

ESTUDIOS POST TERREMOTO DE ESTRUCTURAS AFECTADAS POR EL SISMO DE 2016

POST-EARTHQUAKE STUDIES OF STRUCTURES AFFECTED BY THE 2016 EARTHQUAKE

Roberto Aguiar Falconí ⁽¹⁾, J. Ricardo Vera. ⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Valle de los Chillos, Ecuador. roberto.aguiar.falconi@gmail.com

⁽²⁾ Facultad de Postgrado. Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador jrvera0131@gmail.com

Received: October 2023. Accepted: May 2024. Published: June 2024

ABSTRACT

After the April 2016 earthquake, several studies were conducted to evaluate the seismic vulnerability and propose alternatives for the reinforcement of several buildings in the most affected cities, such as: Portoviejo, Manta, Bahía de Caráquez and Chone. Eight years after the earthquake, it is important to know how many buildings were demolished, repaired, reinforced and the current state of operation. Four studies were analyzed: PLANCONSTRUC and CVA (Consultora Vera & asociados) in Portoviejo; MENCONSTRUC in Manta and Telmo Sánchez in Bahía de Caráquez. For each consultancy, a list of the buildings is presented, with the name, structural typology, number of floors, degree of intervention, and current state of operation. The data sheets were prepared for each building so that the reader has an idea of how they are at present. With the data available in the studies, the stiffness indicator H/T is obtained, which relates the height of the building to the fundamental period. Most of the structures were not reinforced; in turn, most of the demolished buildings were in the 1998 earthquake. It is likely that the accumulated damage influenced the response in 2016.

Keywords: Earthquake, Reinforcement, vulnerability, damage

RESUMEN

Luego del terremoto de abril del 2016 se realizaron varios estudios para evaluar la vulnerabilidad sísmica y proponer alternativas de reforzamiento de varios edificios de las ciudades más afectadas, como: Portoviejo, Manta, Bahía de Caráquez y Chone. A 8 años del terremoto, es importante conocer cuántos edificios fueron derrocados, reparados, reforzados y el estado actual de funcionamiento. Se analizaron 4 estudios: PLANCONSTRUC y CVA (Consultora Vera & asociados) en Portoviejo; MENCONSTRUC en Manta y Telmo Sánchez en Bahía de Caráquez. Para cada consultoría se presenta un listado de las edificaciones, con el nombre, tipología estructural, número de pisos; grado de intervención, estado actual de funcionamiento. Se prepararon fichas de cada edificio para que el lector tenga una idea de cómo se encuentran en la actualidad. Con los datos disponibles en los estudios se obtiene el indicador de rigidez H/T que relaciona la altura del edificio con el periodo fundamental. La mayoría de las estructuras no se reforzaron, a su

vez, la mayor parte de los edificios demolidos estuvieron en el sismo de 1998. Es probable que el daño acumulado influyera en la respuesta en el 2016.

Palabras clave: Estudios, sismo, reforzamiento, vulnerabilidad, daño

1. ANTECEDENTE

En Ecuador se han presentado dos sismos fuertes en los últimos 26 años, el primero el 4 de agosto de 1998 ($M=7.1$), con epicentro en la zona de Canoa, que afectó principalmente a la ciudad de Bahía de Caráquez; el segundo el del 16 de abril del 2016 ($M=7.8$) con epicentro en las costas de Muisne, que afectó a las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo y Los Ríos; este evento causó la muerte de 663 personas, gran daño y colapsos en infraestructura pública y privada como: edificios, puentes, carreteras, entre otros.

Aguiar & Mielles (2016) analizaron quince edificios colapsados en el terremoto del 2016 ($M=7.8$) en Portoviejo, describieron fallas estructurales como: pisos blandos, columnas esbeltas, columnas cortas, viga fuerte-columna débil, pesos en las terrazas, golpeteo, poca redundancia estructural, irregularidades en planta y elevación, nudos débiles. Doce edificios soportaron el sismo de Bahía de Caráquez ($M=7.1$) en 1998, es probable que en ese entonces hayan tenido daño, pero no se reforzaron y colapsaron en 2016.

En la ciudad de Bahía de Caráquez el edificio Cabo Coral de 10 pisos, con dos núcleos de hormigón armado para los ascensores y gradas tenía una estructura rígida y sufrió daño en el sismo del 4 de agosto de 1998 ($M=7.1$) y no fue reforzada, luego del terremoto del 2016 ($M=7.8$) el daño se agrandó y el edificio fue derrocado como lo ilustran las fotografías de la figura 1. Aguiar *et al.* (2016)



Figura 1 Edificio Cabo Coral, en Bahía de Caráquez, de hormigón armado de 10 pisos que fue derrocado luego del terremoto de 2016. Aguiar *et al.* (2016)

Ante el gran daño presentado en Manabí por el terremoto del 16 de abril de 2016 ($M=7.8$); se realizaron estudios, algunos financiados por el gobierno del Ecuador (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI), para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras afectadas y proponer alternativas de reforzamiento. Luego de 8 años del terremoto, es importante conocer cuántos de

estos edificios fueron derrocados, reparados o reforzados y el estado actual en que se encuentran. Por lo general en nuestro medio la mayor parte de los edificios no se refuerzan y los colapsados o derrocados han soportado más de un evento importante durante su vida útil.

2. OBJETIVO

Se van a analizar los estudios de reforzamiento realizados por: PLANCONSTRUC y CVA (Consultora Vera & asociados) en Portoviejo; MENCONSTRUC en Manta y Telmo Sánchez en Bahía de Caráquez, para conocer cuantas de estas edificaciones han sido derrocadas; reparadas; reforzadas de acuerdo a los estudios y como se encuentran a 8 años del terremoto de 2016.

3. METODOLOGIA

Para cada una de las consultorías se presenta en primer lugar un listado de las edificaciones donde se indica el nombre del edificio, tipología estructural, número de pisos; grado de intervención, estado actual de uso. Se prepararon fichas para cada edificio, para que el lector tenga una idea de cómo se encuentran en la actualidad, la información contenida en las fichas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Modelo y contenido de fichas.

Ficha técnica #	
Ubicación:	Imagen del estudio
Material:	
Número de pisos:	
Sistema estructural:	
Uso:	
Número de usuarios:	
Construcción:	Intervención post sismo 1998:
Sismos durante vida útil:	Propuesta de intervención 2016:
Daños en sismo 1998:	
Daños observados en 2016:	
Comentarios: Periodos, derivas, relación H/T	
Situación actual:	Intervención post sismo 2016:
Figura # Estado actual	

Los 4 estudios agrupan un total de 71 edificios entre públicos y privados que sufrieron algún tipo de daño en el terremoto de abril del 2016, también se cuantifica los edificios que fueron construidos antes del año 2000 y que también soportaron el sismo de Bahía (M=7.8) del año 1998.

Se obtuvo el indicador H/T para evaluar la flexibilidad de los edificios, tomando como referencia la experiencia chilena. Valores de H/T para periodos con inercias gruesas entre 20 y 40 identifican los edificios flexibles; entre 40 y 70, los de rigidez normal, sobre 70 hasta un máximo de 150, a los rígidos. Valores inferiores a

20 indican que la estructura es muy flexible. Guendelman *et al* (1997), A. Cevallos *et al* (2018).

4. EDIFICIOS EVALUADOS POR PLANPROCONS

En la tabla 2 se muestran los 10 edificios evaluados por PLANPROCONS en la ciudad de Portoviejo.

Solo 4 edificios fueron reforzados, no todos con la propuesta de PLANPROCONS, como es el caso del edificio de la SUPERCOMP que fue reforzado con otra propuesta, el caso del edificio del dispensario del IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) se recomendó demoler, pero fue reparado y está en funcionamiento.

Los edificios del MIES (Ministerio de Inclusión Económica y Social), SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua) y SRI (Servicio de Rentas Internas), fueron demolidos a pesar de que tenían propuestas para reforzarlos, en el caso del edificio la Previsora no se ejecutó ningún reforzamiento como se había recomendado, solo lo repararon, en el edificio del Ministerio de educación zona 4 no se realizó ninguna intervención y está abandonado.

Tabla 2 edificaciones evaluadas por PLANPROCONS en Portoviejo

Edificio	Tipología estructural	# Pisos	Intervención				Uso	
			RR	R	D	N	F	SU
Defensoría Pública	P.H.A. vigas perdidas	5	x				x	
Dispensario del IESS	P.H.A. vigas vistas	4		x			x	
La Previsora	P.H.A. vigas perdidas	11		x			x	
MIEES	P.H.A. vigas vistas	5			x			
Ministerio de educación zona 4	P.H.A. vigas vistas	6				x		x
Palacio de Justicia	P.H.A. vigas vistas	6	x					x
SENAGUA	P.H.A. vigas perdidas	5			x			
SRI	P.H.A. vigas perdidas	4			x			
SUPERCOMP	P.A. vigas celosía	5	x				x	
UVC	P.A.	2	x					

P.H.A.: Pórticos de hormigón armado; P.A.: Pórticos de acero; RR: Reforzado; R: Reparado; D: Demolido; N: Ninguno; F: Funcionando; SU: Sin uso

En la tabla 3 y figura 3 se muestra la relación H/T de las estructuras existentes para los periodos de vibración hallados de forma experimental, se muestra también los valores de H/T de las estructuras considerando el reforzamiento con los periodos obtenidos del modelo analítico.

Tabla 3 Relación H/T de las estructuras evaluadas por PLANPROCONS en Portoviejo

Edificio	Altura (m)	Estructura sin reforzar Periodo experimental (s)		Estructura reforzada Periodo Modelo (s)		Índice H/T Estructura sin reforzar (m/s)		Índice H/T Estructura reforzada (m/s)	
		Trans	Long	Trans	Long	Trans	Long	Trans	Long
D. Pública	14.73	0.79	0.67	0.77	0.76	18.65	21.99	19.13	19.38
IESS	7.65	0.32	0.26	-	-	23.91	29.42	-	-
Previsora	45.00	1.41	1.33	1.20	1.07	31.91	33.83	37.66	42.25
MIES	14.40	0.67	0.40	0.91	0.69	21.49	36.00	15.81	20.75
Zona 4 ME	17.40	0.91	0.47	0.95	0.85	19.12	37.02	18.35	20.52
P. Justicia	27.48	0.74	0.63	1.16	1.12	37.14	43.62	23.69	24.51
SENAGUA	12.47	0.79	0.51	0.96	0.74	15.78	24.45	13.04	16.92
SRI	15.30	0.88	0.62	1.01	0.85	17.39	24.68	15.21	18.00
SUPERCOM	18.00	0.92	0.66	0.65	0.59	19.57	27.27	27.69	30.41
UVC	8.36	0.53	0.44	0.32	0.28	15.77	19.00	26.13	29.86

Trans: Sentido transversal; Long: Sentido longitudinal

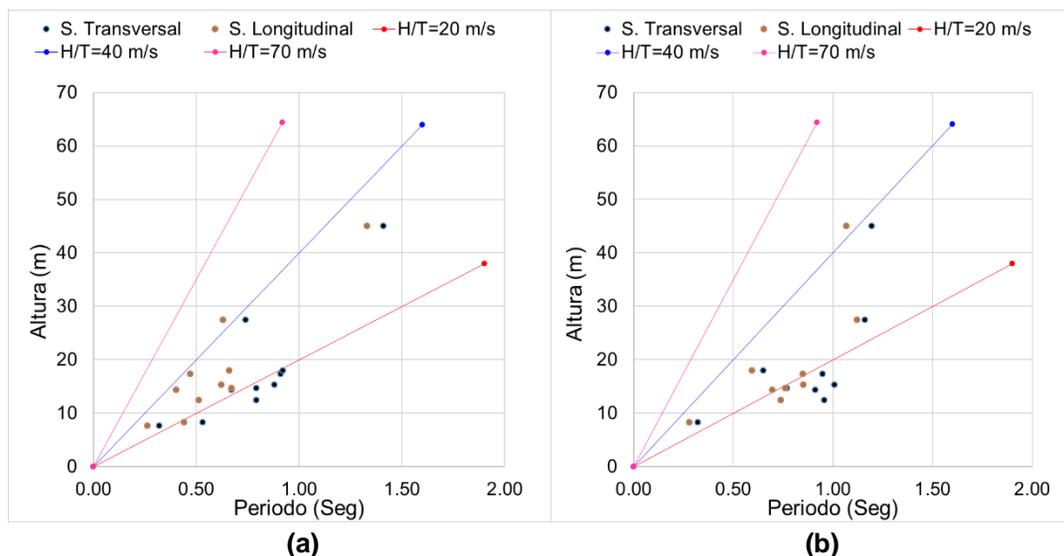


Figura 2 Relación H/T, (a) estructuras sin reforzar con periodos experimentales (b) estructuras con reforzamiento con periodos del modelo analítico.

