

EL TERREMOTO DEL NORESTE DE VENEZUELA DE 2018, EL MÁS GRANDE DE LOS ÚLTIMOS TIEMPOS, SENTIDO EN COLOMBIA, TRINIDAD Y OTRAS ISLAS DEL CARIBE*

THE NORTHEASTERN VENEZUELA EARTHQUAKE OF 2018, THE LARGEST OF RECENT TIMES, FELT IN COLOMBIA, TRINIDAD AND OTHER CARIBBEAN ISLANDS

GUSTAVO CORONEL DELGADO
UCV, IMME, FI

ANTECEDENTES

En la tarde del martes 21 de agosto de 2018, ocurrió el sismo mayor magnitud que se haya registrado en los últimos cien años en Venezuela, cuyo epicentro fue localizado al noreste del país en el estado Sucre en las cercanías de las localidades de Yaguaraparo y Rio Caribe, con una magnitud de momento (Mw) que causó mucha incertidumbre inicialmente y que aún se discute entre 6,9 Mw reportada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis, 2018) y 7,3 Mw reportada por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 2018) así como por otros servicios sismológicos internacionales (GFZ, IRIS). Lo cierto es que la población pudo percibir la vibración del sismo en casi todo el territorio de Venezuela, en Trinidad y Tobago, Granada, Barbados, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, hasta en algunas zonas de Colombia, norte de Brasil, Guyana y Surinam. Hasta la fecha no se conoce de un reporte técnico oficial que compile las consecuencias en término de los daños, razón que motiva el desarrollo de este documento, basado en la información disponible y recopilada a través de distintas fuentes.

La región noreste de Venezuela (estado Sucre) es considerada la zona de mayor amenaza sísmica en el país. La norma vigente especifica una aceleración de diseño de 0,40g (COVENIN, 2001), aunque recientemente en la propuesta de actualización de esta norma (López et al., 2017) se especifican aceleraciones incluso mayores en un rango entre 0,30g y 0,60g dependiendo de la cercanía a la zona de falla (Hernández et al., 2017). Esta región ha sido afectada históricamente por importantes terremotos desde el 1° de septiembre de 1530 cuando fueron reportados por primera vez en la historia daños y pérdidas debidas a un sismo y maremoto, pasando por sismos importantes como los de 1541, 1684, 1766, 1797, 1853, 1929, 1957, 1964, hasta llegar al terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997 (Grases et al., 1999; Grases et al., 2004), siendo este el último sismo que dejó pérdidas de vidas humanas en esa región. Este sismo tuvo origen en la falla de El Pilar por la interacción transformante o transcurrente dextral entre la placa de Caribe y la placa de Suramérica, con una magnitud $M_w = 6,9$ a solo 10 kilómetros de profundidad (Audemard, 1999). La intensidad máxima fue de VIII (MMI), ocasionó el colapso de 4 edificaciones educativas en Cariaco y un edificio en Cumaná, dejando cerca de 2.000 viviendas afectadas, otras edificaciones dañadas, 74 muertos y 522 heridos (FUNVISIS, 1997; Alonso y Bermúdez, 1999; Bonilla et al., 2000). El colapso de las cuatro edificaciones educativas, dos de la escuela Valentín Valiente y dos del Liceo Raimundo Martínez Centeno, motivó varios estudios sobre la vulnerabilidad y el riesgo de nuestras escuelas (López et al., 2010; Coronel y López, 2013). Las escuelas se encontraban a menos de 1 kilómetro de distancia de la ruptura superficial y recientemente se ha estimado con

*Material publicado en agosto 2018 en el blog del autor: <http://gustavocoroneld.blogspot.com/2018/08/el-terremoto-mas-grande-de-los-ultimos.html>

Ingeniero Civil, Magister en Ing. Sismorresistente. Profesor-Investigador del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Asesor en Ingeniería Estructural y Sismorresistente.



EL TERREMOTO DEL NORESTE DE VENEZUELA DE 2018, EL MÁS GRANDE DE LOS ÚLTIMOS TIEMPOS, SENTIDO EN COLOMBIA, TRINIDAD Y OTRAS ISLAS DEL CARIBE

modernos modelos de atenuación que la aceleración horizontal en roca en las escuelas pudo ser del orden de 0,40g a 0,50g (Coronel y López, 2013). Aunado a la elevada vulnerabilidad que presentaban las estructuras debido a su antigüedad e irregularidades como la ausencia de vigas en una dirección y columnas cortas, estas fueron razones suficiente para originar el colapso de las mismas (figuras 1 y 2), produciendo la muerte de 22 niños y una maestra.

Por otro lado, a unos 75 kilómetros de distancia a la ruptura, en la Ciudad de Cumaná ocurrió el colapso del edificio Miramar (figuras 3 y 4), causando 34 fallecidos (Funvisis, 1997; Alonso y Bermúdez, 1999; Bonilla et al., 2000). En este caso el acelerómetro ubicado en la Universidad de Oriente en Cumaná, registró una aceleración horizontal en roca entre 0,05g y 0,10g (Bonilla et al., 2000), en promedio 0,07g similar al estimado por Coronel y López (2013), la cual es relativamente baja como para ocasionar el colapso de un edificio. Sin embargo se conoce de la existencia de posibles efectos de sitio en algunas zonas de Cumaná (Schmitz et al., 2006) que pudieran haber amplificado esta aceleración en el rango de periodos de este edificio de 8 niveles. Estudios posteriores reflejarían que independientemente existía una elevada vulnerabilidad de la edificación originada por deficiencias tanto en su diseño como en su construcción (IMME, 1998).

Luego del terremoto de Cariaco de 1997 ocurrieron sismos de pequeña y moderada magnitud e intensidad en la región noreste de Venezuela sin ocasionar consecuencias relevantes sobre las construcciones, lo que quizás hizo que regresara nuevamente la confianza en la población sobre la seguridad de sus construcciones y el olvido de lo antes vivido.

Figura 1. Escuela Valentín Valiente, Cariaco 1997.



Fuente: FEDE

Figura 2. Liceo Raimundo Martínez Centeno.



Fuente: López y Espinoza (2007).

Figura 3. Edificio Miramar en la ciudad de Cumaná antes del sismo de Cariaco de 1997.



Fuente: Bonilla et al., 2000

Figura 4. Edificio Miramar en la ciudad de Cumaná colapsado después del sismo de Cariaco de 1997 (irónicamente sede de Seguros la Seguridad)



Fuente: Bonilla et al., 2000.

