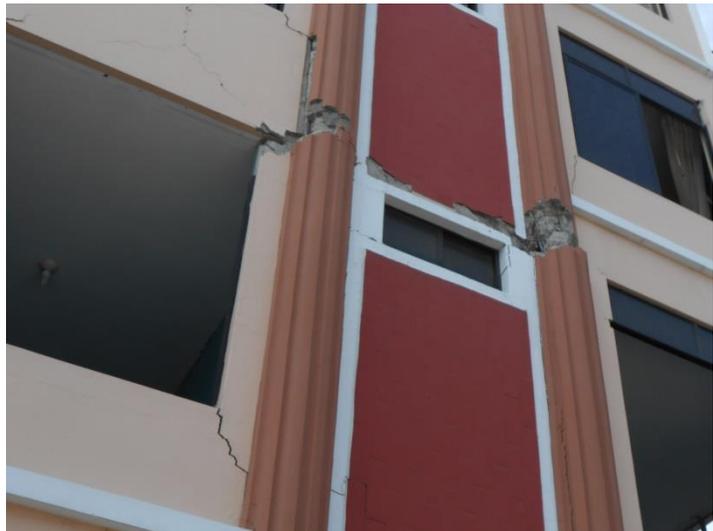


Figura 3.65 Inmueble Comercial-habitacional, en Manta (Foto VSVO)

Edificio comercial y vivienda (figura 3.66), cuenta con cuatro niveles ubicado en esquina, formado por columnas y muros de mampostería. Se observa desplome en muros, agrietamiento en muros exteriores e interiores del nivel uno; se recomienda un estudio a detalle para determinar su nivel de seguridad estructural



Figura 3.66 Inmueble comercial-habitacional, en Manta (Fotos VSVO)

Domicilio particular

Casa de dos niveles estructurada a base de columnas y losas planas, con muros divisorios de mampostería (figura 3.67). Sólo se observó daño en acabados, lo cual no compromete la estabilidad de la estructura; se recomendó su uso sólo hasta terminar la reparación o remoción de los acabados dañados.



Figura 3.22 Domicilio particular, daño leve en acabados, en Manta (Fotos SBB)

Vivienda particular

Inmueble de dos niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería: Se observaron daños severos en elementos estructurales (columnas) y en muros divisorios, por lo que se recomendó su demolición (figura 3.68).



Figura 3.68 Vivienda particular con daño severo en columnas y muros, en Manta (Foto SBB)

Vivienda y negocio

Edificio de tres niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería, presenta daño severo en columnas de tercer nivel, por la formación de columna corta. Se recomendó demoler el último de los niveles para evitar el colapso en un futuro sismo (figura 3.69).



Figura 3.69 Casa habitación, daño severo en columnas, en Manta (Fotos SBB)

Urbanización las Américas

Conjunto habitacional formado por casas de dos niveles, cuya estructura está resuelta con columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.70). Se presentó daño en seis viviendas, tanto terminadas como en proceso de construcción; el daño observado en las casas afectadas fue en muros de mampostería de ambos niveles y en la zona de escaleras, por lo que se recomendó demoler todos los muros dañados y reemplazar algunos de ellos por elementos de concreto, para hacer más rígida la estructura.



Figura 3.70 Urbanización las Américas, daño severo en muros, en Manta (Fotos SBB)

Complejo habitacional Los Tamarindos

Edificios de cinco niveles, estructurados a base de muros de mampostería confinados por castillos grandes (figura 3.71). Este sistema puede considerarse también como compuesto por columnas y losas planas y con muros de relleno de mampostería. Sólo en uno de los edificios se detectó daño en la mayoría de los muros y se recomendó demoler y restituir de manera adecuada cada uno de los elementos dañados, así como rigidizar la estructura.



Figura 3.71 Los Tamarindos, daño severo en muros, en Manta (Fotos SBB)

3.2.6 Edificios de salud

Centro Médico del Pacífico

Edificio de nueve niveles con estructura de concreto; el daño fue por colapso en pisos intermedios quedando fuertemente inclinado hacia la calle en los cinco pisos superiores (figura 3.72). Debe ser demolido, aunque el procedimiento es sumamente complejo. La opción de usar explosivos deberá ser analizada por especialistas en ese campo.



Figura 3.72 Centro médico del Pacífico, en Manta (Foto MACP)

Clínica del Divino Niño

Ubicado al final de la avenida 23, en la ladera de la colina (bajo la cual pasa la avenida de la Cultura). Edificio de concreto de cinco pisos que ya había sido revisado y clasificado para demolición (figura 3.73). Presentó falla de cimentación del lado de la ladera, sobre la cual el terreno y alrededores se encuentran fallados y desplazados, además de daño severo en columnas y una fuerte inclinación del edificio hacia dicha ladera. Se acordonó la zona. Se recomendó su demolición debido a que pone en riesgo a la vivienda vecina de un nivel, que sigue ocupada.

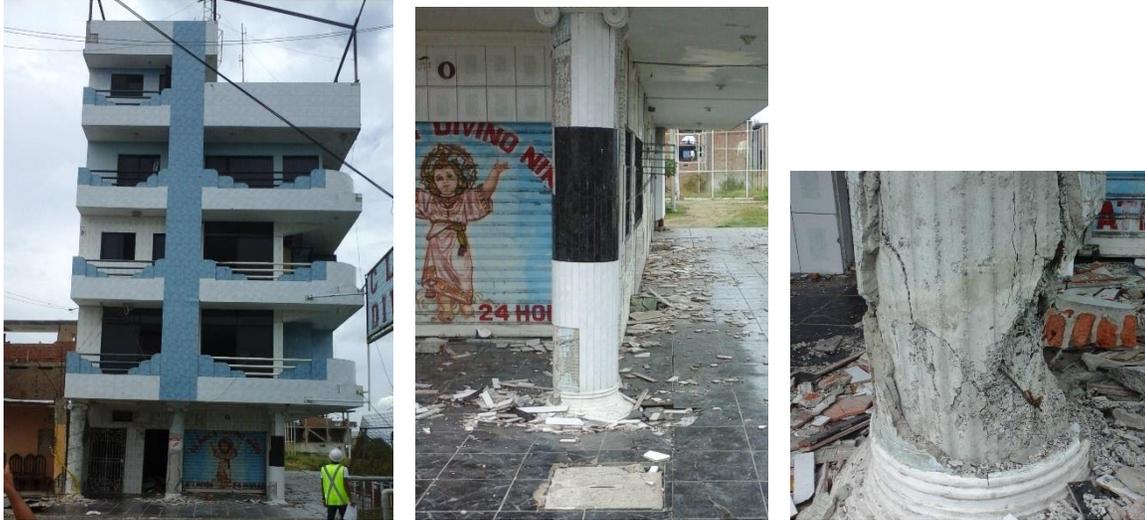


Figura 3.73 Clínica del Divino Niño, Manta (Fotos LFC)

Clínica Manta MED

El edificio cuenta con cuatro niveles cuya función es brindar servicios básicos de salud. La estructura de concreto está soportada por columnas de sección constante en toda su altura, y sistema de piso resuelto con losa plana (figura 3.74). El daño estructural se concentró en las columnas de nivel superior, formando articulaciones plásticas en la vecindad de la unión con la losa, además de que varios de los muros divisorios de todos los niveles presentaron agrietamientos con anchos mayores a 1 cm. Derivado de los grandes desplazamientos que presentó el inmueble el elevador mostró daños, quedando temporalmente fuera de servicio. La estructura necesita una evaluación y un programa de reforzamiento estructural.