Las fichas 1 a la 10 que se muestran en el anexo corresponden a los edificios evaluados por PLANPROCONS en Portoviejo.

5. EDIFICIOS EVALUADOS POR CONSULTORA VERA & ASOCIADOS

En la tabla 4 se muestran los edificios evaluados en 2016 por la consultora Vera y Asociados (CVA) en la ciudad de Portoviejo.

Tabla 4 edificaciones evaluadas por la consultora Vera & asociados en la ciudad de Portoviejo

Edificio	Tipología estructural	# Pisos	Intervención				Uso	
			RR	R	D	N	F	SU
Bloques Los Olivos (8 edificios)	P.H.A. con vigas perdidas.	4				x	x	
Bloques Los Tamarindos (20 edificios)	P.H.A. con vigas perdidas.	5				x	x	

P.H.A.: Pórticos de hormigón armado; RR: Reforzado; D: Demolido; N: Ninguno; F: Funcionando; SU: Sin uso

Los bloques Los Olivos y Los Tamarindos, fueron construidos aproximadamente hace 54 años (1970), cada bloque corresponde a varios edificios, en el caso de los Olivos agrupan a 8, los Tamarindos agrupan a 20, los que resultaron con daño luego del terremoto.

La consultora recomendó el reforzamiento de los bloques Los Olivos y los bloques Los Tamarindos, sin embargo, no se ha realizado ninguna intervención, a excepción de 4 edificios de los Olivos que fueron demolidos, a pesar de que muchos quedaron deshabitados después del terremoto de 2016, actualmente están siendo ocupados por familias y algunos negocios.

Para el Bloque Los Tamarindos la alternativa seleccionada según el modelo matemático tiene un periodo fundamental de 0.42s, lo que resulta en una relación H/T de 31.20 m/s, es decir, la estructura se mantenía flexible.

Para el Bloque Los Olivos la alternativa seleccionada según el modelo matemático tiene un periodo fundamental 0.31s, con una relación H/T de 38.71 m/s, es decir, la estructura se mantenía flexible. En ambos casos se mejoró con respecto a la estructura sin reforzar, sin embargo, el índice de rigidez se mantiene dentro del rango de estructuras flexibles.

Las fichas 11 y 12 que se muestran en el anexo corresponden a los edificios evaluados por la consultora Vera & asociados en Portoviejo.

6. EDIFICIOS EVALUADOS POR MENCONSTRUC

En la tabla 5 se muestran los edificios evaluados en 2016 por la consultora MENCONSTRUC en la ciudad de Manta, un total de 10 edificaciones se incluyeron en el estudio, la Unidad de Vigilancia Comunitaria comprendía dos edificios.

De los 10 edificios 8 eran de hormigón armado y dos de acero, se recomendó demoler los edificios de la Corporación Nacional de Electrificación y el de la Policía Judicial, solo fue demolido el edificio de la Corporación Nacional de Electrificación, para el resto se presentaron alternativas de reforzamiento.

Los edificios del Banco Central de Manta y el Hospital Rodríguez Zambrano fueron reforzados siguiendo las recomendaciones de la consultora, los edificios de la Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC (Bloque de vivienda y Bloque administrativo) fueron reforzados con otra propuesta.

Tabla 5 edificaciones evaluadas por MENCONSTRUC en Manta

Edificio	Tipología estructural	# Pisos	Intervención				Uso	
			RR	R	D	N	F	SU
Banco Central de Manta	P.H.A. vigas vistas	10	x				x	
Corporación Aduanera del Ecuador	P.H.A. vigas vistas	3		x			x	
Corporación Nacional de Electrificación	P.H.A. vigas perdidas	6			x			
Corporación Nacional de Telecomunicaciones	P.H.A. vigas vistas	3		x			x	
Hospital Rodríguez Zambrano	P.H.A. vigas vistas	7	x				x	
Museo Centro Cultural	P.H.A. con vigas vistas	7		x			x	
Policía Judicial	P.H.A. vigas perdidas	2				x		x
Unidad de Policía Comunitaria-UPC	P.H.A. vigas perdidas	2		x			x	
Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC- Bloque de vivienda	Pórticos de Acero	4	x				x	
Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC- Bloque administrativo	Pórticos de Acero	2	x				x	

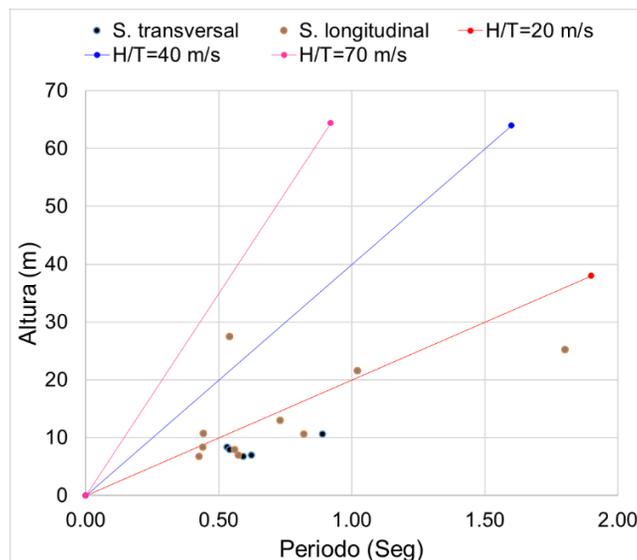
P.H.A.: Pórticos de hormigón armado; RR: Reforzado; D: Demolido; N: Ninguno; F: Funcionando; SU: Sin uso

En la tabla 6 se muestra los valores la relación H/T de las estructuras evaluadas por MENCONSTRUC en Manta. Las estructuras eran flexibles y muy flexibles antes del terremoto como se ve en la figura 3.

Tabla 6 Relación H/T de las estructuras evaluadas por MENCONSTRUC en Manta

Edificio	# Pisos	Altura (m)	Periodos (s)		Índice H/T (m/s)	
			Trans	Long	Trans	Long
Banco Central de Manta	10	8.36	0.53	0.44	15.77	19.00
Corporación Aduanera del Ecuador.	3	13.00	0.73	0.73	17.81	17.81
Corporación Nacional de Telecomunicaciones	3	10.65	0.89	0.82	11.97	12.99
Hospital Rodríguez Zambrano-Bloque 3	7	25.20	1.80	1.80	14.00	14.00
Museo Centro Cultural	7	27.54	0.54	0.54	51.00	51.00
Policía Judicial	2	7.00	0.62	0.57	11.25	12.20
Unidad de Policía Comunitaria-UPC	2	8	0.54	0.56	14.81	14.29
Unidad de Policía Comunitaria-UVC-Bloque vivienda	4	15.32	0.81		18.91	
Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC-Bloque administrativo	2	6.77	0.59	0.43	11.44	15.93

Trans: Sentido transversal; Long: Sentido longitudinal

**Figura 3** Relación H/T de estructuras sin reforzar

Las fichas 13 a la 22 que se muestran en el anexo corresponden a los edificios evaluados por MENCONSTRUC en Manta.

7. EDIFICIOS EVALUADOS POR TELMO ANDRÉS SÁNCHEZ

En la tabla 7 se muestran los 23 edificios evaluados por Telmo Andrés Sánchez, PhD. en Bahía de Caráquez.

Tabla 7 edificaciones evaluadas por Telmo Sánchez, PhD

Edificio	Tipología estructural	# Pisos	Intervención				Uso	
			RR	R	D	N	F	SU
Caráquez	P.H.A. con vigas vista	5				x		x
Las Brisas	P.H.A. con vigas vista	10				x		x
Dos hemisferios	P.H.A. con vigas vista	9	x				x	
Punta Norte	P.H.A. con vigas embebidas y muros	9	x				x	
Torre Mariana	P.H.A. con vigas vista	6		x			x	
Salango	P.H.A. con vigas embebidas y muros	10			x			
Agua Marina	P.H.A. con vigas embebidas y muros	7	x				x	
Torre Marina	P.H.A. con vigas vista	9	x				x	
Chávez	P.H.A. con vigas vista	5				x		x
Spondylus	P.H.A. con vigas vista	9	x				x	
Jalil	P.H.A. con vigas embebidas	7			x			
Pirata	P.H.A. con vigas y muros de corte	7	x				x	
Hotel Patricio	P.H.A. con vigas vista	10				x		x
Fragata	P.H.A. con vigas y muros de corte	10			x			
Vigía	P.H.A. con vigas vista	10		x			x	
Centinela	P.H.A. con vigas vista	8	x				x	
Zedeño	P.H.A. con vigas embebidas	6				x		x
Mykonos	P.H.A. con vigas vista	10		x			x	
Almirante	P.H.A. con vigas vista	9			x			
Horizonte	P.H.A. con vigas embebidas y muros de hormigón	10		x			x	
El Delfín	P.H.A. con vigas embebidas	6			x			
Ganadero	P.H.A. con vigas embebidas	5			x			
Borja	P.H.A. con vigas embebidas	5			x			

P.H.A.: Pórticos de hormigón armado; RR: Reforzado; R: Reparado; D: Demolido; N: Ninguno; F: Funcionando; SU: Sin uso

En la tabla 8 se comparan los índices de rigidez H/T hallados con los periodos obtenidos de manera experimental y del modelo analítico el cual sigue lo recomendado en la NEC 2015, en la figura 4 se compara gráficamente estas relaciones, los periodos experimentales incluyen el efecto de los elementos no estructurales, lo que influye en la rigidez inicial de la estructura, aumentándola, por lo que la relación H/T es mayor con aquellos periodos.

Tabla 8 Relación H/T de los edificios evaluados en Bahía de Caráquez obtenidos con periodos experimentales y del modelo analítico

Edificio	Altura (m)	Periodo experimental (s)		Periodo analítico NEC-2015 (s)		Índice H/T Experimental (m/s)		Índice H/T modelo analítico (m/s)	
		Trans	Long	Trans	Long	Trans	Long	Trans	Long
Caráquez	5.2	0.33	0.31	0.31	0.24	15.76	16.77	16.94	21.76
Las Brisas	35.0	0.52	0.64	1.20	1.08	67.31	54.69	29.07	32.38
Dos hemisferios	27.0	0.72	0.92	2.03	2.27	37.50	29.35	13.29	11.89
Punta Norte	30.0	1.09	1.04	1.42	1.15	27.52	28.85	21.07	26.20
Torre Mariana	21.0	0.45	0.41	0.96	0.75	46.67	51.22	21.97	28.07
Salango	31.5	1.14	1.00	1.43	1.25	27.63	31.50	22.03	25.28
Agua Marina	33.0	0.95	0.89	2.85	1.42	34.74	37.08	11.58	23.26
Torre Marina	30.0	1.16	0.79	2.27	2.24	25.86	37.97	13.22	13.39
Chávez	14.0	0.60	0.38	1.92	1.77	23.33	36.84	7.28	7.90
Spondylus	26.0	1.12	1.02	1.61	1.24	23.21	25.49	16.12	20.92
Jalil	21.5	0.83	0.77	-	-	25.90	27.92	-	-
Pirata	28.0	0.38	0.61	1.60	0.99	73.68	45.90	17.52	28.31
Hotel Patricio	31.5	1.18	1.04	1.94	1.82	26.69	30.29	16.22	17.31
Fragata	33.5	1.12	1.65	-	-	29.91	20.30	-	-
Vigía	30.0	0.86	0.61	1.16	1.15	34.88	49.18	25.75	26.16
Centinela	23.0	0.76	0.52	1.03	1.01	30.26	44.23	22.37	22.77
Zedeño	18.0	0.81	0.61	1.97	1.87	22.22	29.51	9.16	9.63
Mykonos	32.0	1.18	1.05	1.78	1.53	27.12	30.48	17.96	20.97
El Almirante	28.0	1.30	0.93	1.49	1.22	21.54	30.11	18.79	22.95
Horizonte	28.0	0.74	0.73	1.66	1.01	37.84	38.36	16.85	27.67
El Delfín	21.0	1.01	0.91	1.98	1.78	20.79	23.08	10.63	11.80
Ganadero	14.0	0.90	0.90	1.55	1.45	15.56	15.56	9.01	9.66
Borja	16.0	0.57	0.45	1.48	1.46	28.07	35.56	10.84	10.99