El 21 de agosto de 2018 la naturaleza nos volvió a recordar que en las zonas de elevada amenaza sísmica donde se han registrado grandes sismos en el pasado, pueden volver a ocurrir en el presente y volverán en el futuro, teniendo siempre en cuenta que estos eventos aún siguen siendo impredecibles. Este terremoto ha dejado muchas interrogantes y dudas dada la poca información técnica publicada al respecto por lo que es objeto de este trabajo comenzar a llenar el vacío existente y ofrecer un aporte para la discusión en torno al tema (Coronel, 2018a). La iniciativa ha surgido luego del foro virtual sobre el terremoto, organizado por el Centro de Investigación en Gestión Integral del Riesgo (CIGIR) y la Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico del Estado Mérida (FUNDAPRIS), con la finalidad de difundir información, compartir opiniones y experiencias. El foro contó con exposiciones de profesores e investigadores en el área de sismología e ingeniería sísmica del Centro Sismológico de la Universidad de Oriente (CESUDO), del Laboratorio de Geofísica de la Universidad de los Andes (ULA) y del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV) (Coronel, 2018b). Algunas de las interrogantes que han surgido son:

- ¿Cuán lejos se pudo llegar a sentir el sismo?
- ¿Cuál fue la localización, profundidad y magnitud real del evento sísmico?
- ¿Hubo daños reales en algunas construcciones?
- ¿Se puede considerar segura una edificación porque resistió este sismo de gran magnitud?

Características del evento sísmico

El terremoto del noreste de Venezuela ocurrió la tarde del día martes 21 de agosto de 2018, a las 5:31 pm (HLV-hora legal de Venezuela: 21:31 UTC-Coordinated Universal Time). Sobre la localización de su epicentro, profundidad y magnitud se generó mucha incertidumbre dado que el primer reporte preliminar de FUNVISIS indicó una magnitud $M_w = 6,3$, la cual fue posteriormente corregida en el segundo reporte preliminar a $6,9 M_w$, magnitud que no se había reportado desde el sismo de Cariaco en 1997.

Del segundo reporte preliminar de FUNVISIS (2018) se obtiene en primer lugar que la ubicación del epicentro en superficie fue $10,54^\circ$ Norte y $62,79^\circ$ Oeste, a 5 km al este de Yaguaraparo, con una magnitud $M_w = 6,9$ a una profundidad de 31,6 km (ubicación del hipocentro). Por otro lado, del segundo reporte de USGS (2018) se observa que el epicentro fue localizado en las coordenadas $10,773^\circ$ Norte y $62,902^\circ$ Oeste a 24 km de Rio Caribe, un poco más al norte, con una magnitud $M_w = 7,3$ a 146,8 km de profundidad hipocentral (figura 5). Otros reportes de servicios

Figura 5. Localización del epicentro del sismo del 21 de agosto de 2018, isosistas o curvas de igual Intensidad de Mercalli Modificada (MMI).



Fuente: Adaptada de USGS (2018).



sismológicos en la región indicaron magnitudes desde 7,0 y hasta 7,7 Mw. Sin dudas los sismos son fenómenos naturales muy complejos y para la sismología no resulta sencillo determinar con precisión su ubicación, profundidad y magnitud, razones porque esto depende de muchas variables como la cantidad y la calidad de la información, y la metodología empleada. El sismo tuvo pocas réplicas lo cual es excepcional para un evento como este, de gran magnitud, al igual que su duración que ha sido estimada en apenas 1 minuto aproximadamente. La réplica más importante ocurrió el día 30 de agosto a las 9:37 hora local con magnitud de 5,7 Mw reportada por Funvisis y 5,8 Mw por USGS.

Lamentablemente la red nacional de sismómetros, así como muchas otras redes y servicios en el país se ha visto disminuida en su capacidad debido a la crisis económica, la inseguridad y el vandalismo. Esta red para el año 2000 fue la más moderna de Suramérica, luego enlazada con el satélite Simón Bolívar.

La magnitud es una medida de la energía liberada por un sismo en el lugar donde ocurre. La escala de medición de la magnitud es logarítmica, por lo que un sismo de magnitud 7,0 libera aproximadamente 32 veces más energía que uno de magnitud 6,0. Con base en esto se puede decir que un sismo de magnitud 7,3 Mw libera aproximadamente 4 veces más energía que un sismo de 6,9 Mw. Es decir que a pesar de que la diferencia entre la magnitud 6,9 y 7,3 es poca, en igualdad de otras condiciones (ubicación del epicentro y profundidad) se esperaría que un sismo de 7,3 genere mucho más daños que un sismo de 6,9, pero en este caso la profundidad reportada por USGS (2018) fue mucho mayor (146,8 km) que la del evento de 1997 (10 km), por lo que la intensidad del sismo tuvo mayor atenuación en su recorrido hacia la superficie (figura 6).

La profundidad y la solución del mecanismo focal del terremoto es consistente con fallas en profundidad, dentro de subducción de litosfera de la placa de Suramérica (USGS, 2018), lo que justifica el mayor alcance o rango de percepción que tuvo. En esta zona del continente no ocurren con frecuencia este tipo de terremotos y no estamos acostumbrados a que un sismo pueda sentirse tan lejos, sin embargo hay antecedentes históricos que reportan que el gran terremoto de Oriente del 21 de octubre de 1766, de magnitud estimada entre 7,5 y 7,8 (probablemente el de mayor magnitud en la historia de Venezuela), llegó a causar daños en todo el oriente del país, Guayana, Caracas y Guayana, llegando a sentirse en Maracaibo y en varias islas del Caribe (Grases, 2006; Mocquet, 2007). Su ubicación ha sido propuesta en el Golfo de Paria (estado Sucre) y Audemard (1999) sugiere que pudo haber sido generado por una fuente distinta a la falla de El Pilar, dada la extensa área sentida, la ausencia de maremoto, de licuación en Cumaná y que no se reportaron de víctimas fatales, asociándolo a un evento de subducción a profundidad intermedia.

Por otro lado, desde el punto de vista de la ingeniería sísmica, el parámetro que se busca medir es la aceleración del terreno debido a la vibración que genera el sismo. Esto es posible mediante una red de acelerómetros que puedan registrar su amplitud en el tiempo (acelerogramas). Estos equipos –ubicados a diferentes distancias y en diferentes condiciones de suelo– permiten observar la atenuación o disminución de la aceleración en roca a mayores distancias y los efectos de amplificación de la aceleración en terrenos con depósitos profundos de sedimentos, efecto que ocurre en la zona de Los Palos Grandes en Caracas y que fue determinante en el colapso de 4 edificaciones altas en el terremoto de 1967. Para la fecha de elaboración de este documento no se ha podido acceder a los acelerogramas de este evento, sin dudas una información de gran utilidad para alimentar futuras investigaciones.