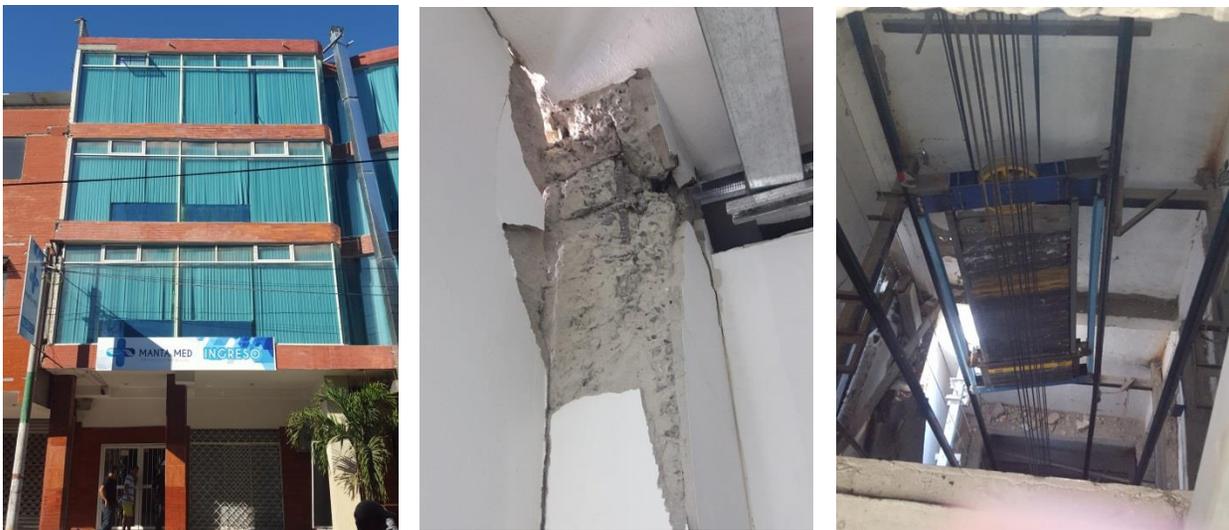


Figura 3.74 Clínica Manta MED, Manta (Fotos FBT)

3.2.7 Edificaciones escolares

Unidad Educativa María Auxiliadora

El colegio se ubica en la calle 124 y avenida 110, Barrio La Victoria, en Manta; consta de dos edificios principales para la enseñanza. El edificio mayor, de cinco niveles, estaba compuesto por estructura de marcos con columnas y trabes de concreto, y divisiones hechas con muros de mampostería de piezas macizas de arcilla, colocadas horizontales en planta baja, y de canto como muros divisorios en pisos superiores. Este inmueble presentó signos de mecanismo de piso suave en planta baja con aplastamiento en extremos de las columnas, además de un aparente desplome hacia el lado izquierdo, según la foto (figura 3.75). El mayor daño lo tuvieron las columnas de la fachada posterior donde fallaron por cortante debido al fenómeno de columna corta.

Se clasificó con daño severo; no obstante, aunque pudiera ser reparado, la opción principal fue demolerlo ya que hay deformación vertical permanente en la fachada posterior.



Figura 3.75 a) Edificio principal del Colegio María Auxiliadora b) Detalle de daño por columna corta (Fotos LFC)

Unidad Educativa Teresa de Calcuta

Se ubica en avenida 220 y calle 309, en Manta. Se colapsó su edificio principal de cuatro pisos, más un techo de lámina acanalada para cubrir la azotea. Estaba constituido por una estructura de losas planas y columnas de concreto. Por el daño observado el colapso se presentó por mecanismo de piso (figura 3.76).

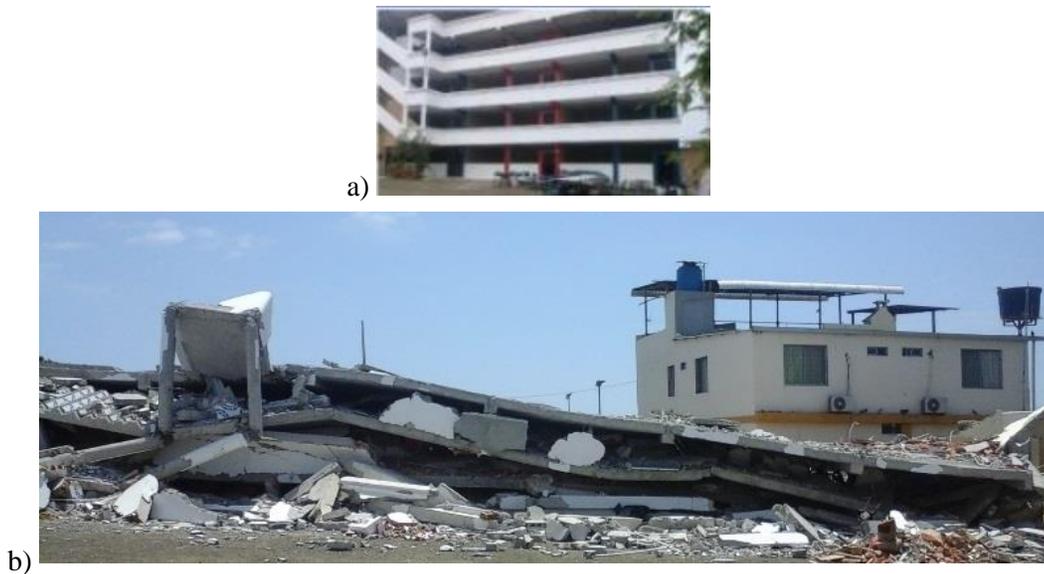


Figura 3.76 Colapso del edificio de aulas Colegio Teresa de Calcuta, en Manta: a) Edificio antes del colapso (A. Mesa, 2016), b) Colapso (Foto LFC)

3.2.8 Templos religiosos

Iglesia de Nuestra Señora del Rosario

Se ubica en avenida 105 esquina con calle 106. Se inspeccionó exteriormente, identificándose daño en muro de celosía que llenaba los huecos tipo ventana en un elemento tipo torre de forma triangular en elevación, al centro de la fachada principal (figura 3.77).



Figura 3.77 Iglesia de Nuestra Señora del Rosario, en Manta (Fotos LFC)

3.2.9 Naves industriales o de uso deportivo

Se revisaron dos estructuras para gimnasios de la Federación Deportiva de Manabí, donde se identificó la inclinación severa de los muros en los extremos (muro tapón) en la parte superior al centro de dichos muros, los cuales deberán reconstruirse (figura 3.78).



Figura 3.78 Nave para gimnasio, Federación Deportiva, en Manta (Foto FBT)

3.2.10 Caminos y puentes

Puente sobre río Manta

Es un puente vehicular de la avenida 4 de noviembre, de cuatro carriles, que permite el cruce del río Manta (figuras 3.79 y 3.80). Cuenta con aproximadamente 220 m de longitud más los terraplenes de acceso; cuatro apoyos intermedios: el primero, del lado sur, es un muro de concreto y los otros tres son columnas anchas con cabezal para recibir la sección cajón de la superestructura. El daño se observó en los toques laterales de los cabezales, así como en la base de la pila norte.



Figura 3.79 Geometría del puente y aplastamiento del concreto en la base de la pila norte; puente sobre el río Manta (Fotos LFC)



Figura 3.80 Falla de los topes laterales, puente sobre el río Manta (Fotos LFC)

Puente de la avenida 4 de noviembre y avenida de la Cultura

La continuación de la avenida 4 hacia el norte lleva al puente sobre el cruce con la avenida Cultura, a medio kilómetro del río Manta. El puente cuenta con seis carriles y mide aproximadamente 260 m y está soportado por ocho apoyos o pilas constituidas por marcos con tres columnas de concreto reforzado y el cabezal horizontal. El sistema de la superestructura cuenta con 18 vigas I presforzadas. Se observó daño en el terreno cercano a los apoyos, tanto en el pavimento asfáltico como en los jardines de camellones, con agrietamientos (figura 3.81).



Figura 3.81 Agrietamiento en el terreno y geometría del puente vehicular Av. 4 de noviembre, en Manta (Fotos LFC)

En la estructura del puente se identificaron grietas en el cabezal bajo las vigas de la superestructura como se muestra en la figura 3.82



Figura 3.82 Daño en los cabezales del puente sobre avenida de la Cultura (Foto LFC)

3.3 CIUDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO

La segunda ciudad más dañada que se revisó fue Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, a 20 km del océano Pacífico y a 35 km de Manta. En 2015 se reportó una población de 280 mil habitantes y se ubica en las coordenadas 1° 03' Sur, 80° 27' oeste (figura 3.83).