Trans: Sentido transversal; Long: Sentido longitudinal

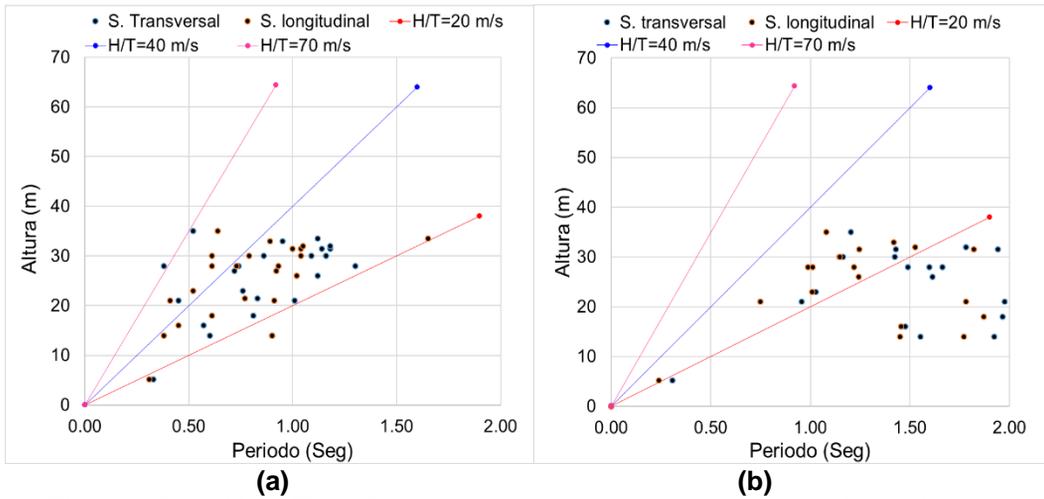


Figura 4 Relación H/T, (a) Periodos obtenidos experimentalmente; (b) Periodos obtenidos del modelo analítico sin efecto de mampostería, NEC 2015

En la figura 5 se grafican las derivas en ambos sentidos versus la relación H/T usando el periodo del modelo experimental y analítico según la NEC-2015, la línea roja horizontal es el límite de deriva de NEC-2015 y la línea azul vertical marca el límite H/T=20 m/s.

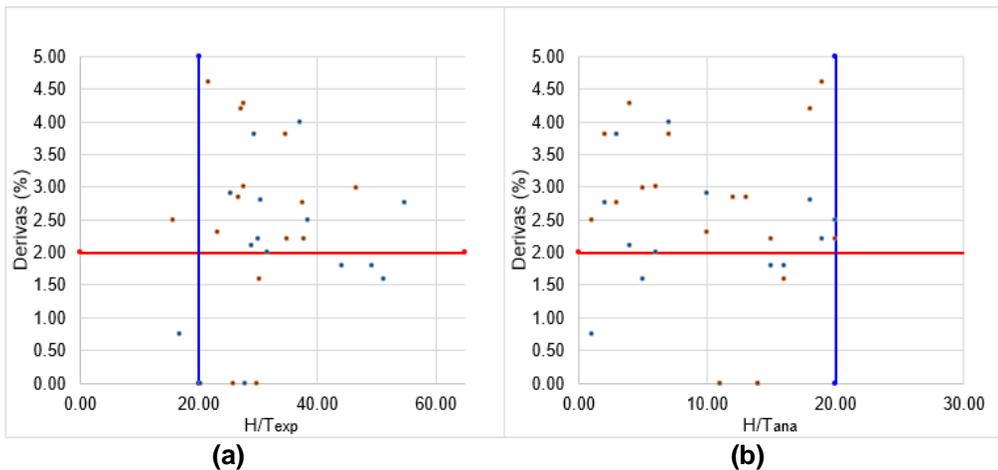


Figura 5 Derivas versus la relación H/T, (a) Periodos obtenidos experimentalmente; (b) Periodos obtenidos del modelo analítico NEC 2015

En la figura 6 se muestra la relación que existe entre los periodos obtenidos de forma analítica aplicando las recomendaciones de la NEC-2015 y los periodos experimentales (T_{ana}/T_{exp}), tanto en el sentido transversal y sentido longitudinal, la tendencia de esta relación se evalúa como la mediana de los datos obtenidos, llegando a estimarse que esta relación bordea el valor de 1.67, es decir, el valor de T_{ana} corresponde a 1.67 veces el valor de T_{exp} .

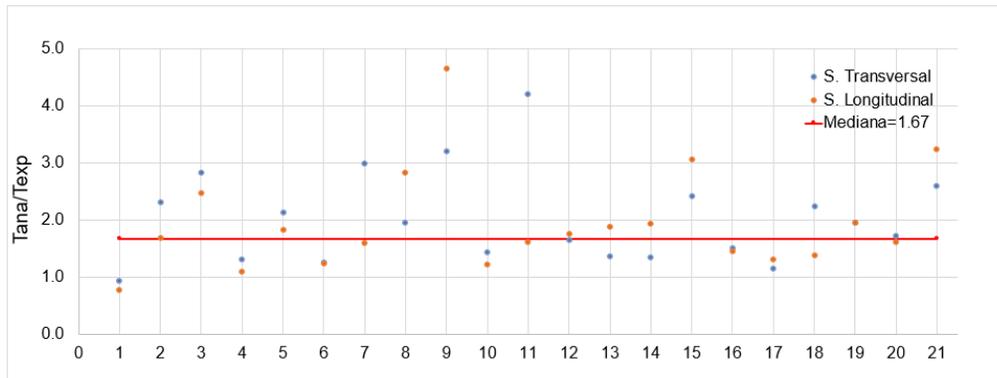


Figura 6 El valor de la mediana 1.67 representa el valor aproximado de la relación (T_{ana}/T_{exp}) de los edificios evaluados en Bahía de Caráquez

Las fichas 23 a la 45 que se muestran en el anexo corresponden a los edificios evaluados por Telmo Sánchez, en Bahía de Caráquez.

8. DISCUSIÓN

Un total de 71 edificios fueron evaluados por PLANPROCONS, CVA, MENCONSTRUC y Telmo Sánchez, en Portoviejo, Manta y Bahía de Caráquez, respectivamente, de los cuales para 66 se presentaron propuestas de reforzamiento y en 5 se recomendó demoler, en total 15 fueron reforzados, 10 reparados (1 tiene recomendación de demoler), 15 demolidos (12 se demolieron a pesar de tener propuesta de reforzamiento) y 31 permanecen sin intervenir (30 tienen propuesta de reforzamiento y 1 de demolición), en las tablas 2, 4, 5, 7 se muestran las intervenciones realizadas.

De los 71 edificios, 59 fueron construidos antes del año 1998, de un total de 15 estructuras demolidas 14 también habían sido construidas antes de 1998, es decir, soportaron ambos sismos. En el caso de la ciudad de Bahía de Caráquez, en el estudio de Telmo Sánchez se describen los daños que tuvieron 17 edificios luego del sismo del Bahía de Caráquez ($M=7.1$), se tiene registro de reforzamientos en 12 edificios solamente, como era de esperarse el daño en él 2016 se agrando en todos los casos, aunque no es objetivo del presente trabajo demostrar el efecto del daño acumulado en los edificios estudiados, se puede tener cierta certeza de que la respuesta de los edificios en el 2016 se vio influenciada por el daño que tuvieron en el año 1998 y a la falta de un reforzamiento adecuado.

En la figura 2 se graficó los valores del índice de rigidez H/T de las estructuras evaluadas por PLANPROCONS en Portoviejo para el caso de las estructuras sin reforzar con los periodos experimentales del estudio que incluyen la mampostería y el índice de rigidez de las estructuras considerando el modelo analítico del reforzamiento, mostrando que, aunque se busca rigidizar la estructura con el reforzamiento, en casi todos los casos los valores del indicador de rigidez H/T siguen estando en el rango de las estructuras flexibles, lo mismo se observó en los estudios de VERA & ASOCIADOS en Portoviejo.

En la figura 3 también se muestran valores de H/T menores a 20m/s para los edificios de Manta evaluados por MENCONSTRUC sin considerar el reforzamiento, pero con periodos obtenidos de modelos analíticos, de forma general para los casos estudiados la relación H/T es muy baja, por lo que son muy flexibles.

En el estudio de Telmo Sánchez en Bahía de Caráquez, se muestran los periodos experimentales obtenidos de las estructuras con daño, así mismo muestra los periodos obtenidos del modelo analítico de los edificios sin reforzar siguiendo las recomendaciones de la NEC 2015, el primero considera el efecto de los elementos no estructurales en la rigidez inicial y el segundo los elementos estructurales.

Es evidente el aporte de la mampostería y otros elementos no estructurales en la respuesta de los edificios y el resultado del índice de rigidez H/T como se observa en la tabla 8 y la figura 4, siendo aproximadamente de 1.67 veces mayor la relación H/T con los periodos experimentales como se muestra en la figura 6, ya que las derivas en los 23 edificios superaban ampliamente el límite de derivas del 2% de la NEC 2015, lo cual se refleja en los daños en mamposterías descritos, por lo que de no ser por la influencia de la mampostería en la rigidez inicial es probable que hubieran colapsado una cantidad mayor de edificios, ya que muchos quedan muy por debajo del límite de 20.

Es necesario promover el uso de indicadores de rigidez, especialmente la relación H/T estudiado ampliamente en Chile, el cual ha mostrado ser un buen parámetro para evaluar la vulnerabilidad de los edificios tanto a nivel de proyecto o de estructuras existentes. Se podría decir que llegar a valores de H/T superiores a 40m/s para periodos considerando solo los elementos estructurales y con inercias agrietadas sería lo más conservador, lo que conllevaría considerar en los diseños la incorporación de muros de corte o diagonales, diferenciando claramente el sistema resistente a carga lateral del resistente a carga vertical.

Cuando se evalúa un edificio no es suficiente realizar un análisis modal de respuesta espectral y en base a aquello tomar decisiones que implican una demolición, como en el caso del edificio la Fragata en Bahía de Caráquez, sino que hay que analizar a la estructura en el rango no lineal, ya que el análisis modal de respuesta espectral, aunque es muy útil principalmente en el diseño tradicional de edificios nuevos, se basa únicamente en respuestas máximas instantáneas y puede no representar de manera adecuada la demanda de los sismos, tal como mostró Edén Bojórquez Mora et al (2009), donde obtiene prácticamente el mismo espectro tanto para un registro completo y para el mismo registro entrecortado, es decir, sin considerar toda la sacudida del terremoto.

Lo indicado en el párrafo anterior se demuestra al realizar un análisis no lineal para un oscilador de 1GDL, con parámetros de porcentaje de amortiguamiento, periodo y comportamiento elastoplástico perfecto y una degradación de rigidez definida, para un registro completo y el mismo registro entre cortado se demuestra como el máximo desplazamiento es prácticamente igual para ambos, pero en el caso de número de ciclos de comportamiento plástico se observan diferencias importantes. Tomando como medida la demanda de energía histerética (Área de la curva del diagrama de histéresis) con el registro completo

se demanda a la estructura con un mayor número de ciclos, lo que tiene como consecuencia un mayor daño estructural. (Id).

Hay varias formas de evaluar la capacidad de energía de una estructura, una de ellas es encontrando el área de la curva de capacidad sísmica que relaciona el cortante basal con el desplazamiento lateral máximo en el tope del edificio, la misma que se halla mediante un análisis no lineal estático. Al tener daño la estructura, la rigidez de sus elementos estructurales disminuye y por ende la curva de capacidad sísmica se reduce; en estas nuevas condiciones se incrementa la probabilidad de que el edificio colapse en un nuevo terremoto.

Las propiedades mecánicas de una estructura cuando se sujeta a una excitación sísmica se pueden deteriorar en cada ciclo de carga y conducir a la falla estructural a un nivel de desplazamiento menor que la capacidad máxima de desplazamiento ante carga monotónica. Este fenómeno también se conoce como fatiga de bajo número de ciclos. Una forma de considerar la degradación de las propiedades estructurales, debido a los ciclos de carga que una excitación sísmica impone a las estructuras, es mediante el uso de índices de daño. Arroyo & Ordas (2006).

Un índice de daño es una función matemática que relaciona las demandas que experimenta un sistema con sus características mecánicas, para establecer el nivel de deterioro del sistema cuando se le sujeta a determinada historia de carga. Normalmente, los índices de daño están calibrados para elementos estructurales. Cabe mencionar que no existe un consenso de lo que constituye la falla de un elemento. En los diferentes índices de daño disponibles la falla del elemento se ha definido de acuerdo al criterio de cada investigador. (id).