Percepción de la intensidad del sismo

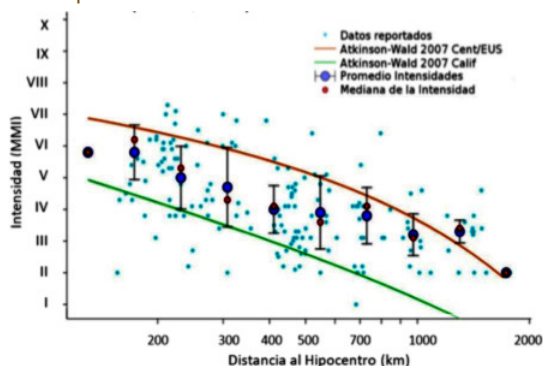
El sismo fue percibido en casi todo el territorio de Venezuela, en las islas del Caribe: Trinidad y Tobago, Granada, Barbados, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas, en algunas zonas de Colombia como Cúcuta, Bucaramanga y Bogotá, y hasta en algunas zonas del norte de Brasil, Guyana y Surinam. Comúnmente se suele utilizar una escala de intensidad sísmica, asociada a los efectos del sismo y basada en la percepción de las personas del movimiento vibratorio y de las

consecuencias sobre las construcciones en cada lugar en términos de daños estructurales (losas, columnas, vigas y muros), daños no estructurales (paredes, ventanas, instalaciones, cielo raso) y daños al contenido (estantería, lámparas, cuadros, muebles). Existen distintas escalas de intensidad sísmica (Intensidad de Mercalli Modificada, Intensidad Macrosísmica Europea, intensidad JMA de Japón), las cuales se suelen determinar mediante encuestas de percepción social, por lo cual tienen una incertidumbre asociada a la subjetividad de los encuestados. Tener medidas de intensidad es muy útil y más aún ante la ausencia de registros de aceleraciones, como en este caso.

En la figura 5 se puede ver la distribución espacial de la Intensidad de Mercalli Modificada (MMI) de este evento (USGS, 2018), donde se observa el efecto natural de atenuación a mayores distancias el cual se representa gráficamente en la figura 6. También se puede observar en la figura 5 la concentración de daños en las ciudades más afectadas. En zonas cercanas al epicentro la Intensidad (MMI) resultó ser VI en promedio (movimiento bastante fuerte que sienten todas las personas, hay pocos daños en paredes y estructuras), mientras que a 1.500 km de distancia al hipocentro algunas personas reportaron que sintieron el sismo aunque ya con baja intensidad, en el orden de II y III (débil y leve). Esto responde a la inquietud que hubo pocas horas después del evento al observar la información en las redes sociales de los sitios tan lejanos a donde se había sentido el terremoto, incluyendo algunas zonas de Colombia como Bogotá ubicada a unos 1.400 km de distancia. En Caracas, a más de 400 km de distancia, se reportó una intensidad de IV pero las personas que se encontraban en edificios altos en las zonas de mayor depósito de sedimentos (Chacao, San Bernardino y parte de La Candelaria) pudieron percibir una mayor intensidad del sismo (V), lo que produjo el desalojo de algunos edificios (figura 7).

A pesar de que este terremoto fue de gran magnitud y pudo sentirse en distintas zonas a nivel nacional, incluso en algunas zonas de países vecinos, no causó desastres que impactaran realmente a la población, lo que se puede atribuir a la gran profundidad del evento (Coronel, 2018a). A partir de la intensidad sísmica se puede estimar grosso modo la aceleración del terreno, y para este caso USGS (2018) ha estimado una aceleración máxima de 0,24g en las zonas más cercanas al epicentro (Rio Caribe y Yaguaraparo), zonas de tipo rural donde no hay grandes construcciones. En el cuadro 1 se ha determinado la distancia al epicentro de 18 ciudades de Venezuela, Trinidad y Colombia, a partir de la localización del epicentro definida por USGS (2018) y el uso de Sistemas de Información Geográfica; se calculó la distancia hipocentral asumiendo la profundidad del foco o hipocentro de 146,8 km. También se muestra la intensidad sísmica (MMI) y la aceleración del terreno estimada a partir de la intensidad por USGS (2018). Se puede observar los efectos de la atenuación con la distancia tanto en la intensidad como en la aceleración, las cuales son relativamente bajas en comparación con las que pudiera generar un sismo superficial como el de Cariaco de 1997, poblado donde en esta ocasión se ha estimado que ocurrió una aceleración mucho más baja (~0,20g) que la del sismo de 1997 (~0,40 a 0,50g). En la isla de Margarita, a pesar de estar a una menor distancia epicentral que Maturín, se estimó una menor intensidad y aceleración lo que pudiera estar relacionado con efectos de directividad.

Figura 6. Gráfico de Intensidad de Mercalli Modificada (MMI) vs la distancia hipocentral.



Fuente: USGS (2018).

Figura 7. Reacción de los ocupantes al desalojar edificios altos en Caracas.



Fuente: USGS (2018).



Cuadro . Efectos estimados del sismo (intensidad y aceleración) en algunas ciudades ubicadas a las distancias epicentrales e hipocentrales indicadas con base a lo reportado por USGS (2018)

Localidad/Ciudad (Estado/País)	Distancia al Epicentro (km)	Distancia al Hipocentro (km)	Intensidad Mercalli Modificada (MMI)	Aceleración del Terreno
Rio Caribe y Yaguraparo (Estado Sucre - Venezuela)	24	149	VI	0,22g - 0,24g
Carúpano (Estado Sucre - Venezuela)	41	152	VI	0,22g
Cariaco (Estado Sucre - Venezuela)	78	166	VI	0,20g
Porlamar, Margarita (Estado Nueva Esparta - Venezuela)	105	180	IV	0,08g – 0,10g
Maturín (Estado Monagas - Venezuela)	118	188	V	0,12g
Cumaná (Estado Sucre - Venezuela)	142	204	V	0,09g
Puerto España (Trinidad)	155	213	VI	0,10g
Saint George (Granada)	190	240	V	0,06g
Puerto La Cruz (Estado Anzoátegui - Venezuela)	205	252	V	0,06g
Ciudad Guayana, P. Ordaz (Estado Bolívar - Venezuela)	270	307	V	0,04g – 0,08g
Ciudad Bolívar (Estado Bolívar - Venezuela)	305	338	V	0,04g – 0,08g
Caracas (Venezuela)	435	459	IV, V	0,01g – 0,04g
Valencia (Estado Carabobo - Venezuela)	560	579	IV	-
Barquisimeto (Estado Lara - Venezuela)	710	725	IV*	-
Mérida (Estado Mérida - Venezuela)	935	946	III*	-
Maracaibo (Estado Zulia - Venezuela)	950	961	III*	-
Bogotá (Colombia)	1.400	1.408	II, III*	-

* Estimación a partir de la Figura 6.