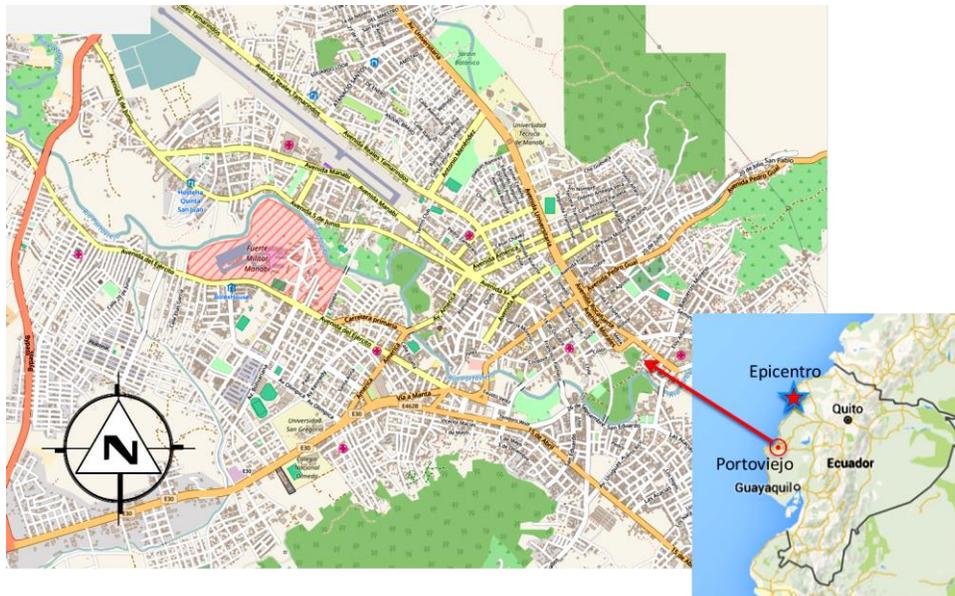


Figura 3.83 Ubicación de la ciudad de Portoviejo (OpenStreetMap®, 2016; Google Maps®, 2016)

3.3.1 Edificios de condominio y hoteles

El Hotel Máximo

El inmueble cuenta con cinco niveles y dos escaleras, una en la parte central y la otra en la parte posterior; estructurado a base de columnas y losas planas de concreto con muros divisorios de mampostería, dicho inmueble sirvió de base para personal del ejército de Ecuador (figura 3.84). Aunque se detectaron daños en muros divisorios, no se vio comprometida la estabilidad del edificio. También se encontró daño severo en la

escalera central, por lo que se recomendó no utilizarla y acordonarla, para su posterior reparación. El edificio pudo seguir siendo utilizado.

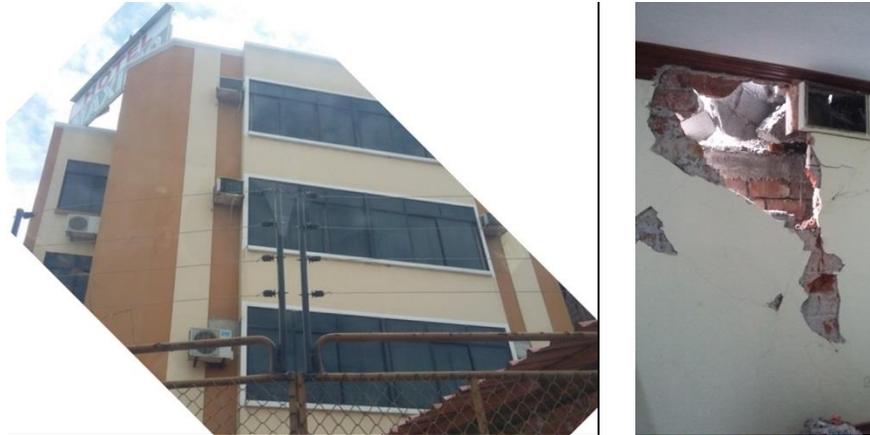


Figura 3.84 Hotel Máximo, daño en muros divisorios, en Portoviejo (Fotos SBB)

Hotel Ejecutivo

Estructura de cinco niveles y un mezanine, fue estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería y un marco de concreto en la zona frontal, el cual presenta daños moderados en una columna de primer nivel (figura 3.85). Se observó hundimiento en las columnas frontales, así como daños en los muros de mampostería del segundo nivel. A pesar de lo anterior, no está comprometida su estabilidad; no obstante, se recomendó realizar un estudio de geotecnia para solucionar el problema de hundimiento en las columnas, y restituir todos los muros que presentaron daño.



Figura 3.85 Hotel Ejecutivo, daño en cimentación, en Portoviejo (Fotos SBB)

3.3.2 Comercios y edificaciones de mediana altura

Banco comercial de Manabí

La estructura tiene seis niveles y un sótano, fue estructurada a base de columnas y losas planas, así como muros divisorios de mampostería. Cuenta con columnas a doble altura en la parte frontal del edificio, teniéndose tres niveles parcialmente colapsados, como se observa en la figura 3.86. Así mismo, se encontró

daño severo en la base de las columnas en el nivel tres, lo cual compromete la estabilidad del resto de la estructura. Se recomendó demoler el edificio debido a todo el daño observado.



Figura 3.86 Banco comercial de Manabí, colapso parcial, en Portoviejo (Fotos SBB)

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Edificio de tres niveles, estructurado a base de marcos de concreto, losas macizas y muros divisorios de mampostería; sólo se detectó daño en mampostería de un muro del primer nivel, por lo se recomendó su reparación (figura 3.87).



Figura 3.87 Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, daño en muro divisorio, en Portoviejo (Fotos SBB)

Servicio de Rentas Internas

Edificio de seis niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería, en el que se observó daño en la mayoría de los muros de mampostería, sin encontrar daño en columnas (figura 3.88). Se recomendó rigidizar el edificio y reparar los elementos dañados.



Figura 3.88 Servicio de Rentas Internas, daño severo en la gran mayoría de muros, Portoviejo (Fotos SBB)

Edificio de vivienda y comercio Inmoturi

Edificio de tres niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería con daño en muros de mampostería por golpeo de edificio vecino en el segundo nivel y daño en las escaleras de acceso (figura 3.89). Se recomendó el apuntalamiento de las escaleras, reparar y reforzar los elementos dañados.



Figura 3.89 Edificio comercial y de vivienda, daño severo en muros, en Portoviejo (Fotos SBB)

Edificio comercial

Edificio en proceso de construcción, de cinco niveles, estructurado a base marcos de concreto y losas macizas con muros divisorios de mampostería (figura 3.90). Se observó ligero hundimiento en todo el edificio, lo cual no compromete la estabilidad de la estructura; no obstante, se recomendó la realización de un estudio minucioso de mecánica de suelos.



Figura 3.90 Edificio comercial, daño por hundimiento, en Portoviejo (Fotos SBB)

Edificio Inmetro

Edificio comercial con un sótano, cuatro niveles y una terraza, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.91). Se observó daño en la mayoría de las mamposterías y en cuatro columnas, siendo solamente una la que presentó daño severo. A pesar de ello, no se pone en peligro la estabilidad de la estructura, aunque es necesaria la reparación inmediata de los elementos dañados y una revisión detallada.



Figura 3.91 Inmetro, daño en columnas, en Portoviejo (Foto SBB)

Edificio comercial y habitacional (I)

Edificio de tres niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.92). Se observó daño severo en dos columnas, así como en muros de mampostería, para el que se recomendó un estudio a detalle de las condiciones de la estructura para su posible reparación.



Figura 3.92 Casa habitación, daño severo en columnas, Portoviejo (Fotos SBB)

Edificio comercial y habitacional (II)

Casa habitación de dos niveles completos y uno sin losa, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.93). Se observó daño severo en más del 50 % de elementos estructurales del primer nivel, por lo que se recomendó su demolición.



Figura 3.23 Casa habitación, daño severo en columnas, Portoviejo (Fotos SBB)

3.3.3 Vivienda

Casa de tres niveles

La primera estructura revisada en Portoviejo, el 18 de abril, fue una casa de tres niveles con colapso del último nivel. La configuración contaba con muros curvos, sin embargo, el sistema estructural se encontró ser representativo de la tipología de vivienda en Ecuador, en donde se construye un arreglo ortogonal de columnas de tamaño reducido (20 cm de lado, hasta 30 cm) y losas planas, ya sea macizas o aligeradas con tabiques de concreto. Entre las columnas se contaba con muros de mampostería de piezas macizas de arcilla de fabricación artesanal, pero colocadas de canto (en su borde menor) de tal forma que el espesor de los muros queda entre 5 y 7 cm. Los muros de las fachadas no contaban con refuerzo en las esquinas ni alrededor de las ventanas (figura 3.94).

El colapso del tercer nivel se dio por mecanismo de piso débil fallando por flexión y conexión con las losas. Cabe señalar que existían columnas en la azotea previendo la construcción de un futuro cuarto nivel.