Un modelo bastante sencillo es el de Rodríguez (2015) que considera la energía disipada por el sismo, el período de vibración de la estructura, la altura total del edificio (Relación H/T) y la deriva global de la estructura, la ventaja de este modelo es que el índice de daño es acumulativo, considera el registro de aceleraciones del terreno.

9. CONCLUSIONES

Se analizaron los estudios de reforzamiento realizados por: PLANCONSTRUC y CVA (Consultora Vera & asociados) en Portoviejo; MENCONSTRUC en Manta y Telmo Sánchez en Bahía de Caráquez, los cuales fueron contratados por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, se determinó cual fue la intervención en estos edificios luego del terremoto y como se encuentran a 8 años del terremoto de 2016. La mayor parte de los edificios evaluados no fueron reforzados y permanecen muy vulnerables, apenas 2 edificaciones fueron reforzadas con el estudio de las consultoras, lo que es ineficiente para la inversión del estado.

En las estructuras colapsadas o con gran daño estudiadas por las consultoras se repiten errores que han sido observados por expertos en eventos anteriores, como: pisos blandos, columnas esbeltas, columnas cortas, viga fuerte columna débil, pesos en las terrazas, golpeteo, poca redundancia estructural, irregularidades en planta y elevación, nudos débiles, entre otros. Algunos edificios

evaluados por las consultoras permanecen prácticamente igual a como quedaron luego del terremoto del 2016, lo que hace pensar que, si aun teniendo estudios financiados por estado no se hizo nada por parte de los propietarios, mucho menos se habrían realizado en edificios y viviendas privadas donde el estado no intervino, por lo que la vulnerabilidad de nuestras edificaciones ante sismos sigue siendo elevada.

De los datos disponibles en los estudios se analizó el índice de rigidez H/T , tomando como referencia los rangos de clasificación para el caso chileno, los valores de H/T hallados muestran que las estructuras dañadas en su mayor parte eran flexibles o muy flexibles antes del terremoto, lo que se refleja en los daños de los edificios. Para el caso de los edificios de Bahía de Caráquez, se mostró que con los periodos experimentales que incluyen la mampostería se obtienen valores de H/T en aproximadamente 1.67 veces a los obtenidos de los modelos analíticos tomando como referencia la NEC 2015, quedando los segundos por debajo de 20m/s. Por lo que sería recomendable llegar a valores de H/T superiores a 40m/s considerando los periodos obtenidos del modelo analítico y con inercias agrietadas, lo que conlleva al uso de muros de corte o diagonales para incrementar la rigidez.

Es notable la influencia de la mampostería en la respuesta de los edificios estudiados en Bahía de Caráquez ante el sismo del 2016, ya que las derivas en los 23 edificios fueron excesivas y superaban el límite del 2% de la NEC 2015, por lo que de no ser por la influencia de la mampostería en la rigidez inicial es probable que hubieran colapsado más edificios, ya que en la mayoría la relación H/T con periodos analíticos quedó muy por debajo del límite de 20.

Ecuador es un país sísmico, es importante promover el uso de índices prácticos que han sido estudiados ampliamente, como el índice de rigidez H/T en Chile, que podrían ser útiles desde la fase de diseño de las estructuras, cumplir con los rangos del índice de rigidez usados en este análisis minimiza la vulnerabilidad de los edificios, para el caso de evaluación de edificios existentes afectados por sismos es muy necesario que se hagan análisis no lineales, se obtengan índices de daño que cuantifiquen el daño físico visible en estructuras dañadas por sismos, y utilizar índices de daño con métodos mecánicos que tomen en cuenta el efecto del daño acumulado como el de Rodríguez (2015) que además utiliza el índice de rigidez H/T , lo cual es un parámetro de medida sobre la capacidad que tiene la estructura para resistir un sismo de gran magnitud.

10. REFERENCIAS

- Aguiar, R. (2017). No se acepta daño por ductilidad. Caso del Edificio Fragata que incurrió en el rango no lineal. *Revista Internacional de Ingeniería en Estructuras*, 22(3), 327-391. doi:<https://doi.org/10.24133/riie.v22i3.648>
- Aguiar, R., & Mieles, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(3), 257-282. doi:<https://doi.org/10.24133/riie.v21i3.601>
- Aguiar, R., Zevallos, M., Palacios, J., Garcia, L., & Menéndez, E. (2016). Necesidad de reforzar las estructuras afectadas por un terremoto. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 1(1), 17-24. doi:<https://doi.org/10.33936/riemat.v1i1.200>
- Arroyo, D., & Ordaz, M. (2006). Demandas de energía histerética en osciladores elastoplásticos sujetos a ruido blanco gaussiano. *Revista de Ingeniería Sísmica*(74), 103-138. Obtido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61807404>
- Asociados, V. &. (2016). *Análisis, estudio y determinación de las soluciones estructurales más idóneas para el reforzamiento estructural de las edificaciones públicas afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí, cantón Portoviejo*. Consultoría.
- Cevallos, A., Burbano, A., Moreano, R., & Caiza, P. (2018). Vulnerabilidad de estructuras en base a los periodos de vibración. *Congreso de Ciencia y Tecnología*, 13(1). Obtido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/777/596>
- Guendelman, T., Guendelman, M., & Lindenberg, J. (1997). Perfil bio-sísmico de edificios. *Proc. Séptimas jornadas chilenas de sismología e ingeniería antisísmica*. Obtido de <https://www.iec.cl/wp-content/uploads/2013/07/Perfil-BioSismico-de-Edificio-1997.pdf>
- Manzano, J. (2016). *Memoria técnica de la rehabilitación estructural del edificio del banco del pacífico ubicado en la ciudad de Portoviejo, calles 10 de agosto y chile*. Consultoría.
- Menconstruc. (2016). *Estudio para evaluaciones especializadas de edificios públicos y lugares de asistencia masiva de público afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016, para la ciudad de Manta, provincia de Manabí*. Consultoría.
- Mora, E., Terán, A., Mora, J., & Ruiz, S. (2009). Consideración explícita del daño acumulado en el diseño sísmico de estructuras a través de factores de reducción de resistencia por ductilidad. *Revista de Ingeniería Sísmica*(80), 31-62. Obtido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61812113003>
- Planprocons. (2016). *Análisis, estudio y determinación de las soluciones más idóneas para el reforzamiento estructural de las edificaciones públicas afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016 en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, grupo N. 1*. Consultoría.
- Rodriguez, M. (2015). Evaluación de una propuesta de índice de daño para un conjunto de sismos. *Ingeniería sísmica y dinámica estructural*, 44(8), 1255-1270. doi:10.1002/eqe.2512
- Sanchez, T. (2016). *Análisis, estudio y planteamiento de soluciones estructurales de edificaciones afectadas por el terremoto del 16 de abril de 2016 en la*

*Provincia de Manabí, Cantón Sucre, identificadas como de alto riesgo.
Consultoria.*

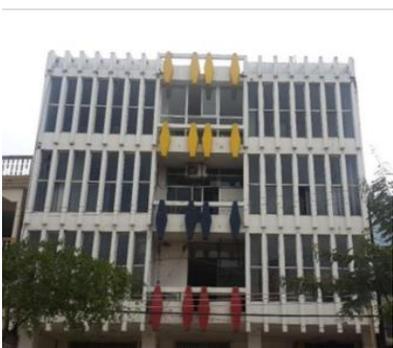
11. ANEXOS

Fichas 1 al 10, estudios realizados por PLANCONSTRUC en Portoviejo

Ficha técnica #1: Defensoría Pública	
<p>Ubicación: Avenida Universitaria, frente al estadio Reales Tamarindos</p>	
<p>Material: Hormigón Armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Oficinas públicas Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Entre 2010 y 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No aplica</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No aplica</p>
<p>Daños observados en 2016: Daños en mampostería, micro fisuras en una conexión losa-columna del segundo piso, daño en conexión losa-escalera.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Adición de perfiles de acero estructural en ciertos pórticos del edificio, con la intención de aumentar la rigidez y limitar las derivas.</p>
<p>Comentarios: Las derivas mostradas en ambas direcciones principales son del 2.5% para el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E, el periodo en el sentido transversal era de 0.79Seg con un índice de vulnerabilidad por rigidez H/T de 18.75 y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.67Seg con un índice de vulnerabilidad por rigidez H/T de 22.00, era muy flexible en el sentido transversal y flexible en el sentido longitudinal.</p>	
<p>Situación actual: El edificio fue reforzado y está en funcionamiento con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: No se ejecutó la propuesta de la consultora. Se reforzó con la adición de muros de corte en las 4 fachadas.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div>	
<p>Figura 1 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio</p>	

Ficha # 2, Dispensario del IESS	
Ubicación: Intersección de la Calle Colon y la Calle Olmedo.	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 4 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas (edificio principal) Uso: Consultorios y oficinas Número de usuarios: De 50 a 100 Construcción: Antes del 2000 (Año 1950) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se conoce reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Daño aparente en elementos no estructurales y estructurales, corrosión del acero de refuerzo, varilla lisa, hormigón de pésima calidad.	Propuesta de intervención 2016: La Consultora recomendó derrocar el edificio y no pasar a una etapa de reforzamiento.
Comentarios: Tiene irregularidades y deficiencias en los materiales, como varillas lisas (edificio muy antiguo). Se muestra un periodo en el sentido transversal de 0.32Seg con una relación H/T de 23.91 y derivas del 10% y en el sentido longitudinal un periodo de 0.26Seg con una relación H/T de 29.42 y derivas del 6%, para el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E. Las derivas excesivas podrían deberse a la ampliación de piso realizado con elementos cercha (Piso flexible).	
Situación actual: El edificio no fue reforzado y está en funcionamiento con un regular estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado, no se siguió la recomendación de la consultora, sigue siendo flexible.
	
(a)	(b)
Figura 2 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio	

Ficha # 3, La Previsora	
Ubicación: Sucre y Olmedo	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 11 Sistema estructural: columnas de hormigón armado con vigas embebidas Uso: Oficinas y museo Número de usuarios: Mas de 100 Construcción: Antes del 2000 (Año 1998) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se tiene reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Daños se concentran en elementos no estructurales. Se observaron fisuras en todas las vigas exteriores por falta de capacidad a cortante, estas vigas perimetrales no se conectaban a las columnas si no que formaba un dintel.	Propuesta de intervención 2016: Conectar las vigas perimetrales a las columnas de tal manera que logren desarrollar una conexión a corte y momento. Estas conexiones se plantearon en los pórticos externos.
Comentarios: Se muestra un periodo en el sentido transversal de 1.41 Seg con una relación H/T de 31.91 y derivas del 4.50% y en el sentido longitudinal un periodo de 1.33 Seg con una relación H/T de 33.83 y derivas del 3.30%, para el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: El edificio no fue reforzado y está en funcionamiento con un buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: Los daños fueron reparados, entendiéndose a elementos no estructurales, sigue siendo vulnerable.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div>	
Figura 3 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio	

Ficha # 4, MIES	
Ubicación: Avenida Manabí, entre la calle Quito y la calle Alajuela	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: columnas de hormigón armado con vigas embebidas Uso: Oficinas y bodegas Número de usuarios: Entre 50 a 100 Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Fue afectado en 1998, no se conoce severidad	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Daños en elementos no estructurales y ciertos elementos estructurales, daño y colapso en muchas áreas internas del edificio. Adicionalmente, la tapa gradas en la terraza colapsó por un fallo en la columna que lo soportaba.	Propuesta de intervención 2016: Adición de perfiles de acero estructural en todos los pórticos de hormigón armado del edificio.
Comentarios: Se muestra un periodo en el sentido transversal de 0.67 Seg con una relación H/T de 21.49 y derivas del 4.00% y en el sentido longitudinal un periodo de 0.40 Seg con una relación H/T de 36.00 y derivas del 4.00%, se consideró el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: Demolida	Intervención post sismo 2016: La edificación fue demolida, no se ejecutó la propuesta de reforzamiento.
Demolido	

En el caso del edificio del MIES, se presentaron serios daños en algunos elementos estructurales y daño extenso en elementos no estructurales, los daños descritos por la consultora demuestran la alta vulnerabilidad que poseía la estructura, empezando por el hecho de que no contaba con un sistema resistente a cargas laterales, baja calidad en los materiales, pésimo detalle de armado, varillas lisas, corrosión, entre otros. A continuación, en la figura 4 y figura 5 se muestra parte de los daños producto del sismo del 2016.



Figura 4 Daño en columnas, (a) Columna del baño (segundo piso) se observó la formación de una rótula plástica, los estribos estaban muy separados, (b) Columna interior en el tercer piso, el daño se dio por falta de continuidad en el hormigón.