Consecuencias sobre las construcciones: daños y pérdidas

Afortunadamente no hubo edificaciones colapsadas ni pérdidas de vidas humanas que lamentar debido a este sismo, sin embargo, si se reportaron daños leves y moderados en algunas construcciones que ocasionaron pérdidas económicas y algunos heridos leves. En los medios de comunicación y redes sociales se ven reportes de daños menores en Trinidad, Granada y en Venezuela en los estados Sucre, Anzoátegui, Monagas, Bolívar y en Caracas. Hasta ahora no se conoce un reporte técnico que compile los daños ocurridos por lo que en este trabajo documental se recurrió a distintas fuentes.

En el estado Sucre hubo construcciones afectadas, entre ellas un puente y un muelle. En Cumaná el puente Guzmán Blanco presentó grietas de importancia estructural en la pila central (figuras 8 y 9), por lo que debieron cerrar el paso sobre él. Mientras que un muelle de Cariaco presentó daños importantes en una de sus losas (figuras 10 y 11). Por otro lado, de las declaraciones del gobernador del estado a los medios de comunicación se extrae que 47 viviendas fueron afectadas (Globovisión, 2018).

En el estado Anzoátegui también fueron registrados daños entre leves y moderados en algunas edificaciones. El Sistema Integrado de Gestión de Riesgo, Administración de Emergencias de Carácter Civil y Desastres (SIGRAED) se encargó de realizar evaluaciones post-símicas reportando a los medios que al menos 29 estructuras fueron afectadas por el sismo, entre ellas 17 casas, 6 edificios, 1 hotel, 2 iglesias, 2 escuelas y 1 hospital. En el caso de las viviendas, 15 se ubican en Clarines, 1 en Barcelona y 1 en El Tigre. El edificio Residencias Isla Plata en Guanta resultó con daños estructurales aparentemente leves (figura 12) al igual que el edificio o galpón de FEMSA (figura 13). El hotel Cristina suites en Puerto La Cruz fue desalojado luego de presentar desprendimiento de frisos. La Ermita de El Carmen en Barcelona y la iglesia Nuestra Señora de la Soledad presentaron aparentes grietas no estructurales en paredes. El Centro de Educación Inicial Luis Espelozín en Boyacá y el Liceo Bolivariano José Rafael Domínguez fueron afectados principalmente con daños no estructurales en paredes. En el hospital tipo I de Pariaguán dos habitaciones presentaron grietas y desprendimiento de friso, por lo que fueron desalojados los pacientes. También se pudo conocer que en Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta falló el servicio eléctrico al final de la tarde probablemente debido al sismo (diario Últimas Noticias, 2018).

Figura 8. Puente Guzmán Blanco de la avenida Bermúdez de Cumaná, estado Sucre, Venezuela.



Foto: E. Narváez

Figura 9. Daños estructurales en la pila central del puente Guzmán Blanco.



Foto: W. Ascanio

Figura 10. Muelle de Cariaco de concreto reforzado en el estado Sucre, Venezuela



Foto: W. Ascanio

Figura 11. Daños en la losa del Muelle de Cariaco, estado Sucre, Venezuela.



Foto: W. Ascanio

Figura 12. Daño en la estructura por efecto de columna corta en las Residencias Isla Plata, estado Anzoátegui.



Fotos: D. Rondón y J. Jerez

Figura 13. Grietas en columnas del Galpón de FEMSA en el estado Anzoátegui.



Fotos: D. Rondón y J. Jerez



En los estados Nueva Esparta y Monagas fue sentido el sismo dada su relativa cercanía al epicentro (cuadro 1), pero resulta sorprendente que no haya habido reportes de daños mayores (diario La Verdad de Monagas, 2018). Sin embargo se conoce de algunos pequeños daños no estructurales en ese estado en algunas edificaciones como el Centro Comercial Petroriente, la Universidad Santiago Mariño y el gimnasio vertical en Maturín que sufrió desprendimiento de los frisos y de cerámicas en los baños, también hubo un desalojo preventivo del Hospital Universitario Dr. Manuel Núñez Tovar.

Según la información recopilada, el estado Bolívar fue uno de los más afectados, donde principalmente se produjeron daños no estructurales pero no se pudo acceder a un reporte técnico especializado donde se haya verificado detalladamente si hubo o no daños estructurales. Se reportan 48 afectaciones en el municipio Caroní (Ciudad Guyana) de las cuales 22 viviendas sufrieron daños menores y una fue declarada inhabitable en San Félix según declaraciones del Alcalde (El Pitazo, 2018). En la parroquia Unare se reportaron daños en algunos edificios o bloques residenciales antiguos de hasta 10 pisos de altura (figura 14), se observaron daños no estructurales importantes en la tabiquería, juntas de separación entre bloques, puertas y ventanas (figura 15), razón por la que fueron desalojadas preventivamente 98 familias (238 personas). En la parroquia Universidad al menos 10 edificaciones sufrieron daños resaltando entre ellas los edificios del Urbanismo Los Raduales y el Hospital Uyapar con daños no estructurales. De igual manera en las parroquias Cachamay, Simón Bolívar, Dalla Costa y Vista al Sol resultaron afectadas algunas viviendas entre otras edificaciones (Primicia, 2018).

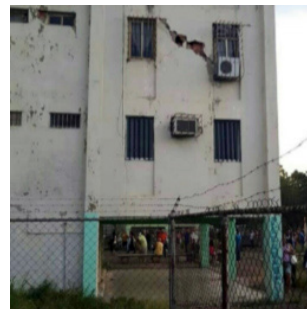
En la ciudad de Caracas también se pudo percibir el sismo, sin embargo, no se reportaron daños estructurales, solo algunos daños no estructurales en la tabiquería de escasos edificios. El Centro Comercial Galerías Ávila sufrió desprendimiento de parte del friso de la fachada, en el Hotel Pestana Caracas ubicado en los Palos Grandes en la microzona sísmica de mayor profundidad de sedimentos con más de 220 metros (Schmitz et al., 2011) se evidenció el efecto seiche en la piscina del edificio ubicada en el piso 18, derramando el agua por una de sus fachadas (figura 16). Quizás lo más relevante fue la confusión que surgió con El Centro Financiero Confinanzas conocido popularmente como Torre de David (figura 17) ubicada en La Candelaria, de la cual se

Figura 14. Edificios con daños en Ciudad Guayana (Bolívar), identificado como uno de los Bloques de Unare de 10 niveles.