Figura 3.24 Vivienda con colapso del segundo nivel y detalle (Fotos LFC)

Edificio El Barón

Edificio de cinco niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.95). Se observó daño en la mampostería de los dos primeros niveles y daño severo en muro de colindancia, mismo que se encuentra fuera de su plano. Se considera que no se encuentra comprometida la estabilidad general del edificio, aunque se recomendó rigidizar y reparar todos los elementos dañados.



Figura 3.95 El Barón, daño severo en muros divisorios, en Portoviejo (Fotos SBB)

Casa habitación (III)

Casa de dos niveles, estructurada a base de marcos de concreto y sistema de piso de madera con muros divisorios de mampostería (figura 3.96). Se observó que las columnas frontales del primer nivel están severamente dañadas, así como daño en los muros de mampostería del segundo nivel, por el colapso del edificio vecino, por lo que se sugirió demoler el segundo nivel y la parte frontal.



Figura 3.96 Casa habitación, daño severo en columnas, Portoviejo (Foto SBB)

Edificio habitacional (IV)

El inmueble consta de cuatro niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.97). Se detectó daño en muros de mampostería y hundimiento general; la estabilidad de la estructura no se ve comprometida. Se sugirió realizar un estudio de mecánica de suelos para hacer una posible recimentación, la reparación de los muros dañados, así como la eliminación del volado en la parte frontal.



Figura 3.97 Casa habitación, daño en muros de mampostería, en Portoviejo (Fotos SBB)

3.3.4 Edificios de salud

Plaza médica

Estructura de losa plana aligerada y columnas de concreto, con muros de mampostería, de tres niveles y apéndice de escaleras y elevador, ubicada en avenida Manabí casi esquina con avenida Nueva (figura 3.98). Daño total de muros de mampostería como sistema secundario, y daño ligero en columnas con aplastamiento incipiente en extremos de columnas de planta baja. Se determinó que es factible su reparación y se encontró estable, por lo que se puede entrar con restricción.



Figura 3.98 Plaza médica, en Portoviejo (Fotos FBT)

3.3.5 Edificaciones escolares

Educativa Particular Espíritu Santo

El edificio cuenta con cuatro niveles, y fue estructurado a base de columnas de concreto y losas planas, así como muros divisorios de mampostería (figura 3.99). Se presentó daño en algunos muros, principalmente en la fachada frontal, que al ser elementos divisorios no comprometen la estabilidad de la estructura; sin embargo, se recomendó no utilizar el inmueble hasta haber reparado de manera adecuada todos los elementos

dañados, dada la importancia de éste, ya que se puede poner en riesgo la vida de los niños si llegara a colapsar un muro dañado durante una futura réplica.



Figura 3.99 Unidad Educativa Espíritu Santo, daño en muros divisorios, en Portoviejo (Fotos SBB)

Escuela de Educación Básica Horacio Velásquez

El edificio está conformado por dos estructuras, la principal consta de cuatro niveles y está estructurada a base de marcos de concreto y losas macizas (figura 3.100). Se observó que presenta articulaciones en los extremos de la mayoría de las columnas del primer nivel. Debido a todo el daño observado se recomendó demolerla. La segunda estructura no presenta daño, sin embargo se recomendó desligar las columnas de los muros en la parte frontal, para evitar la formación del mecanismo de columna corta.



Figura 3.100 Daño severo en columnas, Escuela Horacio Velásquez, en Portoviejo (Fotos SBB)

Colegio Tecnológico Uruguay

Está conformado por varios cuerpos, de los que solamente uno presenta daño severo en el primer nivel. Este edificio consta de dos niveles y sótano, está estructurado a base de marcos de concreto y losa reticular, y se encuentra ubicado frente a la entrada principal (figura 3.101). Se observaron daños graves en la base de las columnas, por lo tanto se recomendó demolerlo. Como observación general se recomendó desligar las todas las columnas de los muros no estructurales para evitar la formación del mecanismo de columna corta en los demás cuerpos.



Figura 3.101 Daño severo en columnas, Colegio Tec. Uruguay, en Portoviejo (Fotos SBB)

Colegio Dr. Bruno Sánchez

Conformado por tres edificios, de los cuales el posterior consta de tres niveles, y está estructurado a base de marcos de concreto y losa maciza (figura 3.102). Se observó daño en los muros divisorios de mampostería, lo cual no afecta la estabilidad de la estructura. Se recomendó reparar, desligando los muros de las columnas para evitar el mecanismo de columna corta, y sustituir los muros dañados por elementos adecuados.



Figura 3.25 Daños en el Colegio Dr. Bruno Sánchez, en Portoviejo (Fotos SBB)

Unidad Educativa Particular Informática Portoviejo

Edificio de cinco niveles, estructurado a base de marcos de concreto y losa maciza. El daño se presentó principalmente en mamposterías y, de forma severa, en algunas columnas del cuarto nivel, por lo que se recomendó la sustitución y desligue de los muros de mampostería para evitar la formación de columna corta, así como la eliminación del cuarto y quinto niveles para disminuir los esfuerzos sobre las columnas de los niveles restantes (figura 3.103).



Figura 3.103 Unidad Educativa, daño en columnas, en Portoviejo (Fotos SBB)

3.3.6 Templos religiosos

Catedral Metropolitana de Portoviejo

La Catedral Jesús del Buen Pastor, ubicada en avenida Universitaria y Olmedo, edificación construida entre 1956 y 1980 según el avance de la obra, pero con una arquitectura tipo neoclásica. En 1990 fue terminada como actualmente se encuentra. Se informó que el arquitecto fue Abel Solórzano y ocupa un área de 3554 m² con 2458 m² de construcción (Portoviejo, 2016). El responsable es Monseñor Lorenzo Voltorini, Arzobispo de Ecuador, quien acompañó al recorrido de revisión.

La catedral se compone de formas bóveda de cañón corrido de arco de medio punto, con las naves laterales que originalmente estaban cubiertas con losas planas, mismas que se mantienen en la actualidad, señalando que se construyeron, bajo éstas, sendas bóvedas de cañón corrido con lunetos (figura 3.104).



Figura 3.104 Catedral de Portoviejo, Ecuador (Ciudades, 2016)

Se observaron daños en los cuerpos de las torres de campanarios. El daño se dio en los elementos verticales a modo de columnas de concreto reforzado, entre las ventanas, y se concentraron en el nivel en que las torres se conectan con la bóveda de cañón principal. Debido al daño en elementos estructurales se clasificó como severo y se recomendó no abrir al público el inmueble.

3.4 POBLADO DE MONTECRISTI

Cabecera del cantón Montecristi, localizado en las coordenadas 1° 03' sur y 80° 40' oeste.

3.4.1 Hoteles

Hotel Real Montecristi

Edificio de cuatro niveles, estructurado a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería se detectó daño severo y derrumbe en muros del tercer nivel; a pesar de ello, no se pone en riesgo la estabilidad del edificio, por lo que se recomendó restituir los elementos dañados y reforzarlo cumpliendo los códigos actuales de construcción (figura 3.105).



Figura 3.105 Daño en muros, Hotel Real Montecristi (Fotos SBB)

3.4.2 Templos religiosos

Iglesia de Montecristi

Edificio histórico en el que se observó daño principalmente en el campanario y en algunos muros del recinto, siendo el más drástico el muro que se ubica en la entrada principal (figura 3.106). En el interior se encuentra una estructura hecha con columnas de mármol y una cúpula; se recomendó acordonar esta zona debido a un colapso parcial de uno de los dinteles, y se recomendó demoler los elementos dañados en el campanario, sustituir de manera adecuada el muro colapsado, así como desmontar y reestructurar el inmueble para evitar un colapso.



Figura 3.106 Daños en la Iglesia Montecristi (Foto SBB)

Casa parroquial

Estructura de cuatro niveles, a base de columnas y losas planas con muros divisorios de mampostería (figura 3.107). En esta edificación se observó daño en las mamposterías y en el acero de refuerzo de la losa de azotea por problemas de filtración de agua; por último, se observó daño en dos columnas de una estructura alterna al templo, por lo que se recomendó reparar todos los muros donde se detectó el daño, demoler la losa de azotea y restituirla por una que se diseñe de manera adecuada.