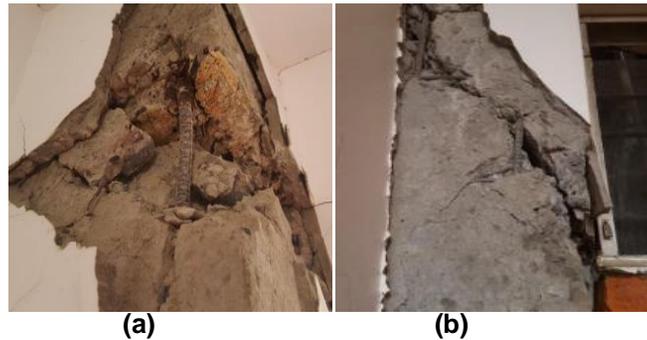


Figura 5 Daño en columnas, (a) En la misma columna 8b se observa pandeo del refuerzo vertical debido a un excesivo espaciado de estribos, (b) se observa una falla por cortante en la columna que soporta la grada debido a una excesiva separación de los estribos, no formaba parte del sistema resistente.

Al tratarse de una estructura construida hace al menos 30 años, ya había soportado el sismo de 1998, donde es probable que haya sufrido alguna afectación, por lo cual seguramente la entidad propietaria del bien decidió demolerlo en el año 2017, ya que al parecer resultaba más ventajoso para ellos construir uno nuevo, en ese entonces uno de los autores de este artículo en diálogo con el encargado de custodiar el edificio conoció que el mismo estaba asegurado y existía la posibilidad de tener un edificio nuevo, lo dicho no es oficial pero es muy probable que así haya sido.

La orden de demolición la emitió el COE cantonal de Portoviejo, previo un informe técnico del GAD cantonal.

Ficha # 5, Ministerio de educación zona 4	
Ubicación: Intersección de la calle Chile y Bolívar	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 6 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Oficinas y bodegas Número de usuarios: Sin uso Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se tiene reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Daños se concentran en elementos no estructurales, principalmente daños extendidos en mampostería.	Propuesta de intervención 2016: Corregir la doble altura del pórtico de la fachada mitigando mediante un encamisado de las columnas y mediante la colocación de vigas metálicas a mitad de su altura.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal es de 0.91Seg con una relación H/T de 19.12 y derivas del 2.30% y en el sentido longitudinal el periodo es de 0.47Seg con una relación H/T de 37.02 y derivas del 1.3%, en el sentido transversal es muy flexible y flexible en el sentido longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: El edificio no se encuentra en uso y mal estado de conservación	Intervención post sismo 2016: Al momento no se ha realizado intervención alguna
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 6 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio</p>	

Ficha # 6, Palacio de Justicia (bloque 4 y 5)	
Ubicación: Calle Chile y calle Córdova	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Oficinas y bodegas Número de usuarios: Sin uso Construcción: Entre 2000 a 2010 (2005) Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: Los daños se concentran en elementos no estructurales, no se detectaron daños en elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Se propuso disminuir la masa, cambiando la mampostería por sistemas livianos, para los bloques 4 y 5 la alternativa elegida contempló el ensanchamiento de columnas ya existentes.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.74Seg con una relación H/T de 37.4 y derivas del 2.30% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.63Seg con una relación H/T de 43.62 y derivas del 1.0%, los datos son del bloque 4, para el bloque 5 los resultados son similares, los bloques eran flexibles. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: El edificio fue reforzado y no está en funcionamiento	Intervención post sismo 2016: En proceso de reforzamiento, se conoce que los trabajos fueron paralizados por problemas técnicos y administrativos.
	
Figura 7 Estado actual, vista exterior del edificio	

Ficha # 7, SENAGUA	
Ubicación: Calle Olimpia y Bolivariana	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Oficinas y bodegas Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Fue afectado en 1998, no se conoce severidad.	Intervención post sismo 1998: No se evidencia reforzamientos.
Daños observados en 2016: Existieron daños estructurales, también en elementos no estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Adición de perfiles de acero estructural en los pórticos periféricos del edificio y el reforzamiento de columnas centrales.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.79Seg con una relación H/T de 15.78 y derivas del 7.00% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.51Seg con una relación H/T de 24.45 y derivas del 5.0%, la estructura era muy flexible en el sentido transversal y flexible en el sentido longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: Demolido	Intervención post sismo 2016: A pesar de la propuesta para reforzarlo, este edificio fue demolido.
Demolido	

En el caso del edificio de la SENAGUA, tenía 25 años de construcción aproximadamente al momento del terremoto de 2016, por lo que ya había soportado el sismo de Bahía de 1998, según reporto la consultora se presentó serios daños en la mampostería y algunos elementos estructurales, el sistema resistente compuesto por columnas y vigas embebidas no era el más adecuado para edificios ubicados en zonas sísmicas, sumado además la baja calidad de los materiales, deficiencias en armados, entre otros, a continuación en las figuras 8 y 9 se muestran algunos de los daños.



Figura 8 Daño en elementos no estructurales, (a) Daño en en fachadas, (b) Daño excesivo en mampostería interna.

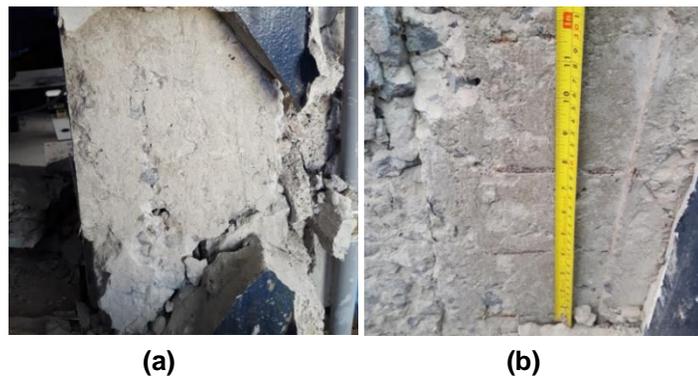


Figura 9 Daño en columnas, (a) Fallas en pie o cabeza de la columna, mal confinamiento de la columna, (b) Columnas con poco recubrimiento y una mala dosificación de la mezcla de hormigón.

La orden de demolición la emitió el COE cantonal de Portoviejo, previo un informe técnico del GAD cantonal, independientemente si se podía reforzar con la propuesta de la consultora (El índice de vulnerabilidad por rigidez era inferior a 20, tabla 2), o con otra propuesta, el COE cantonal habría determinado que la estructura era insegura y un peligro para la ciudad por la posibilidad de que se produjera el colapso total o parcial por otro movimiento, es conocido que en esos días la ciudadanía presionaba a las autoridades por el temor de que sus propiedades fueran afectadas por un posible colapso de las edificaciones vecinas dañadas, lo dicho quedó registrado en publicaciones de la prensa en esos días.

Ficha # 8, SRI	
Ubicación: Avenida Universitaria y la calle César Chávez	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 4 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Oficinas y bodegas. Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 (1994) Sismos durante vida útil: Bahía 1998(7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se tiene reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Los daños se concentran en elementos no estructurales, no se detectaron daños en elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Adición de perfiles de acero estructural en todos los pórticos de hormigón armado del edificio.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.88Seg con una relación H/T de 17.39 y derivas del 5.50% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.62Seg con una relación H/T de 24.68 y derivas del 5.0%, la estructura era muy flexible en el sentido transversal y flexible en el sentido longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: Demolido	Intervención post sismo 2016: A pesar de la propuesta para reforzarlo, este edificio fue demolido.
Demolido	

En el caso del edificio del SRI, se trataba de un edificio que ya había soportado el sismo de 1998, y según reporta la consultora no se evidenciaba ningún reforzamiento, el sistema resistente no era adecuado (Pórticos con vigas embebidas), sin embargo, los daños fueron en elementos no estructurales, se indica que no hubo daños en columnas o elementos estructurales, en las figuras 10 y 11 se muestra como quedó el edificio luego del sismo.



Figura 10 Mampostería colapsada en fachada.



(a)

(b)

Figura 11 (a) Danos internos en panelería, cielo falso, ductos de aire acondicionado, vidrios, (b) Desprendimiento de enlucido en columna.

La estructura pudo ser reforzada, pero fue demolida, seguramente se prefería construir una nueva, en aquel entonces se publicó en la prensa que la aseguradora Sucre contrato una empresa que evaluó y dio la recomendación de derrocar, por lo que la decisión que tomaron las autoridades en ese entonces se basó en ese informe.

Ficha # 9, SUPERCOMP	
Ubicación: Calles 10 de agosto y Chile (Esquina)	
Material: Hormigón Armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Sistema deck metálico y losas soportadas por vigas tipo celosía y columnas metálicas. Uso: Oficinas y bodegas Número de usuarios: más de 100 Construcción: Entre 2000 a 2010 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	
Daños observados en 2016: Los daños se concentraron en elementos no estructurales, daños solo en ciertos elementos estructurales. (volado flejado, algunas columnas con pandeo local).	Propuesta de intervención 2016: Reforzamiento de la estructura de acero con adición de elementos de reforzamiento en las vigas tipo celosía y el encamisado con hormigón armado de ciertas columnas de la estructura.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.92Seg con una relación H/T de 19.57 y derivas del 1.80% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.66Seg con una relación H/T de 27.27 y derivas del 2.70%, la estructura era muy flexible en el sentido transversal y flexible en el sentido longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: El edificio está en funcionamiento con un buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con una propuesta diferente a lo propuesto por la consultoría.
	
Figura 12 Estado actual, Vista exterior del edificio	

En el caso del edificio de la SUPERCOMP, el sistema estructural está compuesto por vigas de celosía, en la figura 13 se muestra como quedó parte de la estructura luego del terremoto del 2016, donde también se visualiza las vigas en celosía que conforma el sistema estructural, esta tipología es poco dúctil, y debe ser diseñada con un factor R bajo, la NEC recomienda 3 como máximo.



Figura 13 Vigas en celosía, (a) La columna de apoyo no era continua, esta se perdía en el cordón inferior de la armadura y continuaba desde el cordón superior de la armadura. (b) Las vigas secundarias se apoyan sobre los elementos verticales de la cercha con una conexión artesanal de soldadura.

La estructura fue reforzada, la propuesta intervención ejecutada consistió en rellenar con hormigón las columnas interiores para aumentar rigidez respecto a las vigas, colocar columnas en los extremos de todas las vigas voladas y el reforzamiento de las vigas en celosía con placas bilaterales. J. E. Manzano, (2016).

En la figura 14 se muestra un esquema de cómo se reforzó parte de la estructura.

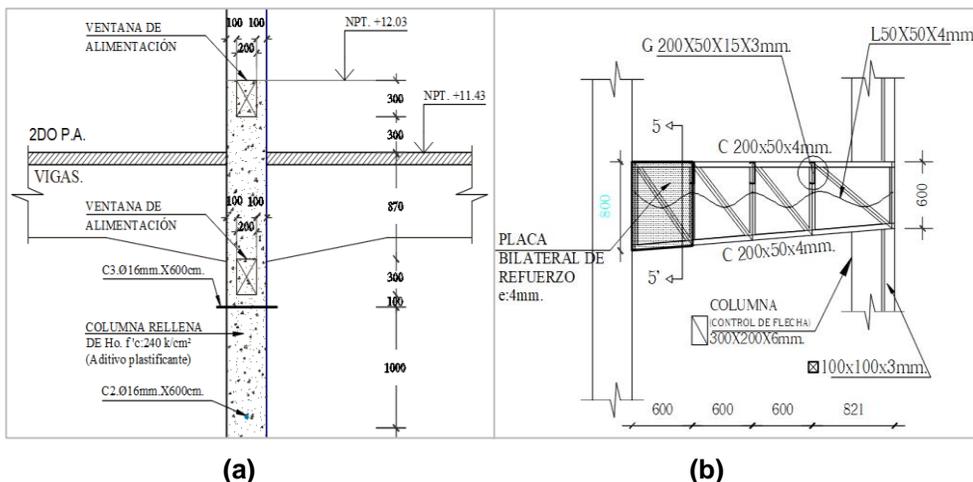


Figura 14 Propuesta ejecutada, (a) Relleno de columna con hormigón de 240kgf/cm². (b) Reforzamiento viga en celosía con placa bilateral y aumento de columna en volado.