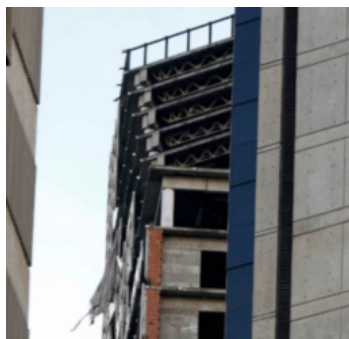
Fuente: *El Pitazo*, 2018.

Figura 15. Daños observados un uno de los bloques de Unare.



Fuente: *El Pitazo*, 2018.

Figura 17. Polémica en torno a la supuesta inclinación del Centro Confinanzas (Torre de David).



Fuente: *El Universal* (2018)

Figura 16. Efecto seiche en la piscina del techo del edificio del Hotel Pestana en Caracas.



Fuente: *El Nacional* (2018).

presumió que existía daño e incluso una inclinación de la torre principal de 45 pisos (190 metros). Luego de tal controversia finalmente se informó que no existía ningún daño estructural, todo había sido una ilusión óptica debido a la forma escalonada que tiene la torre en sus últimos 5 pisos y al ángulo en que fue tomada la fotografía (figura 17). La construcción de esta torre comenzó en 1990 y en 1994 se paralizó su construcción. Vale la pena recordar que este edificio fue ocupado y usado como vivienda para damnificados hasta el año 2015, cuando fue totalmente desalojado.

El manejo de la información y respuesta ante el evento

En la actualidad los medios de comunicación tradicionales como prensa, radio y televisión han disminuido notablemente su capacidad de transmitir información oportuna y su impacto en la opinión pública debido a la masificación de la internet y la penetración e influencia que tienen las redes sociales en la población en las zonas urbanas, lo cual en estos casos de emergencias o desastres producto de un terremoto puede llegar a ser negativo. En este caso el uso inadecuado de las redes sociales produjo una gran confusión sobre el evento y sus consecuencias, comenzando por el caso de la Torre de David, que generó angustia en la población, incluso en el ámbito técnico. La falsa alarma se originó por el uso inadecuado de la red social de un vocero oficial del Estado (no especialista en ingeniería estructural y sismorresistente), en la cual se aseveró la supuesta inclinación de la torre sin antes haber tenido una certeza técnica. Esto produjo una ola de desinformación al ser replicado por miles de personas en sus redes sociales, algunos denominados comunicadores populares, incluso periodistas y medios de comunicación en sus vías digitales (redes y páginas Web), sin que ninguno cuestionara tal afirmación o consultara con algún especialista en la materia. No fue sino hasta la tarde del día siguiente cuando en las redes del mismo vocero oficial se informó que no había tal riesgo en la Torre de David, lo que fue replicado por otros usuarios de redes sociales, periodistas y medios de comunicación pero ya no con la misma intensidad noticiosa. Algunos profesionales se acercaron para verificar los posibles daños y sin tener posibilidad de acceso pudieron verificar que no existía tal inclinación (figura 18). Lo mismo ocurrió con supuestos daños en otros estados del país cuyas imágenes reproducidas en los medios y redes no han podido ser verificadas. Vale la pena advertir que el manejo inadecuado de información en un momento post-sismo puede agravar la situación.

Por otro lado la respuesta de las instituciones del Estado y de los gremios profesionales ante el evento fue totalmente desarticulada. Se asumió que Bomberos y Protección Civil debían ser capaces de atender la emergencia de heridos, de realizar la evaluación rápida de la seguridad estructural de las construcciones y tomar las decisiones sobre su nivel de riesgo, habitabilidad u

Figura 18. Centro Financiero Confinanzas conocido como Torre de David en La Candelaria, Caracas.



Fotos: G. Izaguirre Luna (22/10/2018)



operatividad, y así se ordenó y ejecutó, sin considerar que estas instituciones muy bien capacitadas para la atención de emergencias no necesariamente cuentan con la capacitación y experiencia necesaria en el área de ingeniería estructural y sismorresistente. En general se tiene la creencia en el medio profesional de que Funvisis debe ser la institución encargada de hacer estas inspecciones post-sísmicas –y de hecho es la única institución que cuenta con propuestas de planillas de inspección para este fin (Zambrano, 2006; Páez, 2016; González et al., 2018) y de etiquetas para identificar las edificaciones (figura 19)– pero en realidad Funvisis no cuenta con el número de funcionarios necesarios para esta tarea, además de ser una institución centralizada en Caracas. Aún nos falta mucho por hacer en esta materia pero ya contamos con algunos lineamientos (López, 2013; Coronel y Rengel, 2017).

Reflexiones finales y propuestas

Ante las interrogantes planteadas como motivación de este trabajo documental y luego del análisis de la información recopilada se plantean las siguientes reflexiones:

¿Cuán lejos se pudo llegar a sentir el sismo? El sismo tuvo un gran alcance y fue percibido incluso hasta en Bogotá a 1.400 kilómetros de distancia, como lo reflejan los resultados de las encuestas de intensidad reportados por USGS (2018).

¿Cuál fue la localización, profundidad y magnitud real del evento sísmico? Luego de analizar los antecedentes sísmicos en la zona, las diferencias entre el terremoto de 1766 y el de Cariaco de 1997, las diferencias entre los reportes Funvisis y USGS sobre este evento, el alcance que tuvo el sismo, su intensidad máxima de IV MMI y su correspondencia con los pocos daños ocurridos en zonas cercanas, se considera más probable que el sismo haya ocurrido a una profundidad de 146,8 km y con una magnitud de 7,3 Mw como indica USGS (2018) debido a la subducción.

¿Hubo daños reales en algunas construcciones? A pesar de que no hubo colapsos ni pérdidas de vidas humanas y que la Torre de David no se inclinó, sí hubo daños leves y moderados en ciertas construcciones. Se recopiló información de distintas fuentes sobre los daños ocurridos en Venezuela en los estados Sucre, Anzoátegui, Monagas y Bolívar, obteniendo que al menos 130 construcciones se vieron afectadas por el sismo originando algunos heridos y pérdidas económicas. Resaltan los daños en 1 puente y 1 muelle en Sucre, la afectación de varias escuelas y centros de salud, la interrupción del servicio eléctrico en varias zonas de Anzoátegui y las cientos de personas que debieron desalojar sus viviendas preventivamente. También sorprende la importante afectación que hubo al norte del estado Bolívar, considerado de moderada amenaza sísmica (COVENIN, 2001), donde se diseña con una aceleración mucho menor (0,20g) que para otros estados como Sucre (0,40g), haciéndolas menos resistentes, sin descartar que puedan existir efectos de sitio no estudiados hasta ahora.