Figura 3.26 Daño en columnas de la casa parroquial, Montecristi (Foto SBB)

3.5 POBLADO DE PEDERNALES

Ciudad costera que se ubica en las coordenadas 0° 04' Norte y 80°03' Oeste y es la cabecera del Cantón Pedernales en la Provincia de Manabí. Para la visita, el transporte se realizó por vuelo en helicóptero y para inspeccionar exclusivamente una escuela primaria que se describe a continuación.

3.5.1 Edificios escolares: Escuela del Milenio

Esta escuela consta de cinco cuerpos de los cuales tres se describen a continuación.

Cuerpo A

Compuesto por dos edificios de dos niveles, ambos presentan daño significativo en un gran número de sus elementos portantes. En el edificio del lado izquierdo se tuvo caída de muros en el interior y el exterior, se observó la formación de articulaciones plásticas en los extremos de las columnas, e incluso pandeo del acero de refuerzo de las columnas, así como la extracción del concreto en el núcleo de la columna. Por otra parte, se observó golpeo entre edificios debido a la poca o nula separación entre ellos. Se recomendó acordonar su perímetro y demolición a la brevedad.



Figura 3.27 Escuela del Milenio, daño severo en columnas, en Pedernales (Fotos SBB)

Cuerpos B y C,

Edificios de dos niveles, unidos en el medio por una rampa de acceso, los cuales presentaron daños severos en todas las columnas de los ejes de borde, debido a la formación de un mecanismo de falla conocido como *formación de columna corta*. Se tuvo caída de muros en el interior, y se observó la formación de articulaciones plásticas en los extremos de las columnas internas de los edificios e incluso pandeo del acero de refuerzo de las columnas, así como la extracción del concreto en el núcleo de las columnas, derivado de todo el daño en elementos portantes (columnas). Se recomendó acordonar su perímetro y la demolición a la brevedad. Cabe mencionar que sólo estos edificios sufrieron daño.



Figura 3.28 Escuela del Milenio, daño severo en columnas, en Pedernales (Foto SBB)

3.6 RESUMEN Y CONCLUSIONES DE LAS INSPECCIONES

En las siguientes tablas se enlistan las edificaciones inspeccionadas, la mayoría de las cuales se han descrito en este capítulo. Se incluye la clasificación de daño estructural, como fue integrada durante la visita, y reportada a las autoridades de Ecuador por la delegación mexicana.

Tabla 3.1 Listado de las edificaciones revisadas y calificación del daño estructural, Ciudad de Manta

Edificio	Niveles	Daño	Recomendación
Hotel Oro Verde	5	Ligero	Se puede usar
Torre Oro Mar	16	Medio	Reparación y refuerzo
Oro Verde Suites	3	Ligero	Se puede usar
Edificio Alcántara	8	Medio	Reparación y refuerzo
Edificio San Marino	12	Medio	Reparación y refuerzo
Edificio Portomare	12	Medio	Reparación y refuerzo
Edificio RO	10	Medio	Reparación y refuerzo
Edificio Xóchitl	10	Medio	Reparación y refuerzo
Edificio Oceanía	15	Medio	Reparación y refuerzo
Hotel María Isabel	3	Ninguno	Uso normal
Edificio Manta Business Center	13	Medio	Reparación y refuerzo
Banco del Austro	11	Medio	Reparación y refuerzo
Registro de la Propiedad	6	Medio	Reparación y refuerzo
Banco Del Bank	7	Medio	Reparación y refuerzo
Casa en avenida 21 esquina con calle 8	2	Severo	Demolición
Colapso avenida 21, cerca de calle 8	5	Colapso	Retiro de escombros
Casa mampostería con madera en avenida 21	2	Severo	Demolición
Edificio Chávez, 4 de noviembre y J-1	4	Severo	Reparación y refuerzo
Hotel Lun Fun, calle 2 y avenida 11	5	Colapso	Retiro de escombros
Pinturas Zambrano en 24 mayo y calle 3	5	Severo	Reparación y refuerzo
El Paseo Shopping Manta, av. 4 de nov.	2	Ligero	Usar zona de comercios. Ya se apuntaló muro posterior
Casa en calle 3	3	Severo	Demoler losa superior
Edificios multifamiliares calle 3, El Palmar	5	Severo	Reparar y reforzar
Edificio Colegio María Auxiliadora	5	Severo	Posible demolición
Edificio Colegio María Auxiliadora	3	Ligero	Uso normal
Colegio Teresa de Calcuta	4	Colapso	Remoción de escombros
Edificio Nerea	8	Severo	Reparar y reforzar
Hotel Poseidón	17	Medio	Reparar
Edificio Mykonos Torres A, B y C	11	Medio	Reparar y reforzar
Edificio Santorini	9	Ligero	Uso normal
Edificio Torre Marina	10	Ligero	Reparación
Edificio el Dorado II	10	severo	Estudiar posible reparación
Edificio Fortaleza	8	Ligero	Reparación
Autoridad Portuaria de Manta	5	Ligero	Reparación
Loma de los Vientos (6 edificios)	5	Severo	Demoler
Condominio Umiña, Flavio Reyes	2	Ligero	Uso normal
Edificio en avenida 13 y calle 11	4	Severo	Demoler losa en azotea Reparar columnas y reforzar
Clínica del Divino Niño	5	Severo	Demolición
Medical Plaza, Av. Manabí	3	Medio	Reparar y reforzar
Torre del Sol	8	Medio	Reparar y reforzar
Hotel Pacífico Internacional (2 cuerpos)	8	Severo	Un cuerpo colapsado, revisar la estructura restante
Hostal Las Velas	3	Severo	Demolición
Hotel Mayita	6	Medio	Reparar y reforzar
Oficinas fábrica de frituras	3	Severo	Demolición
Edificio el Barón	5	Ligero	Revisión estructural por inclinación de 2°
Papelería imprenta	3	Medio	Realizar estudio formal por empresa de ingeniería
Dormitorios Federación Deportiva de Manabí	4	Severo	Demolición
Edificio de escalada Federación deportiva de Manabí	5	Medio	Reparación
Oficinas y comedor Federación Deportiva	4	Ligero	Reparación

Manabí			
Gimnasio Federación Deportiva Manabí	1	Medio	Reparación
Oficinas del Registro de la Propiedad	6	Ligero	Reparación
Cooperativa santa Ana LTDA	4	Medio	Reparación
Tortillería Mi Rosita	2	Medio	Reparación
Panificadora Buen Pan	5	Severo	Reparar y reforzar
Edificio Disensa	2	Medio	Reparación
Notaría Sexta	6	Severo	Demolición
Edificio "Doctor de la Chapa"	4	Medio	Reparación
Centro Naturista Bio Natura	3	Severo	Demolición
Edificio Kelvin deportivo	3	Medio	Estudio detallado
Edificio Ecuacerámica	4	Medio	Reparación
Edificio "Muebles Karolyn"	5	Severo	Reparación
Multifamiliares el Palmar (11 edificios)		Severo	Reparación, recimentación y demolición
Urbanización Las Américas (6 viviendas)	2	Severo	Reparación
Complejo Habitacional Los Tamarindos (¿?)	5	Medio	Reparación
Centro Médico del Pacífico	9	Severo	Demolición
Clínica Manta Med	4	Severo	Repara y reforzar
Iglesia de Nuestra Señora del Rosario	1	Medio	Daño en celosía de fachada
Inmueble habitacional y comercial (I)	2		Estudiar posible reparación
Inmueble habitacional y comercial (II)	5	Ligero	Entrar con precaución, estudio detallado
Inmueble habitacional y comercial (III)	5	Medio	En riesgo su seguridad estructural (agrietamiento en fachada, inclinación)

Tabla 3.2 Listado de las edificaciones revisadas y calificación del daño estructural, Ciudad de Portoviejo

Edificio	Niveles	Daño	Recomendación
Hotel Máximo	5	Medio	Reparación
Hotel Ejecutivo	5	Medio	Falla de cimentación, reparación
Banco Comercial de Manabí	6	Severo	Demolición
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	3	ligero	Reparación
Servicio de Rentas Internas	6	Medio	Reparación
Edificio Inmoturi	3	Severo	Reparación
Edificio en construcción uso comercial	5	Medio	Reparación, estudio detallado
Edificio Inmetro	4	Medio	Reparación, estudio detallado
Edificio el Barón	5	Severo	Reparación
Edificio comercial I	3	Severo	Estudio detallado
Edificio comercial II	2	Severo	Demolición
Casa habitación III	2	Severo	reparación
Edificio habitacional IV	4	Medio	Reparación, estudio detallado
Plaza Médica	3	Severo	Reparación
Unidad Educativa Espíritu Santo	4	Medio	Reparación
Escuela Horacio Velázquez (2 cuerpos)	4	Severo	Demolición de un cuerpo, reparación del restante
Colegio Tecnológico Uruguay	2	Severo	Demolición
Colegio Dr. Bruno Sánchez	3	Medio	Reparación
Unidad Educativa Informática	5	Medio	Reparación
Catedral Metropolitana de Portoviejo	1	Medio	Sin daño