Ficha # 10, UVC	
Ubicación: vía Portoviejo- Crucita km 2 ½	
Material: Acero Número de pisos: 2 Sistema estructural: Sistema de deck metálico y losas soportadas por vigas y columnas metálicas. Uso: Oficinas Número de usuarios: 50 a 100 Construcción: entre 2010 a 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica.	Intervención post sismo 1998: No aplica.
Daños observados en 2016: Los daños se concentraron en elementos no estructurales, no se detectaron daños en elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Se propuso el reforzamiento de la estructura de acero del UVC con adición de arriostramientos para formar Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente (PEAC) de acero estructural.
Comentarios: Edificio irregular, tiene forma de L. El periodo en el sentido transversal era de 0.92Seg con una relación H/T de 19.57 y derivas del 1.80% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.66Seg con una relación H/T de 27.27 y derivas del 2.70%, la estructura era muy flexible en el sentido transversal y flexible en el sentido longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo E.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con diagonales, no corresponde a la propuesta de la consultora.
	
a)	(b)
Figura 15 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio	

Ficha # 12, Los Tamarindos	
Ubicación: Avenida Bolivariana, calle primero de junio	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Residencial Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1986) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se tiene reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce ni evidencia ninguna rehabilitación estructural anterior
Daños observados en 2016: Desprendimiento del hormigón de recubrimiento del acero de refuerzo en los extremos de las columnas de primer piso. En pocos casos, hubo daño por efecto de columna corta, en los elementos no estructurales corresponden a agrietamiento de paredes.	Propuesta de intervención 2016: Adición de pórticos metálicos con diagonales excéntricas.
Comentarios: En el estudio se muestran un rango de periodos obtenidos experimentalmente de 0.51-0.76 Seg, con una relación H/T de 25.69 y 17.24 para el límite inferior y superior respectivamente, la estructura es flexible.	
Situación actual: Los edificios no fueron reforzados y están en funcionamiento con un mal estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: No se ha realizado ninguna intervención para disminuir la vulnerabilidad.
	
Figura 17 Estado actual, Bloques habitados	

Fichas 13 al 22, estudios realizados por MENCONSTRUC en Manta

Ficha # 13, Banco Central de Manta	
<p>Ubicación: Avenida Malecón y calle 6-A</p> <p>Material: Hormigón armado</p> <p>Número de pisos: 10</p> <p>Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas</p> <p>Uso: Oficinas</p> <p>Número de usuarios: Mas de 100</p> <p>Construcción: Antes del 2000</p> <p>Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No se conocer reporte de daños</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No se conoce intervención</p>
<p>Daños observados en 2016: Daños extensivos en la mampostería de todas las plantas en la zona de la escalera, y en la mampostería que se encontraba en la estructura.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Alternativa 1, consiste en la construcción de muros de corte. Alternativa 2, instalación de 80 disipadores de energía del tipo Shear Link Bozzo SLB50_5</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.686Seg con una relación H/T de 23.47 y derivas del 1.67% y en el sentido longitudinal el periodo era de 1.608Seg con una relación H/T de 24.56 y derivas del 1.97%, la estructura era flexible en el sentido transversal y en el sentido longitudinal, para el espectro del sismo del 2016.</p>	
<p>Situación actual: El edificio está en uso, con un buen estado de conservación</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con la adición de muros de corte, según recomendó la consultora.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 18 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 14, Corporación Aduanera del Ecuador, CAE	
<p>Ubicación: Diagonal al Museo Cultural de Manta, en la playa Murciélago</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 3 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Oficinas Número de usuarios: De 50 a 100 Construcción: Entre el 2010 al 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No aplica</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No aplica</p>
<p>Daños observados en 2016: Daño entre leve y moderado en la mampostería y no hubo daño en los elementos estructurales</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Colocar contravientos en forma de V invertida con disipadores TADAS, la alternativa 1 contempla colocarlos en el primer piso, la alternativa 2 en dos pisos.</p>
<p>Comentarios: El edificio tiene una configuración muy regular, el periodo obtenido con la matriz de masa y rigidez de la estructura es de 0.74Seg, con una relación H/T de 17.81, aunque según el índice de rigidez el edificio es muy flexible, la deriva mostrada para los espectros del sismo del 2016 obtenidos en Manta fue de 0.87%, relativamente menor, pero suficiente para generar daño en la mampostería.</p>	
<p>Situación actual: El edificio está en uso, con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado, no se ejecutó ninguna de las propuestas de reforzamiento.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 19 Estado actual, (a) Vista frontal exterior; (b) Vista posterior exterior</p>	

Ficha # 15, Corporación Nacional de Electrificación	
Ubicación: Calle 102 y Av. 105	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 6 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Oficinas Número de usuarios: Sin uso Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: La estructura fue muy dañada durante el terremoto y numerosas réplicas que se han venido dado, especialmente las dos de magnitud 6.8 registradas el 18 de mayo, agrandaron el daño.	Propuesta de intervención 2016: Se recomendó la demolición total de la edificación.
Comentarios: La edificación en su totalidad sufrió daños estructurales representativos, como desplazamientos excesivos, por lo que las derivas de piso fueron considerables causando daño extenso, no presentaba las condiciones para ser reforzada ya que la edificación esta fallada estructuralmente, especialmente el muro del ascensor y el daño excesivo en los elementos no estructurales	
Situación actual: El edificio fue demolido	Intervención post sismo 2016: El edificio fue demolido, de acuerdo a lo recomendado por la consultora
Demolido	

Ficha # 16, Corporación Nacional de Telecomunicaciones	
Ubicación: Calle 11 entre Malecón y Avenida Primera	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 3 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Atención ciudadana, Oficinas Número de usuarios: Mas de 100 Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se conocer reporte de daños	Intervención post sismo 1998: No se conoce intervención
Daños observados en 2016: Daños leves en la mampostería y en cielo raso	Propuesta de intervención 2016: Alternativa 1, utilizar cuatro muros en forma de L y cuatro muros en forma de T. Alternativa 2, colocación de 16 diagonales.
Comentarios: Se muestra un periodo en el sentido transversal de 0.89 Seg con una relación H/T de 11.97 y derivas del 1.54% y en el sentido longitudinal un periodo de 0.82 Seg con una relación H/T de 12.99 y derivas del 1.55%, para el espectro del sismo de 2016, la estructura es muy flexible.	
Situación actual: El edificio está en uso, con un buen estado de conservación	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado, no se ejecutó ninguna de las propuestas de reforzamiento.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 20 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista exterior piso inferior</p>	

Ficha # 17, Hospital Rodríguez Zambrano	
<p>Ubicación: Barrio Santa Martha, calle 12 y avenida 38 vía a san Mateo</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Hospital Número de usuarios: Mas de 100 Construcción: Antes del 2000 (1984) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No se conocer reporte de daños</p>	
<p>Daños observados en 2016: No presento daño en los elementos estructurales, solo tiene daño moderado en las paredes, que es inadmisibles para un hospital.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Conferir amortiguamiento a la estructura mediante la colocación de disipadores TADAS.</p>
<p>Comentarios: Son 8 bloques, el bloque 2 y 3 son los más grandes, con 7 pisos. Para el bloque 3 (principal) se muestra un periodo en el sentido transversal de 1.80 Seg con una relación H/T de 14, en el sentido longitudinal se repite lo mismo, las derivas son del 1.49% y 4.60%, en el sentido transversal y longitudinal, sobre la terraza del sexto piso se construyeron estructuras de acero de lámina delgada, sumamente flexibles, para la estructura analizada sin la ampliación la deriva bordea el 0.60%. La respuesta mostrada fue hallada con el espectro del sismo de 2016 para Manta.</p>	
<p>Situación actual: El edificio está en uso, con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El hospital fue reforzado, con las propuestas de la consultora.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 21 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 18, Museo Centro Cultural	
<p>Ubicación: Barrio Córdoba, en la Av. Malecón</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Museo Número de usuarios: Mas de 100 Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No se conocer reporte de daños</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No se conoce intervención</p>
<p>Daños observados en 2016: Presentó ligeras fisuras en las vigas del subsuelo y daño entre moderado y extensivo en la mampostería de la planta baja y primer piso alto. Las fisuras de las vigas no son debidas al terremoto del 16 de abril de 2016</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Conferir amortiguamiento a la estructura mediante la colocación de disipadores TADAS.</p>
<p>Comentarios: Se muestra un periodo de la estructura de 0.54 Seg con una relación H/T de 51, siendo bastante rígido, las derivas bordean el 0.65%, para el espectro del sismo de 2016, lo que explica el daño en elementos no estructurales, tratándose de un museo la consultora recomendó el reforzamiento con disipadores TADAS, a mas de las reparaciones de ciertas fisuras en vigas.</p>	
<p>Situación actual: El edificio está en funcionamiento, con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado, no se reforzó.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 22 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 19, Policía Judicial	
<p>Ubicación: Ciudadela Urbirios, frente al registro civil</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 2 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Oficinas Número de usuarios: Sin uso Construcción: Entre 2000 al 2010 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No aplica</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No aplica</p>
<p>Daños observados en 2016: Daños en los elementos estructurales resistentes como: columnas, escalera; la explicación de los daños se atribuye a fallas de corte, flexión; las fisuras se evidencian claramente de forma visual.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: La consultora recomendó demoler la edificación.</p>
<p>Comentarios: Se muestra que el periodo en el sentido transversal era de 0.622 Seg con una relación H/T de 11.25 y derivas del 1.79% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.574 Seg con una relación H/T de 12.20 y derivas del 2.04%, para el espectro del sismo de 2016, la estructura es flexible en el sentido transversal y en el sentido longitudinal.</p>	
<p>Situación actual: El edificio no está en uso, está abandonado</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio no fue demolido hasta la actualidad, como recomendó la consultora.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 23 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 20, Unidad de Policía Comunitaria-UPC	
<p>Ubicación: Vía a Rocafuerte frente a la gasolinera de Petro Ecuador “El Palmar”</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 2 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Dormitorios y oficinas Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Entre 2010 al 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No aplica</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No aplica</p>
<p>Daños observados en 2016: No se observó daños significativos en la estructura solo daños leves en la mampostería.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Alternativa 1, reforzamiento con once diagonales de acero. La alternativa 2 usar muros de corte en forma de L que comienzan desde la cimentación hasta el último nivel.</p>
<p>Comentarios: Se muestra que el periodo en el sentido transversal era de 0.54 Seg con una relación H/T de 14.81 y derivas del 2.79% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.56 Seg con una relación H/T de 14.29 y derivas del 2.52%, para el espectro de la NEC-15, la estructura es muy flexible en el sentido transversal y en el sentido longitudinal.</p>	
<p>Situación actual: El edificio está en funcionamiento, con buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio no fue reforzado como recomendó la consultora.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 24 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 21, Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC, Bloque de vivienda	
Ubicación: Avenida 4 de noviembre y calle 109	
Material: Acero Número de pisos: 4 Sistema estructural: Pórticos de acero Uso: Residencia Número de usuarios: De 50 a 100 Construcción: Entre 2010 al 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: Daño extensivo en la mampostería de la planta baja.	Propuesta de intervención 2016: La opción 1 era aumentar la redundancia de la estructura en planta baja incrementando columnas y vigas en volados, la segunda opción fue colocar disipadores TADAS en los pórticos transversales extremos.
Comentarios: Se muestra un periodo fundamental de la estructura de 0.8 Seg, lo que da una relación H/T de 18.91, la deriva máxima presentada para el espectro del sismo de 2016 en Manta es de 2.79, el edificio era muy flexible.	
Situación actual: El edificio está en funcionamiento, con buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue intervenido, ya que se observan diagonales de acero en pórticos longitudinales, sin embargo, no corresponde a lo recomendado por la consultora.
	