¿Se puede considerar segura una edificación porque resistió este sismo de gran magnitud? La respuesta es no, porque puede haber sismos de menor magnitud que generen más daños. La magnitud no se puede relacionar directamente con los posibles daños, en cambio estos sí se rela-

Figura 19. Etiquetas de FUNVISIS para identificar edificaciones luego de la inspección post-sísmica.



cionan con la intensidad y la aceleración en el sitio y estas se atenúan a mayor distancia al hipocentro que se encuentra a la profundidad que ocurre el evento. Esto explica porqué en 1997 colapsaron varios edificios debido al sismo de Cariaco de 6,9 Mw pero a 10 km de profundidad que originó una aceleración máxima de $\sim 0,50g$ (intensidad VIII) mientras que en el reciente sismo del 2018 de 7,3 Mw a 146,8 km profundidad no hubo mayores daños dado que la aceleración máxima estimada fue de $\sim 0,24g$ (intensidad VI) en una zona más rural (como muestra el cuadro 1).

El desarrollo de este documento ha dado paso a nuevas interrogantes: ¿Estamos preparados para actuar y responder adecuadamente luego de un sismo? ¿Tenemos un plan de acción post-sísmico nacional, interinstitucional, gremial? Para estas nuevas interrogantes se desarrollan aquí algunas propuestas.

En primer lugar es necesario consensuar un Plan de Acción Post Terremoto, donde se definan roles de las instituciones y actores técnicos, la capacitación y certificación y los procedimientos de inspección de las construcciones: 1) inspección rápida para definir su habitabilidad u operatividad pocas horas después del evento; 2) inspección detallada para definir si deben ser demolidas o reforzadas en las primeras semanas; y 3) inspección profunda para abordar los proyectos de reparación y reforzamiento, algunas propuestas se han adelantado al respecto (Coronel y Rengel, 2017; Pérez y Rodríguez, 2018).

En segundo lugar se plantea que luego de un terremoto la institución que debe coordinar las actividades debería ser el Vice Ministerio de Gestión del Riesgo y Protección Civil, con base en la información técnica del evento que debe provenir de los centros sismológicos como Funvisis y otros centros regionales como el CSUDO u otros si los hubiera (figura 20). Funvisis además pudiera tener una función de articulación técnica de las acciones antes, durante y después del sismo. Por ejemplo, “antes”: articular con las universidades para la capacitación de los inspectores; “durante”: asignar los roles de los inspectores y actores técnicos y “después”: compilar y evaluar técnicamente los datos, promover la investigación y publicación de resultados. Como ya fue mencionado, se suele creer que la inspección post-sísmica es responsabilidad única de Funvisis, institución que no cuenta con suficientes funcionarios y está centralizada en Caracas. A diferencia de Japón, EEUU e incluso Chile, donde las inspecciones post-sísmicas las realizan ingenieros especialistas en estructuras, en Venezuela no son muchos los especialistas para estas tareas, por lo que sería necesaria la certificación y masificación de inspectores profesionales y no profesionales. En la práctica hemos podido evidenciar en el sismo de Tucacas (2009) y en este sismo de 2018, que los primeros en evaluar la seguridad de edificaciones son los funcionarios locales y regionales de las alcaldías y gobernaciones, especialmente de Protección Civil y Bomberos, pero a pesar de que esta institución descentralizada tiene presencia a nivel nacional con un gran número de funcionarios, es bajo su nivel de profesionalización en ingeniería. Es por ello que se propone que la acción de Protección Civil, Bomberos y Rescatistas (figura 20) se dirija en primer lugar a la atención primaria de los posibles afectados y luego a la inspección rápida de viviendas de pocos pisos (hasta 3 pisos) luego de ser previamente capacitados, certificando a aquellos funcionarios que sean ingenieros civiles para inspeccionar edificios de entre 4 y 8 pisos residenciales y de oficinas. Para edificios de más de 8 pisos se recomienda que exista un equipo de inspección que incluya un especialista de las universidades o del gremio profesional que haya sido certificado previamente.

Por otro lado las edificaciones, infraestructuras y obras públicas deben ser inspeccionadas inicialmente por profesionales de alcaldías, gobernaciones y de las propias instituciones rectoras (figura 20), por ejemplo el MOPPOP en el caso de vialidad, puentes, túneles y muelles, el ministerio de Vivienda, en articulación con PC y Bomberos, en viviendas promovidas por el gobierno nacional, el ministerio de Educación a través de FEDE en el caso de las escuelas, el ministerio de Salud a través de FUNDEEH para los hospitales y centros de salud y el ministerio del Deporte a través del IND en el caso de las instalaciones deportivas. En el caso de los servicios públicos que pueden ser afectados tal como el sistema de agua potable, el sistema eléctrico, el sistema de comunicaciones, el de gas natural y otros combustibles, debe ser inspeccionado también bajo