Tabla 3.3 Listado de las edificaciones revisadas y calificación del daño estructural, Ciudad de Montecristi

Edificio	Niveles	Daño	Recomendación
Hotel Real Montecristi	4	Severo	Reparación y reforzamiento
Iglesia de Montecristi	1	Severo	Reparación y reestructuración
Casa parroquial	4		Reparación

Tabla 3.4 Listado de las edificaciones revisadas y la calificación del daño estructural, Ciudad de Pedernales

Edificio	Niveles	Daño	Recomendación
Escuela del milenio			
Cuerpo A	2	Severo	Demolición
Cuerpo B	2	Severo	Demolición
Cuerpo C	2	Severo	Demolición
Cuerpo D			No visitado
Cuerpo E			No visitado

CAPÍTULO 4

LEVANTAMIENTO DE DATOS CON EL VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

4.1 OBJETIVO

El uso de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) dentro de las diferentes etapas de la Gestión Integral de Riesgos (GIR) es cada vez más común para la identificación de las amenazas, estimación de peligros, mitigación y prevención, atención de las emergencias, reconstrucción y la evaluación e incorporación de la experiencia.

El objetivo del presente capítulo es documentar las actividades realizadas con un VANT en la identificación de estructuras colapsadas durante la atención de la emergencia en las ciudades de Manta y Portoviejo, Ecuador, posterior al sismo ocurrido el día 16 de abril del presente año.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL VANT

El VANT utilizado fue un Phantom 3 Professional con las características que se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Phantom 3 Professional y sus características

	<p>Peso: 1280 gr Largo en diagonal: 590 mm Velocidad de ascenso máxima: 5 m/s Velocidad de descenso máxima: 3 m/s Precisión de Autohover en la vertical: +/- 0.1 m Precisión de Autohover en la horizontal: +/- 1.5 m Velocidad máxima: 16 m/s Sensor de cámara Sony EXMOR de 12.76 Mpíxeles</p>
--	--

4.3 MISIONES

4.3.1 Sobrevuelos del 18 y 19 de abril

Los días 18 y 19 de abril la delegación mexicana de rescate se sumó a los trabajos que se venían realizando. Después de que los representantes de la delegación mexicana, encabezada por el Lic. Ricardo de la Cruz Musalem, se reunieran con altos funcionarios del gobierno de Ecuador, a la delegación de rescate mexicana se le encomendó la tarea de brindar apoyo para la búsqueda y rescate de personas en aquellas estructuras colapsadas que se encontrarán sobre la avenida 105 (figura 4.1).



Figura 4.1 Zona asignada para las acciones de búsqueda y rescate de la delegación mexicana

De este modo se inspeccionó primeramente la zona a pie y posteriormente con la ayuda del VANT (figuras 4.2, 4.3 y 4.4), por lo que los sobrevuelos tuvieron el objetivo de identificar el nivel de daño de las estructuras colapsadas sobre la avenida 105, así como documentar las actividades realizadas por el grupo de búsqueda y rescate mexicano.



Figura 4.2 Colegio colapsado sin ninguna víctima



Figura 4.3 Estructuras colapsadas donde participó el grupo de búsqueda y rescate

El periodo operacional de las tareas de búsqueda y rescate duraron del día 18 de abril, desde las 22 horas, al día 19 de abril, hasta las 19:20 horas. Al final de dicho periodo operacional se lograron recuperar seis cuerpos sin vida.



Figura 4.4 Grupo de búsqueda y rescate de la delegación mexicana

4.3.2 Sobrevuelos del 20 de abril

Se sectorizaron los polígonos de búsqueda y rescate en tres zonas de la ciudad de Manta (Figura 4.5), conformándose tres grupos para su inspección y concentrar y clasificar la información sobre las estructuras colapsadas y su marcaje en campo.

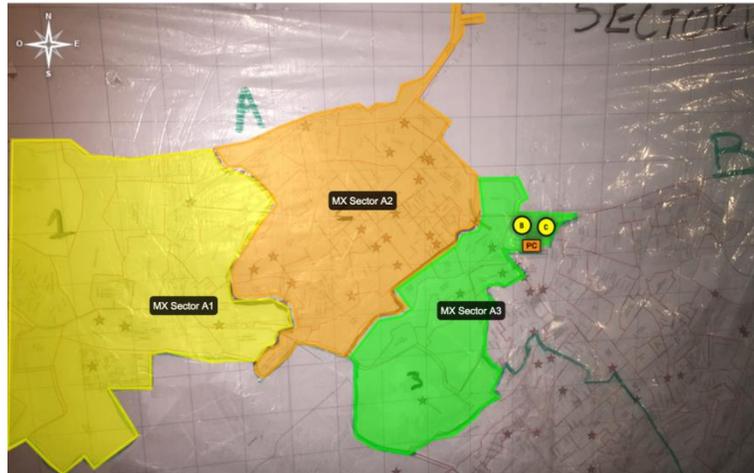


Figura 4.5 Sectores en la ciudad de Manta

Para inspeccionar cada sector se conformaron tres grupos de 14 elementos cada uno, integrándose a la brigada del sector A1 y A2 el apoyo del VANT junto con un piloto.

En el sector A2 se sobrevoló parcialmente la zona a una altura aproximada de 200 m con radios de sobrevuelo de aproximadamente 1 km. Con dichos sobrevuelos se identificaron, mediante fotografías aéreas y video, estructuras colapsadas como se observa en las figuras 4.6 a 4.8.



Figura 4.6 Estructuras colapsadas en el sector A2



Figura 4.7 Estructuras colapsadas en el sector A2



Figura 4.8 Estructuras colapsadas en el sector A2

En total se identificaron, mediante recorridos en campo y uso de VANTS, dos inmuebles con daño mínimo, 10 con daños moderados, 29 con daños parciales y 29 inmuebles con daños severos.

4.3.3 Sobrevuelos del 21 de abril

Las tareas de búsqueda y rescate se concluyen con un nuevo barrido de la zona cero de la ciudad de Manta para descartar toda posibilidad de víctimas atrapadas entre los escombros; en esta tarea, a la delegación mexicana se le asignaron cuatro edificaciones colapsadas de las 10 que se tienen registradas (Figura 4.9 y 4.10). En dicha tarea se ocupó el VANT para ayudar al barrido de las estructuras, así como para documentar las acciones emprendidas por la delegación mexicana.