Figura 25 Estado actual, (a) Vista exterior posterior; (b) Vista interior, se observa diagonal en pórtico longitudinal	

Ficha # 22, Unidad de Vigilancia Comunitaria-UVC, Bloque administrativo	
Ubicación: Avenida 4 de noviembre y calle 109	
Material: Acero Número de pisos: 2 Sistema estructural: Pórticos de acero Uso: Residencia Número de usuarios: De 50 a 100 Construcción: Entre 2010 al 2016 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: No tuvo daño durante el terremoto del 16 A	Propuesta de intervención 2016: La opción 1 fue instalar 13 disipadores de energía tipo Shear Link Bozzo SLB30_4, la opción 2 fue utilizar dieciséis diagonales tipo San Andrés distribuido en toda la edificación.
Comentarios: Se muestra que el periodo en el sentido transversal era de 0.592 Seg con una relación H/T de 11.44 y derivas del 1.06% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.425 Seg con una relación H/T de 15.93 y derivas del 2.03%, para el espectro del sismo de 2016, la estructura era muy flexible en el sentido transversal y en el sentido longitudinal.	
Situación actual: El edificio está en funcionamiento, con buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue intervenido, ya que se observan diagonales en algunos sectores, sin embargo, no corresponde a lo recomendado por la consultora.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 26 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior, se observan diagonales llegando a una columna, no se ve la cruz de San Andrés</p>	

Fichas 23 al 45, de estudios realizados por Telmo Andrés Sánchez PhD en Bahía de Caráquez

Ficha # 23, Caráquez		
Ubicación: Sector Bahía Alta		
Material: Hormigón armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas vista y muros de corte Uso: Departamentos Número de usuarios: ninguno Construcción: Antes del 2000 (1992). Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)		
Daños en sismo 1998: No sufrió mayores daños		Intervención post sismo 1998: Reparaciones menores, no se reforzó
Daños observados en 2016: La estructura no sufrió mayores daños en sus dos primeros pisos, sin embargo, los dos últimos niveles se vieron gravemente afectados por un deslizamiento de la piscina y terreno natural.		Propuesta de intervención 2016: Realizar un estudio de masas (Talud), dependiendo del resultado del estudio recomienda: Demolición de los dos pisos altos de la edificación; Añadir elementos, en este caso, muros de corte estructurales.
Comentarios: Edificio irregular, tiene una configuración aterrazada. El periodo en el sentido transversal era de 0.33Seg con una relación H/T de 15.76 y derivas del 2.5% y en el sentido longitudinal el periodo era de 0.31Seg con una relación H/T de 16.77 y derivas del 0.75%, la estructura era muy flexible. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.		
Situación actual: El edificio se encuentra abandonado	Intervención post sismo 2016: Ninguna	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 27 Estado actual, (a) Vista exterior del edificio; (b) Vista interior del edificio</p>		

Ficha # 24, Las Brisas	
<p>Ubicación: Calle Checa y Av. Unidad Nacional.</p> <p>Material: Hormigón armado</p> <p>Número de pisos: 10</p> <p>Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas</p> <p>Uso: Departamentos</p> <p>Número de usuarios: Sin uso</p> <p>Construcción: Antes del 2000 (1994)</p> <p>Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1) Pedernales 2016 (M=7.8).</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No sufrió mayores daños.</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Reparaciones menores, no se reforzó.</p>
<p>Daños observados en 2016: Los daños se concentran en su mayoría en elementos no estructurales, se detectó fuerte corrosión en ciertas vigas debido a una falta de recubrimiento del acero de refuerzo. No se detectó daños a elementos estructurales.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Disminuir el peso del edificio, agregar muros de corte en zonas estratégicas y peraltar las vigas bandas existentes.</p>
<p>Comentarios: Edificio irregular, el periodo en el sentido transversal era de 0.52Seg con una relación H/T de 67.31 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.64Seg con una relación H/T de 54.69, la estructura según el índice de vulnerabilidad era rígida, al ser muy irregular en el análisis de derivas en cada dirección ortogonal se tienen desplazamientos en ambos sentidos producto de esa irregularidad, la deriva máxima es de 3.80. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra abandonado</p>	<p>Intervención post sismo 2016: Ninguna</p>
	
<p>Figura 28 Estado actual, vista exterior</p>	

Ficha # 25, Dos Hemisferio	
Ubicación: Av. Salinas y Unión Nacional.	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 9 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Departamentos Número de usuarios: 50 a 100 Construcción: Antes del 2000 (1994) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No sufrió mayores daños.	
Daños observados en 2016: Los daños se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales, además del asentamiento del contrapiso.	Propuesta de intervención 2016: Se considera el uso de dispositivos de disipación metálicos como son los comúnmente conocidos como TADAS.
Comentarios: Edificio irregular, el periodo en el sentido transversal era de 0.72Seg con una relación H/T de 37.50 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.92Seg con una relación H/T de 29.35, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima es de 3.80. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta
	
Figura 29 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 26, Punta Norte	
<p>Ubicación: Av. Virgilio Ratti y calle Ciudad de Bahía.</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 9 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros Uso: Departamentos Número de usuarios: menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1989) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8).</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No sufrió mayores daños.</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Se desconoce.</p>
<p>Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales, además del asentamiento del contrapiso.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Inclusión de muros estructurales y diagonales. Reemplazar en su totalidad el sistema de mampostería para aligerar el peso de la estructura y reducir la demanda sísmica.</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.09Seg con una relación H/T de 27.52 en el sentido longitudinal el periodo era de 1.04Seg con una relación H/T de 28.85, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del 4.27 y 2.10 % en el sentido transversal y longitudinal respectivamente. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta</p>
	
<p>Figura 30 Estado actual, vista exterior</p>	

Ficha # 27, Torre Mariana	
<p>Ubicación: Avenida Salinas y calle Riofrío</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 6 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Departamentos. Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1996) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8).</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No sufrió mayores daños.</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Solo se arreglaron paredes afectadas.</p>
<p>Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Añadir una serie de muros estructurales y riostras, encamisar las columnas, e reducir la demanda sísmica a través de la reducción el peso del edificio.</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.45Seg con una relación H/T de 46.67 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.41Seg con una relación H/T de 51.22, la estructura según el índice de vulnerabilidad era rígida, la deriva máxima fue del 1.59 y 2.99 % en el sentido transversal y longitudinal respectivamente. Era muy irregular por su forma de L. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio no fue reforzado, solo se reparo</p>
	
(a)	(b)
<p>Figura 31 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 28, Salango	
Ubicación: Intersección de las calles Virgilio Ratti y la calle Daniel Hidalgo	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 6 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas sentido largo, muros de corte en la dirección corta. Uso: Departamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 (1994) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Daños a elementos no estructurales	Intervención post sismo 1998: Encamisado de columnas y muros adicionales.
Daños observados en 2016: Daños a la mampostería y corrosión en varios elementos estructurales, punzonamiento de las losas alrededor de las columnas en adición a una fisura longitudinal junto al nervio.	Propuesta de intervención 2016: Reemplazar todos los paneles de losas afectados, aumentar muros de corte en ambos sentidos, disminución del peso de la mampostería
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.14Seg con una relación H/T de 27.63 en el sentido longitudinal el periodo era de 1.00Seg con una relación H/T de 31.50, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del 3.00 y 2.00 % en el sentido transversal y longitudinal respectivamente. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: No existe	Intervención post sismo 2016: Fue demolido
Demolido	

Ficha # 29, Agua Marina	
Ubicación: Entre las calles Simón Bolívar y Sergio Plaza	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros de corte Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Después del 2000 Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8).	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Añadir muros de corte, encamisado de columnas, disminución del peso de la mampostería.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.95Seg con una relación H/T de 34.74 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.89Seg con una relación H/T de 37.08, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del 3.80 y 4.00 % en el sentido transversal y longitudinal respectivamente. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta
	
Figura 32 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 30, Torre Marina	
Ubicación: Entre las calles Simón Bolívar y Sergio Plaza	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 9 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1993) Sismos durante vida útil: Bahía (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Solo en elementos no estructurales	Intervención post sismo 1998: Ninguno (Solo se arreglaron paredes).
Daños observados en 2016: Daño extenso en mampostería y en algunos elementos estructurales, escalera con daño en pisos inferiores, corrosión en armaduras.	Propuesta de intervención 2016: Añadir una serie de muros de corte, incluir el uso de sistemas de disipación (TADAS), encamisado todas las columnas, disminución del peso de la mampostería.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.16Seg con una relación H/T de 25.86 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.79Seg con una relación H/T de 37.97, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del alrededor del 6.00 % en ambos sentidos. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C. El edificio tiene problema de redundancia existen solo dos ejes estructurales en el sentido corto y es muy esbelto, con una relación largo/ancho de 4.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta
	
Figura 33 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 31, Chávez	
<p>Ubicación: Calle Ascázubi y avenida Virgilio Ratti</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas. Uso: Departamentos. Número de usuarios: Sin uso Construcción: Antes del 2000 (1995). Sismos durante vida útil: Bahía (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8).</p>	
<p>Daños en sismo 1998: Balcón de uno de los departamentos.</p>	
<p>Daños observados en 2016: Daño por martilleo entre los dos bloques del edificio, las paredes de la fachada se desplomaron, daño en la escalera.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Encamisado de columnas, construcción de muros de corte de 30 cm de espesor.</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.60Seg con una relación H/T de 23.33 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.38Seg con una relación H/T de 36.84, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, se muestran derivas del 12.2 y 16.37% (Son muy elevadas puede haber error). Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C. El edificio estaba formado por dos bloques y se modelo como uno solo, argumento la consultora que el periodo medido en ambos bloques era similar, por lo que interactuaban entre sí, con el objetivo de hacer una verificación se modelo el bloque principal con la información del estudio, las derivas fueron de 1.6% y desplazamiento de 15cm, la junta era de 3cm, hubo golpeteos, mostro un comportamiento rotacional.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra abandonado</p>	<p>Intervención post sismo 2016: Ninguna</p>
	
<p>Figura 34 Estado actual, vista exterior</p>	

Ficha # 32, Spondylus	
<p>Ubicación: Sector nororiental de la ciudad de Bahía en la calle Virgilio Ratti</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 9 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Departamentos Número de usuarios: 50 a 100 Construcción: Antes del 2000 (1991) Sismos durante vida útil: Bahía 8M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: Daños menores</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Encamisado de secciones y aumento de muros de corte</p>
<p>Daños observados en 2016: Fuentes daños a la mampostería en toda la altura del edificio, fisuramientos en el bloque de alivianamiento de losas y fisuras sobre el eje de columnas de los balcones.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Disminución del peso de la mampostería. Adición de muros de corte y dispositivos de disipación de energía (TADAS)</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.12Seg con una relación H/T de 23.21 en el sentido longitudinal el periodo era de 1.02Seg con una relación H/T de 25.49, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del alrededor del 2.9%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con buen estado de conservación</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 35 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 33, Jalil	
Ubicación: Av. Virgilio Ratti, en el malecón de Bahía de Caráquez.	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Departamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 (1971) Sismos durante vida útil: Bahía 8M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Daños menores	Intervención post sismo 1998: Se reforzó las columnas
Daños observados en 2016: Los daños se concentran en elementos no estructurales y recubrimientos de columnas, daños estructurales en las gradas, era muy perceptible la inclinación del edificio.	Propuesta de intervención 2016: La consultora recomendó la demolición del edificio.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.87Seg con una relación H/T de 25.90 en el sentido longitudinal el periodo era de 0.77Seg con una relación H/T de 27.92, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, el estudio de desplome indica que existían derivas residuales del 1%.	
Situación actual: El edificio fue demolido.	Intervención post sismo 2016: El edificio fue demolido como se recomendó en el estudio.
Demolido	

Ficha # 34, Pirata	
Ubicación: Entre las calles Arenas y Salinas	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 7 Sistema estructural: Columnas de hormigón, muros de corte y vigas Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1989) Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Daños menores	Intervención post sismo 1998: Reparaciones menores
Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Añadir una serie de muros de corte y dispositivos de disipación (TADAS) en distintos puntos del edificio, encamisado algunas columnas, disminución del peso de la mampostería.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.38Seg con una relación H/T de 73.68, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.61Seg con una relación H/T de 45.90, la estructura según el índice de vulnerabilidad era rígida, la deriva máxima fue del 5.82. La estructura era muy irregular en planta por lo que su componente rotacional era importante. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado con otra propuesta
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div> <p>Figura 36 Estado actual, (a) Vista exterior; (b) Vista interior</p>	

Ficha # 35, Hotel Patricio	
Ubicación: Calle Y y Salinas	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 10 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Hotel Número de usuarios: Deshabitado Construcción: Después del 2000 (2014). Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No aplica	Intervención post sismo 1998: No aplica
Daños observados en 2016: Sufrió daños mínimos, se limitan a unos pocos elementos no-estructurales, pero en general, el performance de la estructura fue adecuado. Sin embargo, junto al Hotel Patricio's existía una segunda torre que colapsó.	Propuesta de intervención 2016: Añadir dispositivos de disipación de energía (TADAS), reducción de carga en las columnas del último piso, reducir la demanda sísmica a través de disminuir el peso del edificio.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.18Seg con una relación H/T de 26.69, en el sentido longitudinal el periodo era de 1.04Seg con una relación H/T de 30.29, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden del 4-5%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio se encuentra abandonado, sin mantenimiento	Intervención post sismo 2016: Ninguna
	
Figura 37 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 36, Fragata	
<p>Ubicación: Av. Virgilio Ratti, en el malecón de Bahía</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 10 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Apartamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Después del 2000 (2014) Sismos durante vida útil: Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No aplica</p>	<p>Intervención post sismo 1998: No aplica</p>
<p>Daños observados en 2016: Daños en elementos estructurales y no-estructurales generalizados, pérdida de verticalidad</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: La consultora recomendó la demolición del edificio.</p>
<p>Comentarios: En el estudio se muestra un rango de periodos obtenidos experimentalmente en un de 1.12-1.65 Seg, la relación H/T para el limite superior era de 20, por lo que el edificio era flexible.</p>	
<p>Situación actual: El edificio fue demolido</p>	<p>Intervención post sismo 2016: Demolido, por recomendación de la consultora</p>
<p>Demolido</p>	

El caso del edificio la Fragata construido 3 años antes del sismo del 2016 y que fue derrocado, se analizó de manera extensa por Aguiar (2017), como una muestra de que no se acepta daño por parte de los propietarios de edificios y muchas veces por parte de profesionales en la ingeniería civil que no necesariamente son estructurales, quienes al ver daño en mamposterías y en vigas, asumen que la estructura fallo, cuando probablemente la estructura tuvo el comportamiento dúctil deseado, es importante reconocer de manera visual cuando se ha formado una rotula plástica realmente.