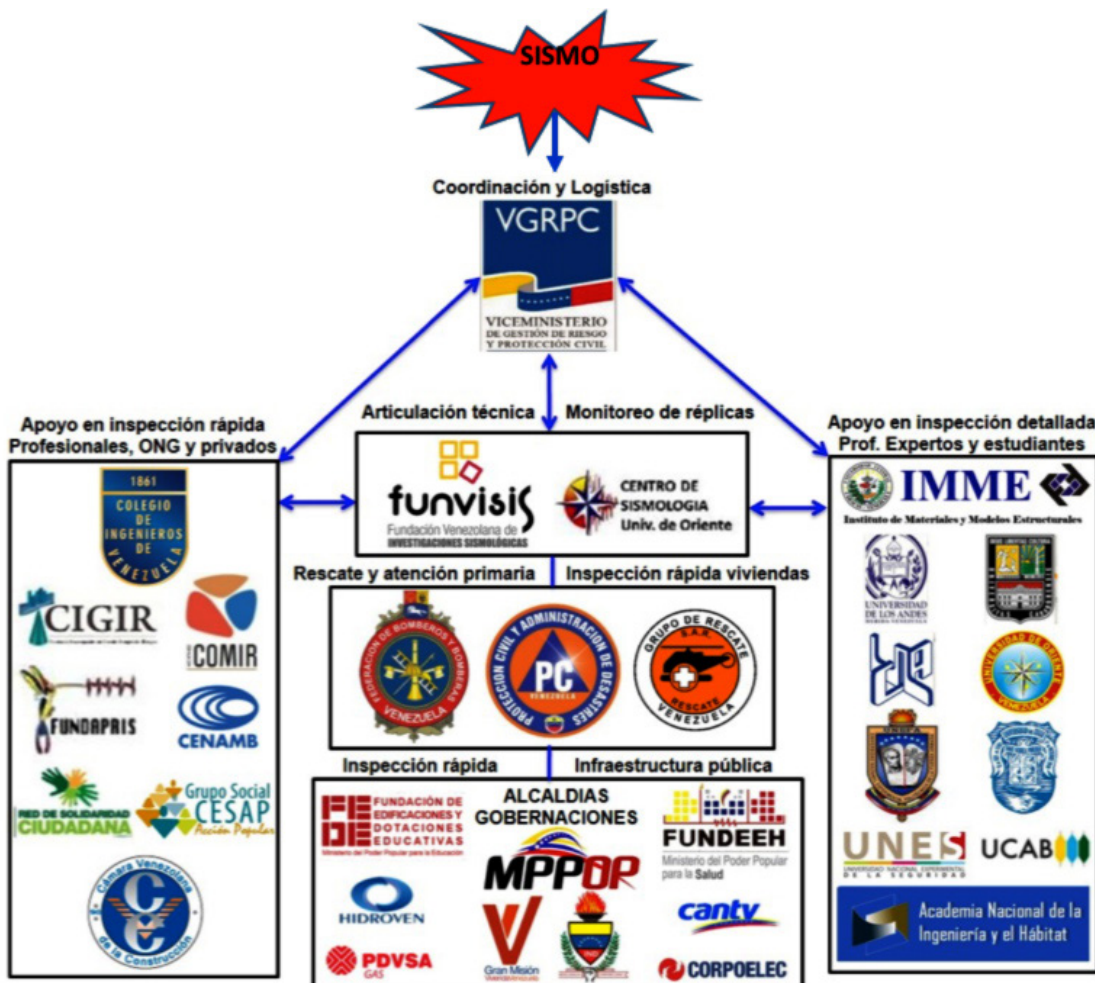
la acción en primer lugar de HIDROVEN y sus filiales, CORPOELEC, CANTV, PDVSA entre otras instituciones. Dentro de este grupo se encuentran construcciones que consideramos esenciales tales como: escuelas, hospitales, estaciones de bombeo, edificios de gobierno, y las líneas vitales tales como: puentes, redes de agua potable, electricidad, entre otras. Se propone entonces dada la importancia de este grupo de construcciones que la inspección post-sísmica vaya acompañada de un experto de las universidades o del gremio profesional que haya sido previamente certificado y asignado a uno de estos roles especiales.

Es evidente entonces la importancia de que el Estado y las instituciones públicas se apoyen para esta tarea de inspección post-sísmica de las construcciones en dos grupos técnicos (figura 20):

Profesionales del gremio de la ingeniería civil, arquitectura y afines, profesionales de algunas ONG, Fundaciones y Asociaciones Civiles que se dedican a la gestión del riesgo e incluso profesionales de algunas empresas privadas donde se puede encontrar a algunos expertos. Este grupo puede apoyar en la ejecución de inspecciones rápidas en edificaciones residenciales, comerciales, industriales y de oficina e incluso en algunas inspecciones detalladas de construcciones especiales.

Académicos, profesores, investigadores y profesionales de la ingeniería civil, arquitectura y afines, de las universidades públicas y privadas, donde en muchos casos encontraremos a especialistas. Este grupo apoyaría en las inspecciones de edificaciones esenciales (hospitales, escuelas, estaciones de bombero) y líneas vitales (puentes, muelles, sistemas de agua, electricidad, gas) entre otras construcciones especiales.

Figura 20. Propuesta de coordinación y articulación de instituciones y actores técnicos para la inspección post-sísmica de edificaciones y otras construcciones.



Fuente: <https://gustavocoroneld.blogspot.com/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. L. y Bermúdez, M. (1999). "El Terremoto de Cariaco". Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV).
- Audemard, F. (1999). El sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, Edo. Sucre, Venezuela: nucleación y progresión de la ruptura a partir de observaciones geológicas. VI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Mérida, 12 al 15 de Mayo de 1999.
- Audemard, F. (1999). Nueva percepción de la sismicidad histórica del segmento en tierra de la falla de El Pilar, Venezuela Nororiental, a partir de primeros resultados paleosísmicos. VI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Mérida, Venezuela.
- Bonilla, R.; López O., A.; Castilla, E.; Torres, R.; Marinilli, A.; Annicchiarico, W ; Garcés, F.; Maldonado, Z. (2000). El terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997. Boletín Técnico IMME, Ingeniería, UCV, Vol. 38, N° 2, 1-50.
- Coronel D. G. y Rengel, J. (2017). Propuesta para un nuevo programa de inspección post-sísmica de edificaciones en Venezuela. Presentación del Plan de Acción. Caracas, Venezuela.
- Coronel, D. G. y López, O. A. (2013). "Metodología para la estimación de daños por sismos en edificios escolares de Venezuela mediante curvas de fragilidad", Revista de la Facultad de Ingeniería-UCV, Vol. 28, N° 2, 65-86.
- COVENIN (2001). Edificaciones Sismorresistentes. Norma COVENIN 1756:2001. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
- Funvisis (1997). Evaluación preliminar del sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997, Estado Sucre, Venezuela. 123 p.
- González, J ; Páez, V. ; Rojas, R. ; Ascanio, W. (2018). Guía de evaluación post-sísmica de edificios de acero. Versión Preliminar. Funvisis, Caracas, Venezuela.
- Grases, G. J.; Altez, R.; Lugo, M.; Centeno-Graü, M. (1999). Catálogo de sismos sentidos o destructores: Venezuela, 1530-1998. Editorial Innovación Tecnológica, Facultad de Ingeniería, UCV. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, v. 37. Caracas, Venezuela.
- Grases, J. (2006). "El terremoto del 21 de octubre de 1766. Inicio de la sismicidad histórica en Venezuela". Boletín 2006 trimestres 1 y 2, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 15-43.
- Grases, J. ; Malaver, A. ; Montes, L. ;Gonzales, M.; Herrera, C.; Acosta, L.; Lugo, M.; Madriz, J.; Hernández, J.; Vargas, R. (2004). "Amenazas naturales y vulnerabilidad en Cumaná", Boletín Técnico IMME, Vol. 42, N° 3, 57-80.
- Hernández, J. J.; Schmitz, M.; Paolini, M.; Delgado, Y. (2017). Caracterización de la amenaza sísmica de Venezuela para la actualización de la Norma Covenin 1756. XI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica (CONVESIS), Caracas del 17 al 19 de julio.
- IMME (1998). Evaluación sismorresistente de las edificaciones derrumbadas durante el sismo de Cariaco del 09-07-1997. Informe N° 2009209, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, 20 de agosto de 1998.
- López O. A. y Espinoza L. F. (2007). "Derrumbe del liceo RMC durante el Terremoto de Cariaco de 1997", Boletín Técnico IMME, Ingeniería, UCV, Vol. 45, N° 2, 35-57.
- López O. A.; Hernández, J. J.; Jácome, J.; Schmitz, M.; Marinilli, A.; Coronel, D. G. ; Morillo, M. M.; Márquez, B. (2017). Norma Venezolana para construcciones sismorresistentes. XI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica (CONVESIS), Caracas del 17 al 19 de julio.
- López O. A.; Marinilli, A.; Bonilla, R.; Fernández, N.; Domínguez, J.; Coronel, G.; Baloa, T. y Vielma R. (2010). "Evaluación sismorresistente de edificios escolares en Venezuela", Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Vol. 25, N° 4, 81-94.
- López, O. A.; Marinilli, A. ; Coronel, D. G. (Ed) (2015). Reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- López, O. A. (2013). "Lineamientos para un programa de reducción del riesgo sísmico en Venezuela", Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Vol. 28, N° 3, 29-46.