Figura 4.9 Inspección de un mercado colapsado

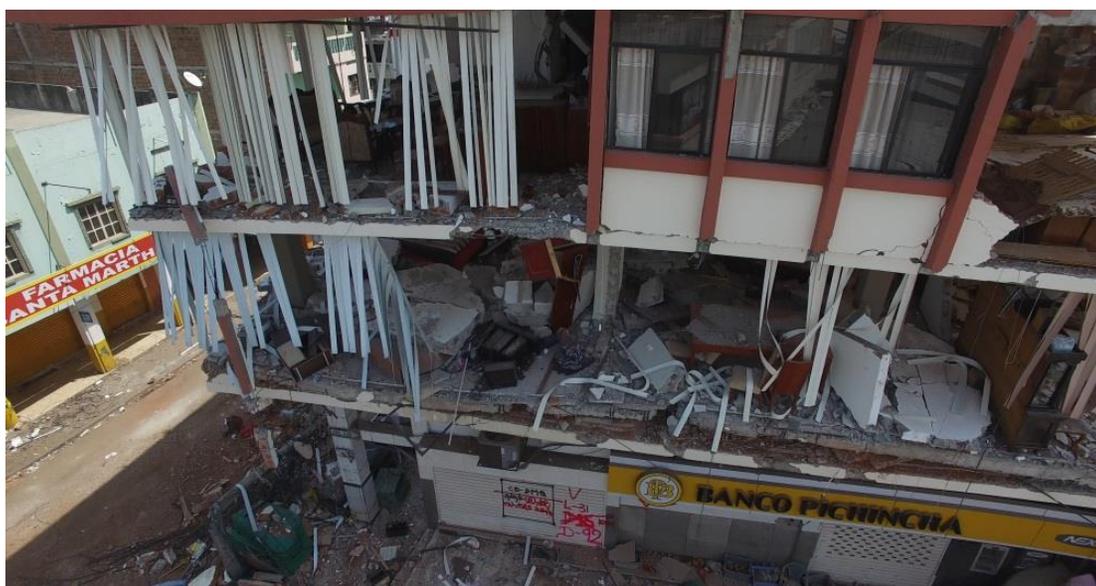


Figura 4.10 Revisión de edificación colapsada en entrepiso

4.3.4 Sobrevuelos del 22 al 30 de abril

El día 22 de abril la delegación mexicana de búsqueda y rescate regresó a México, quedándose 13 personas para apoyar al gobierno de Ecuador en las tareas de evaluación de estructuras dañadas. Durante dicha tarea se evaluaron aproximadamente 250 estructuras entre viviendas, hoteles, escuelas, templos, bancos, comercios y edificios de gobierno. En ellas se usó el VANT con el objetivo de documentar la misión en la ciudad de Portoviejo, así como para apoyar a la evaluación de estructuras de varios niveles donde era imposible percatarse de los daños a simple vista (Figura 4.11).



Figura 4.11 Estructura dañada y uso de VANT para su evaluación

4.4 CONCLUSIONES

El uso de los vehículos aéreos no tripulados es de gran utilidad en la identificación de los daños posteriores a un desastre y, principalmente, permiten las siguientes acciones:

1. Evaluación rápida sin arriesgar al personal de rescate.
2. Supervisión de la zona de desastre así como de la infraestructura dañada, lo que permite la rápida decisión sobre las acciones de rescate.
3. Tomando en cuenta que la probabilidad de encontrar sobrevivientes en una estructura colapsada después del quinto día es casi nula, permiten identificar las estructuras colapsadas donde más personas podrían estar atrapadas.
4. Evaluar los daños en las estructuras en las zonas donde el personal técnico no puede acceder.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los recorridos hechos por el personal del Centro Nacional de Prevención de Desastres a los diferentes tipos de viviendas y edificaciones, se identificó que el sistema estructural recurrentemente utilizado consta de sistemas de losa plana (compuestas por columnas y losas aligeradas, sin trabes) de concreto (hormigón) reforzado. La función de muros de fachada y divisorios la resuelven con muros de mampostería (o albañilería), ya sea simple (sin refuerzo) o confinada deficientemente. En zona de alta sismicidad como lo es el Ecuador, este sistema no es muy eficiente dado que la estructura de concreto es muy flexible y el daño se da en los muros, a pesar de que la estructura no sufra daños. Sin embargo, los colapsos observados se debieron a la falta de capacidad resistente y de deformación inelástica con ejemplos claros de colapso de planta baja débil o piso intermedio débil con la falla de columnas, y la incapacidad del sistema de losa plana para desarrollar altas ductilidades.

En el caso de vivienda sin estructura de concreto el sistema portante lo dan esencialmente los muros de mampostería, confinados por columnas de tamaño reducido (en México llamados “castillos”) y en algunos casos por confinamiento de madera. Dichas estructuras cuentan, en general, con piezas de arcilla recocida de aproximadamente 5×14×28 cm colocadas de canto, es decir, haciendo muros de 5 cm de espesor. Se observaron fallas por flexión fuera del plano de dichos muros, así como falla por tensión diagonal.

Con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de dichos sistemas expuestos al peligro sísmico y aumentar su sismorresistencia, se emiten las siguientes recomendaciones:

1. Conformación de un comité para la evaluación sismorresistente de las diferentes tipologías constructivas existentes en las diferentes regiones y establecer si el diseño de las mismas se apega a la normatividad vigente en las Normas Ecuatorianas de la Construcción.
2. Trabajar la aplicabilidad de la Norma Ecuatoriana de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras (NEC-SE-RE) y ponerla en práctica para las labores de revisión y reparación de las estructuras dañadas o de las que se deban reforzar, aunque no hayan sido dañadas.
3. Elaborar escenarios de peligro sísmico que permitan actualizar las especificaciones de diseño sísmico de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-SE-DS), proporcionando los parámetros para diseño sísmico como espectros de diseño, así como desplazamientos, velocidades y aceleraciones máximas.
4. Con la experiencia vivida, tanto en este sismo como en los anteriores, generar capacidades en la población en cuanto a la autoconstrucción de viviendas sismorresistentes, de acuerdo con la NEC-SE-VIVIENDA sobre “Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 m”.

APÉNDICE

LOGÍSTICA DE LA MISIÓN A ECUADOR

Como parte de la documentación de la misión a la zona de desastre por el sismo en Ecuador se incluye este apéndice en donde se señalan y discuten aspectos de la organización del viaje, el desarrollo del trabajo y la coordinación con las autoridades locales, con el objeto de que sirva para considerar los trabajos en futuras misiones por desastres en el extranjero o en nuestro propio país.

CALENDARIO Y ACTIVIDADES DE LA MISIÓN

Sábado 16 y domingo 17 de abril de 2016

El sábado 16 de abril a las 18:58 h local (misma hora que en la Ciudad de México) ocurre el sismo de magnitud 7.8. Esa tarde se conoce del evento dado el seguimiento del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El domingo 17 se planea la ayuda a ofrecer por parte de México y se coordinan las distintas corporaciones. El personal del estado de Jalisco emprende el viaje a la Ciudad de México. Al personal del CENAPRED se le cita en el hangar de la PFP a las 3 h del día lunes (se reúne en el CENAPRED a las 11 pm para ser trasladados a dicho punto).

Lunes 18 de abril

- Integración de la Delegación Mexicana desde el hangar de la Policía Federal Preventiva en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. El liderazgo de la Delegación lo llevó el Titular de la Dirección General de Protección Civil (DGPC) de la Secretaría de Gobernación, Lic. Ricardo de la Cruz Musalem.
- De parte del CENAPRED viajaron los ingenieros Víctor Vargas, Leonardo Flores (maestros en estructuras) y Miguel Angel Cruz (operador del dron). Dos elementos no fueron incluidos por falta de cupo en el vuelo.
- Salida en vuelo militar a las 6:30 h, escala en Huatulco, Oax. para recarga de combustible.
- Llegada de la Delegación Mexicana al Aeropuerto de la Ciudad de Manta (13 h); traslado a Portoviejo e instalación del campamento y centro de operaciones en la escuela primaria República de México.
- Reunión del coordinador con las autoridades locales en el Centro de Operación de Emergencia (COE) en Portoviejo. Se traslada un primer equipo a la ciudad de Manta y presentándose en la central de bomberos cerca de las 24 h.

Martes 19 de abril

- Seleccionado el sitio de trabajo, se realiza una reunión de líderes de cada equipo de los cuerpos de rescate de la SEMAR, SEDENA, Cruz Roja de la CDMX, Bomberos de Jalisco, Cruz Roja de Zapopan y PFP a las 2 h y comienzan la búsqueda con binomios caninos de víctimas en varias edificaciones colapsadas a partir de las 3 h. El personal de CENAPRED realizó una inspección de dichas estructuras con recomendaciones para el ingreso de los cuerpos de búsqueda.
- La zona de trabajo con edificios colapsados se ubicó en la avenida 105, entre calle 107 y calle 108, en la Parroquia Tarqui. En el colapso de los hoteles Hostal Arrecife y El Ancla se detectan víctimas (sin vida) con los binomios caninos y comienza la penetración vertical rompiendo losas de concreto de las 4 a las 7 h. Llega una retro excavadora a las 7:30 h y comienza a retirar escombros. Se coordina con los rescatistas para que estos indiquen el avance y el cuidado necesarios. A las 8:40 h se recupera el primer cuerpo de un hombre adulto.

- Se realiza el relevo del equipo de búsqueda a las 10 h.
- Se planteó mover el campamento a instalaciones de la alberca olímpica y se realizó el traslado, llegando a las 20 h, aunque después de evaluar el lugar, que ya tenía otros cuerpos de rescate acampados, se decidió trasladarse a Manta, a la Escuela Fiscal Ramón Virgilio Azúa, con entrada por el parque Don Bosco, a espaldas de los edificios colapsados, y que en la mañana fue revisada estructuralmente por el equipo del CENAPRED.