En el diseño sismo resistente tradicional o como dicta las normativas, se busca que la estructura disipe la mayor cantidad de energía que le introduce el sismo de manera estable, para lo cual los elementos dúctiles así diseñados ingresaran al rango no lineal y esto representa daño (Vigas en sistema de pórticos), esto es considerado en los diseños por el factor de reducción de demanda sísmica R , el cual incluye la ductilidad del sistema a más de la sobre resistencia y la redundancia, en la figura 38 se muestra el buen comportamiento que tuvo el edificio la Fragata luego del sismo de 2016, a pesar de que se incumplía con ciertos requisitos para el confinamiento (Estribos) de vigas y columnas. Aguiar (2017).

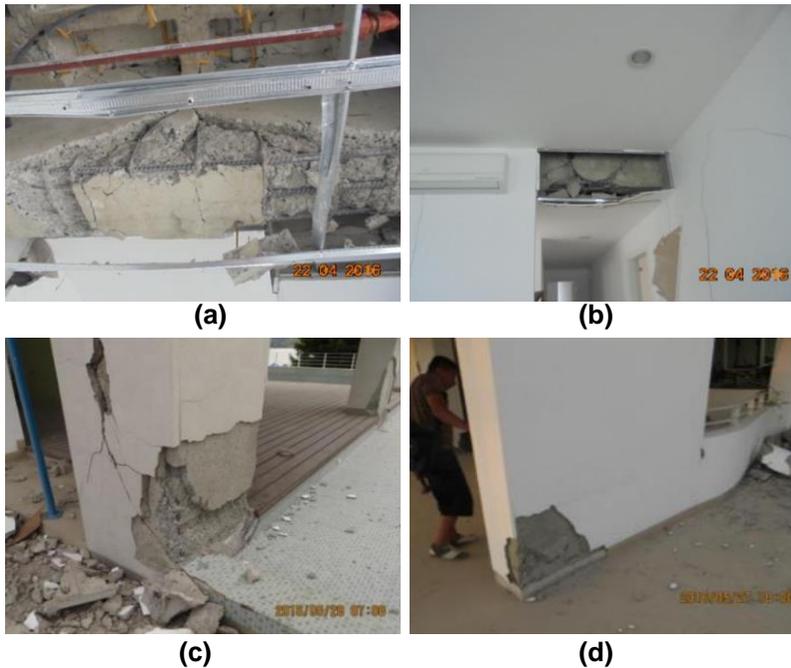


Figura 38, Daño en elementos estructurales: a) Daño en viga del segundo piso; b) Daño en viga del tercer piso; c) Daño en columna del segundo piso; d) Daño leve en nudo inicial de muro.

Para evitar daño en sistemas de vigas y columnas, el factor R debe ser 1, pero los elementos serían muy robustos y costosos, con otras desventajas arquitectónicas.

Al haber derrocado el Edificio Fragata, se demostró que la gente no entiende del diseño por ductilidad. Por lo tanto, se recomienda diseñar con sistemas de control pasivo, como aisladores o disipadores de energía, ahí sí que no habrá daño en la estructura. Aguiar (2017).

Ficha # 37, Vigía	
<p>Ubicación: Entre las calles Checa y Calderón, barrio Equitativa</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 10 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas y vigas embebidas Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1994) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: Mínimos en mampostería</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Ninguno</p>
<p>Daños observados en 2016: Fuentes daños a la mampostería y corrosión avanzada en varios elementos estructurales, sobre todo en vigas y columnas de los pórticos exteriores.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Aligerar el peso de la estructura, adición de columnas en volados, encamisados de columnas. Adicionar tres muros estructurales y arriostramientos diagonales para controlar las derivas. Reforzar con fibras de carbono elementos fisurados, entre otros.</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.86Seg con una relación H/T de 34.88, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.61Seg con una relación H/T de 49.18, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden del 2.20-1.80%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado</p>
	
<p>Figura 39 Estado actual, vista exterior</p>	

Ficha # 38, Centinela	
<p>Ubicación: Avenida Virgilio Ratti y calle Mejía</p>	
<p>Material: Hormigón armado Número de pisos: 8 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas. Uso: Departamentos Número de usuarios: 50 a 100 Construcción: Antes del 2000 (1991) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)</p>	
<p>Daños en sismo 1998: No se indica en el estudio</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Hubo una remodelación en 1999-2001</p>
<p>Daños observados en 2016: Los daños del edificio se concentraron en los elementos no estructurales y principalmente en paredes y vidrios. Efecto de columna corta en subsuelo, los daños fueron menores, viga fisurada, losa fisuradas.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Reducir el peso del edificio, adición de columnas en volados, añadir muro estructural en sentido x.</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.76Seg con una relación H/T de 30.26, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.52Seg con una relación H/T de 44.23, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden del 1.60-1.80%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D.</p>	
<p>Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue reforzado, no se siguió por completo la recomendación de la consultora</p>
	
<p>Figura 40 Estado actual, vista exterior</p>	

Ficha # 39, Zedeño	
Ubicación: Calles Bolivar y Cincennati Estrada.	
Material: Hormigón armado. Número de pisos: 6. Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas. Uso: Departamentos. Número de usuarios: Abandonado Construcción: Antes del 2000 (1994). Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8).	
Daños en sismo 1998: Arietamiento en paredes.	
Daños observados en 2016: Los daños de los elementos luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. Se formo una rotula plástica en una columna en planta baja	Propuesta de intervención 2016: Reducción del peso del edificio, añadir muros estructurales, encamisado de algunas columnas.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.81Seg con una relación H/T de 22.22, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.61Seg con una relación H/T de 29.51, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden del 8%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D.	
Situación actual: El edificio se encuentra abandonado, sin mantenimiento	Intervención post sismo 2016: Ninguna
	
Figura 41 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 40, Mykonos	
Ubicación: Sector nor-oriental de la ciudad, en la calle Ciudad de Bahía	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 10 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros de corte Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1993) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Daños a elementos no estructurales	Intervención post sismo 1998: No se reforzó el edificio
Daños observados en 2016: Fuentes daños a la mampostería y corrosión en varios elementos estructurales, sobretodo en columnas y vigas de la fachada lateral derecha. fisura longitudinal en losa.	Propuesta de intervención 2016: Añadir muros de corte, disminuir el peso del edificio, encamisado de algunas columnas.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.18Seg con una relación H/T de 27.12, en el sentido longitudinal el periodo era de 1.05Seg con una relación H/T de 30.48, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden 4.20% en el sentido transversal y 2.80% en el longitudinal. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación	Intervención post sismo 2016: Reparado
	
Figura 42 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 41, El Almirante	
<p>Ubicación: Intersección de las calles Virgilio Ratti y la calle Daniel Hidalgo.</p>	
<p>Material: Hormigón armado. Número de pisos: 9. Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros de corte. Uso: Departamentos. Número de usuarios: Demolido. Construcción: Antes del 2000 (1991). Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8).</p>	
<p>Daños en sismo 1998: Daños a elementos no estructurales.</p>	<p>Intervención post sismo 1998: Reforzamiento con epóxico en vigas y columnas.</p>
<p>Daños observados en 2016: Fuentes daños en vigas y losas. La mampostería presenta daños importantes durante los primeros 5 pisos.</p>	<p>Propuesta de intervención 2016: Inclusión de muros estructurales, aumento del amortiguamiento de la estructura con la inclusión de sistemas de disipación (TADAS)</p>
<p>Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.30Seg con una relación H/T de 21.54, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.93Seg con una relación H/T de 30.11, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva transversal máxima fue del orden 4.60% y la deriva longitudinal máxima del 2.20 %. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D.</p>	
<p>Situación actual: El edificio fue demolido.</p>	<p>Intervención post sismo 2016: El edificio fue demolido a pesar de lo recomendado por la consultora.</p>
	
<p>Figura 43 Momento en que el edificio era demolido por implosión.</p>	

Ficha # 42, Horizonte	
Ubicación: Calle Checa y Av. Unidad Nacional	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 9 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros de corte Uso: Departamentos Número de usuarios: Menos de 50 Construcción: Antes del 2000 (1994) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se reporta en el estudio	Intervención post sismo 1998: No se reporta en el estudio
Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Inclusión de muros de corte en ambas direcciones principales.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.74Seg con una relación H/T de 37.84, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.73Seg con una relación H/T de 38.36, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva transversal máxima fue del orden 2.20% y la deriva longitudinal máxima del 2.50 %. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio se encuentra en funcionamiento, con un buen estado de conservación	Intervención post sismo 2016: El edificio fue reparado
	
Figura 44 Estado actual, vista exterior	

Ficha # 43, El Delfín	
Ubicación: Calle Checa y Av. Unidad Nacional.	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 6 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas y muros de corte Uso: Departamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 (1985) Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: Daños a elementos no estructurales	
Daños observados en 2016: Los daños en el edificio luego del sismo se concentran en su mayoría en elementos no estructurales. No se detectó daños a elementos estructurales.	Propuesta de intervención 2016: Inclusión de muros de corte en ambas direcciones principales.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 1.01Seg con una relación H/T de 20.79, en el sentido longitudinal el periodo era de 0.91Seg con una relación H/T de 23.08, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva transversal máxima fue del orden 10% y la deriva longitudinal máxima del 7.50 %. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D.	
Situación actual: El edificio fue demolido	Intervención post sismo 2016: Demolido
Demolido	

Ficha # 44, Ganaderos (Cevallos)	
Ubicación: Calle Mateus y Av. Simón Bolívar	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas embebidas Uso: Departamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se menciona	Intervención post sismo 1998: No se menciona
Daños observados en 2016: Los daños del edificio a elementos estructurales fueron severos, se observaron rótulas plásticas en la cabeza de columnas.	Propuesta de intervención 2016: Encamisado de columnas en el primer piso, adición de muros de hormigón armado, adición de elementos estructurales para corregir irregularidades en planta.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 0.90Seg con una relación H/T de 15.56, en el sentido longitudinal se dio lo mismo, la estructura según el índice de vulnerabilidad era muy flexible, la deriva máxima fue del orden del 8%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo D. Este edificio presento daños severos al formase rotulas plasticas.	
Situación actual: El edificio fue demolido	Intervención post sismo 2016: Demolido
Demolido	

Ficha # 45, Borja	
Ubicación: Calles Muñoz Dávila y Cecilio Intriago	
Material: Hormigón armado Número de pisos: 5 Sistema estructural: Pórticos con vigas vistas Uso: Departamentos Número de usuarios: Demolido Construcción: Antes del 2000 Sismos durante vida útil: Bahía 1998 (M=7.1), Pedernales 2016 (M=7.8)	
Daños en sismo 1998: No se menciona	Intervención post sismo 1998: No se menciona
Daños observados en 2016: Daños de los elementos no estructurales. Formación de rótula plástica en columna de planta baja. Hubo martilleo con edificios vecinos.	Propuesta de intervención 2016: Encamisado de columnas en el primer piso, adición de muros de hormigón armado, adición de elementos estructurales para corregir irregularidades en planta.
Comentarios: El periodo en el sentido transversal era de 57Seg con una relación H/T de 28.07, en el sentido longitudinal el periodo era 0.45Seg con una relación H/T de 35.56, la estructura según el índice de vulnerabilidad era flexible, la deriva máxima fue del orden del 7%. Se considero el espectro de la NEC-15, en suelo tipo C.	
Situación actual: El edificio fue demolido	Intervención post sismo 2016: Demolido
Demolido	