- Mocquet A. (2007). "Analysis and interpretation of the october 21, 1766 earthquake in the Southeastern Caribbean", *Journal of Seismology* 11(4):381-403. DOI: 10.1007/s10950-007-9059-x
- Páez, V. (2016). Desarrollo de una metodología cuantitativa simplificada para la evaluación de la vulnerabilidad de estructuras luego de la ocurrencia de un sismo. Versión preliminar. Funvisis, Caracas, Venezuela.
- Pérez R. y Rodríguez M. (2018). Propuesta de un procedimiento de evaluación rápida de la seguridad de edificaciones de concreto reforzado después de un terremoto. Trabajo Especial de Grado de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la UCV, Caracas, Venezuela, (Tutor: Prof. Gustavo Coronel D.)
- Schmitz, M.; Hernández, J.J.; Morales, C. ; Domínguez, J.; Rocabado, V.; Valleé, M.; Tagliaferro, M.; Delavaud, É.; Singer, A.; Amarís, E.; Molina, D.; González, M.; Leal, V. y el grupo de trabajo del proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas (2011). "Principales resultados y recomendaciones del proyecto de microzonificación sísmica en Caracas", *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV* Vol. 26, N° 2, pp. 53-59, 2011.
- Schmitz, M. ; Romero, M.; Bonvive, F.; Audemard, F. y González, J. (2006). "Resultado de mediciones sísmicas e implicaciones de dinámica de suelos en torno al Hospital Dr. Antonio Patricio de Alcalá, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela", *Boletín Técnico IMME*, VOL. 44, N° 1, 30-50.
- Zambrano (2006). Guía básica para la evaluación rápida de edificaciones después de un sismo. (Borrador). Funvisis, Caracas, Venezuela.

Referencias web

- Coronel D. G. (2018a). El terremoto más grande de los últimos tiempos en Venezuela, Trinidad y otras islas del Caribe. Disponible en: <https://gustavocoroneld.blogspot.com/2018/08/el-terremoto-mas-grande-de-los-ultimos.html>
- Coronel D. G. (2018b). El terremoto más grande de los últimos tiempos en Venezuela, Trinidad y otras islas del Caribe. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), FI, UCV. Presentación del 30 de agosto en el foro virtual sobre el terremoto de Yaguaraparo, organizado por el CIGIR y FUNDAPRIS. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=212kuBYMkPk>
- El Nacional (2018). Piscina del Hotel Pestana se desbordó durante el sismo. Por el Nacional Wed, 21 de agosto de 2018 06:15 pm | actualizado el 22 de agosto de 2018 21:52 pm. Disponible en: http://www.el-nacional.com/noticias/sociedad/piscina-del-hotel-pestana-desbordo-durante-sismo_248850
- El Pitazo (2018). Temblor dejó 48 afectaciones en Caroní. Redacción El Pitazo, Bolívar, agosto 23, 2018 1:12 am. Disponible en: <https://elpitazo.com/quayana/temblor-dejo-48-afectaciones-caroni/>
- El Universal (2018). Torre de David sufrió inclinación de 25% tras sismo de 6.9. AVN 22/08/2018 06:42 am. Disponible en: <http://www.eluniversal.com/caracas/18415/torre-de-david-sufrio-inclinacion-de-25-tras-sismo-de-69>
- El Vistazo (2018). El Vistazo contabiliza siete incidencias en El Tigre y Guanipa. Escrito por Nilsa Varela Vargas. Disponible en: <http://diarioelvistazo.com/siguenos-instagram-elvistazo-te-informa-consecuencias-del-sismo-tigre/>
- Funvisis (2018). Reporte Sismológico Preliminar. Sismo del 21 de agosto de 2018, Yaguaraparo Mw= 6,9. Disponible en: <http://www.funvisis.gob.ve/noticia.php?id=1955>
- Globovisión (2018). Edwin Rojas: Hay 47 viviendas afectadas en el estado Sucre debido al sismo. Escrito por: Alejandro Durán Bracamonte 22-08-2018 12:52pm. Disponible en: <http://globovision.com/article/edwin-rojas-hay-47-viviendas-afectadas-en-el-estado-sucre-debido-al-sismo>
- La Verdad de Monagas (2018). Santaella: Sismo no generó hechos que lamentar en Monagas. 22 agosto, 2018 4:54 pm. Disponible en: <https://laverdaddemonagas.com/santaella-sismo-no-genero-hechos-que-lamentar-en-monagas/>
- Primicias (2018). Daños en estructuras del municipio Caroní por el sismo. Redacción Primicia, miércoles 22 agosto. Disponible en: <https://primicia.com.ve/danos-en-estructuras-del-municipio-caroni-por-el-sismo/>
- Últimas Noticias (2018). Sistema de riesgo evalúa daños por sismos en 29 estructuras de Anzoátegui. Escrito por Vivian Ariza 23/8/18 9:57pm. Disponible en: <http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/comunidad/sistema-de-riesgo-evalua-danos-por-sismos-en-29-estructuras-de-anzoategui/>
- USGS (2018). Earthquake Hazar Program. Web report M 7.3 - 24km ENE of Rio Caribe, Venezuela. Available in: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000gez7/executive>