Como primera responsabilidad del equipo de inspección de estructuras del CENAPRED, se solicitó asesorar a los equipos de búsqueda sobre el posible ingreso a edificaciones colapsadas. Cabe señalar que no se ha tenido un protocolo ni se han tomado cursos para esta situación; sin embargo, se plantearon los siguientes conceptos para aplicarlo en cada caso:

- 1) Identificar el sistema estructural (a base de muros, marcos, losa plana, etc.),
- 2) Entender el mecanismo de colapso
- 3) Identificar la forma en que se mantenían estables las partes del edificio aún accesibles o los escombros, y
- 4) Anticipar posibles “mecanismos” ante alguna perturbación.

En la figura 1 se muestra un primer caso: en la madrugada del 19 de abril, cuando se ingresó a los restos del hotel Arrecife. Obsérvese la parte del cuarto de azotea inclinado sobre los restos del edificio. El apoyo se consideró sólo por fricción y el riesgo de que se movilizara en una eventual réplica era considerable.

En la segunda foto se muestra el edificio de cinco niveles y azotea cubierta, con el banco Pichincha en planta baja, ubicado en avenida 109 y calle 102. Este edificio colapsó en el tercer nivel. Se estuvo en el lugar con la intención del posible ingreso. En este caso los pisos superiores al colapso quedaron asentados en los inferiores, sin inclinación notable, con una condición estable ante carga vertical. Se estimó posible el ingreso pero sólo en caso de que se pudieran rescatar víctimas; para recuperar contenidos era muy riesgoso.



Figura 1 Casos de toma de decisión de ingreso en edificios colapsados (Fotos LFC)

Miércoles 20 de abril

- Mediante la formación de grupos, conformados por personal de las diferentes instituciones, se repartió la zona designada como Zona A en tres subzonas A1, A2 y A3 en la ciudad de Manta. Se dedicó el día al recorrido para identificar daño en dichas zonas (figura 2).



Figura 2 a) División de Manta en tres zonas; b) subdivisión de la zona A en tres subzonas

Jueves 21 de abril

- Revisión de estructuras dañadas, a petición del gobierno de Ecuador.
- Visita del Embajador de México en Ecuador a la zona que fue asignada a la Delegación Mexicana en Manta.

Del viernes 22 al jueves 28 de abril

- Con la coordinación de Edson Vargas Vázquez, Director de Administración de Emergencias de Protección Civil de la DGPC, así como personal de la Coordinación Nacional de Protección Civil, integrantes del CENAPRED, Bomberos de Jalisco, Cruz Roja de Zapopan y personal del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador) se realizaron tareas de evaluación del nivel de daño y determinación de posible utilización de estructuras importantes en Manta, Portoviejo, Montecristi y Pedernales.
- El 23 de abril se incorporaron a la Delegación Mexicana, por parte del CENAPRED, el M.I. Salvador Barrios Benítez y el M.I. Felipe Bennetts Toledo, para colaborar con las mismas actividades.

Durante los días de la inspección se colaboró directamente con el Ministerio Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (MIDUVI), que fue designado por decreto presidencial como la instancia de gobierno responsable de las evaluaciones de los daños a edificaciones. Se acompañó al ingeniero Eder Cevallos Álava, Director Provincial del MIDUVI en Manabí. Los cinco ingenieros civiles del CENAPRED (cuatro con maestría en estructuras) se repartieron en grupos para asesorar a los ingenieros y arquitectos del MIDUVI, que incluían voluntarios de estudiantes de ingeniería y arquitectura.

El MIDUVI contaba con formatos de captura de información y dictamen de la habitabilidad de las construcciones inspeccionadas. Dicha dependencia mandó fabricar carteles o pancartas en material autoadherible con el resultado de la inspección clasificando el inmueble con un semáforo de tres colores siendo verde equivalente a seguro (“inspeccionado”), amarillo, de “uso restringido” y rojo, “inseguro” (ver figura 3). Una etiqueta adicional roja indicaba “demolición”.

INSPECCIONADO OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA	USO RESTRINGIDO	INSEGURO PROHIBIDO EL INGRESO Y OCUPACIÓN (ESTA PANCARTA NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)
<p>La estructura ha sido inspeccionada (como se indica abajo) y no existe aparentes daños estructurales o amenazas.</p> <p><input type="checkbox"/> Inspección Exterior <input type="checkbox"/> Inspección Exterior e Interior</p> <p>Reportar cualquier condición de inseguridad a la jurisdicción local; puede ser requerida una re inspección</p> <p>Comentarios del inspector:</p> <p>Nombre de la instalación y Dirección:</p> <p style="text-align: center;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>	<p>Precaución: Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:</p> <p>Los siguientes ingresos y/o área de ocupación se encuentran legalmente restringidos:</p> <p>Nombre de la instalación y Dirección:</p> <p style="text-align: center;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>	<p>La estructura se encuentra inspeccionada y se determinaron serios daños y amenazas estructurales. Es insegura a su ocupación como se indica:</p> <p>No ingresar a la edificación a menos que exista una autorización escrita por parte de la jurisdicción local. El ingreso a la misma puede provocar lesiones y hasta muerte.</p> <p>Nombre de la instalación y Dirección:</p> <p style="text-align: center;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>
<p>Fecha: Hora:</p> <p>Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</p> <p style="text-align: right;">Jurisdicción</p> <p style="text-align: center;">CI Inspector / Agencia:</p>	<p>Fecha: Hora:</p> <p>Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</p> <p style="text-align: right;">Jurisdicción</p> <p style="text-align: center;">CI Inspector / Agencia:</p>	<p>Fecha: Hora:</p> <p>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</p> <p style="text-align: right;">Jurisdicción</p> <p style="text-align: center;">CI Inspector / Agencia:</p>

Figura 3 Pancartas autoadheribles para dictaminar el estado de las edificaciones inspeccionadas

Viernes 29 de abril

- Impartición del curso para la evaluación de daño en estructuras de edificios, con el principal objetivo de ayudar a identificar mediante una inspección ocular, los posibles daños y poder emitir una opinión sobre la estabilidad estructural del sistema dañado por el sismo. El curso se impartió en dos sedes: Universidad Laica Eloy Alfaro, en Manta, provincia de Manabí, teniendo aproximadamente 300 asistentes, entre ingenieros civiles, arquitectos y estudiantes de dichas carreras, y simultáneamente, en la Universidad Técnica de Manabí, en Portoviejo, con una asistencia de alrededor de 600 asistentes (figura 4).



Figura 4 Curso de capacitación en Universidad Laica Eloy Alfaro, en Manta

- Traslado de la Ciudad de Manta a la ciudad de Quito en vuelo militar del ejército de Ecuador.

30 de abril de 2016

- Vuelo comercial de Quito a la Ciudad de México.

REFERENCIAS

- A. Mesa, blog de internet, <http://insulargalapagos.blogia.com/>, consultado en mayo de 2016.
- Ciudades del Ecuador, blog de internet, <http://ecuaciudadescity.blogspot.mx/2016/03/portoviejo.html>, consultado en mayo de 2016
- Portoviejo, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón, blog de internet, <http://www.portoviejo.gob.ec/noticias/catedral-jesus-del-buen-pastor>, consultado en mayo de 2015.
- Secretaría de Gestión de Riesgos, “Informe de situación N°71 – 19/05/2016 (20h30), Terremoto 7.8° - Pedernales”, <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/>, consultado en internet en septiembre de 2016.
- Google Earth, descargado del sitio <https://www.google.es>, 2016.
- Google Maps, consultado en el sitio <https://www.google.com.mx/maps/>. 2016
- Ecuador-Earthquake, USAID, Fact sheet 31, Fiscal Year (FY), April 22 2016.
- Ortiz Panchi O.C. (2013), “Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador”, Universidad Complutense de Madrid, 2013, pp. 6-12.
- Machette M. *et al.* (2003), “Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes”, cooperación entre el U.S. Geological Survey, Denver, Colorado y la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- JCS, AL, CV, MR (2016), “Observaciones del sismo del 16 de abril de 2016 de magnitud M_w 7.8”, Intensidades y aceleraciones, Instituto de Geofísica de la Escuela Nacional Politécnica de Ecuador.
- USGS executive summary M7.8 – 27 km SSE of Muisne, Ecuador - Earthquake Hazards Program <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20005j32#executive>

SEGOB
SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN



SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres