



Reducción de la vulnerabilidad sísmica y rehabilitación integral de edificaciones educativas en Venezuela

Reducing seismic vulnerability and comprehensive rehabilitation of educational buildings in Venezuela

Rafael González B.

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas
Departamento de Ingeniería Sísmica
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3668-6506>
rgobet2025@gmail.com
Miranda-Venezuela

Oscar Andrés López

IMME, FI, Universidad Central de Venezuela
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0350-6002>
oalsf@yahoo.com
Caracas-Venezuela

Leonardo López

Fundación de Edificaciones y dotaciones educativas (FEDE)
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8282-503X>
leoantlopezster@gmail.com
Mérida-Venezuela

Resumen

Se discute la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educativas en Venezuela. Son 29.804 planteles en el Inventario Nacional, un 82,2 % son públicos y 17,8 % son privados. Un 69,4 % están situados en zonas de amenaza sísmica elevada y un 30,6 % en zonas intermedia y baja. Se han identificado seis sistemas constructivos de elevada vulnerabilidad sísmica: 1) Antiguo I, 2) Cajetón MOP-Mindur, 3) Antiguo II, 4) Módulo Base, 5) Variel y 6) Sistema R Original. Los edificios derrumbados en Cariaco en 1997 pertenecían a los tipos 1 y 2. Se han contabilizado 94 edificios Tipo Antiguo I, de las cuales 66 están en zonas de elevada amenaza y 367 Cajetón MOP-Mindur estando 308 en zonas de elevada amenaza, según la norma Covenin. Se han desarrollado 36 proyectos de rehabilitación integral, de los sistemas más vulnerables, de los cuales 23 están ubicados en el Estado Sucre, la zona de mayor amenaza sísmica, a la espera de los recursos para ejecutar las obras. Se describe el caso de la U. E. "Guillermo Gamarra" como ejemplo de una rehabilitación integral que debe ser repetido en el país. Se recomienda desarrollar un Plan Nacional de reducción del riesgo sísmico, que a corto plazo proceda con el reforzamiento estructural de las edificaciones de mayor vulnerabilidad ubicadas en las zonas de mayor amenaza.

Abstract

The vulnerability of educational buildings in Venezuela to earthquakes is discussed. There are 29,804 schools in the National Inventory, 82.2 % are public and 17.8 % are private. 69.4 % are located in areas of high seismic hazard and 30.6 % in intermediate and low areas. Six construction systems with high seismic vulnerability have been identified: 1) Old I, 2) MOP-Mindur Box, 3) Old II, 4) Base Module, 5) Variel and 6) Original R System. The buildings collapsed in Cariaco in 1997 belonged to types 1 and 2. 94 Old I buildings have been counted, 66 are in high hazard areas, and 367 Cajetón MOP-Mindur type, of which 308 are in areas of high hazard, according to the Covenin code. 36 comprehensive rehabilitation projects have been developed for the most vulnerable systems, of which 23 are located in the Sucre State, the area with the greatest seismic hazard in the country, awaiting resources to carry out the construction works. The case of the "Guillermo Gamarra" school is described as an example of the execution of a comprehensive rehabilitation that should be repeated in the country. It is recommended to develop a National Plan to reduce seismic risk, which in the short term proceeds with the structural reinforcement of highly vulnerable buildings located in areas of moderate and high seismic hazard.

Palabras clave:

Edificios escolares; sismos; vulnerabilidad; rehabilitación

Keywords:

School buildings; earthquakes; vulnerability; rehabilitation

Introducción

Sismos del pasado han causado daños significativos en edificaciones escolares del país. En particular, el sismo de Cariaco de 1997 produjo el derrumbe de cuatro edificios en dos planteles escolares, causando 23 víctimas fatales. Centenares de edificaciones similares a las derrumbadas, se encuentran distribuidas en el territorio nacional y buena parte de ellas están en zonas de elevada amenaza sísmica.

Se han completado en el país varios proyectos para conocer el riesgo y promover el reforzamiento estructural de las edificaciones educativas más vulnerables, los cuales han sido desarrollados en un trabajo conjunto por el IMME (Facultad de Ingeniería, UCV), FEDE (Ministerio de Educación) y Funvisis (López, Marinilli y Coronel, 2015; López, Coronel, González y Fierro, 2023). Sin embargo, solamente se ha llevado a la práctica el refuerzo de algunas pocas edificaciones, por lo que un número significativo de estudiantes y profesores asisten a sus actividades diarias en edificios que poseen un riesgo elevado de dañarse o derrumbarse, parcial o totalmente, en caso de un nuevo terremoto.

Este artículo tiene como objetivo actualizar y describir la vulnerabilidad ante sismos de los edificios educativos en Venezuela y proponer acciones para reducirlo bajo un marco integral, que además de garantizar la seguridad de estudiantes y maestros, proporcione una adecuada funcionalidad de las edificaciones.

Antecedentes

Historia breve de las edificaciones educativas en Venezuela período Colonial e Independencia - Siglo XVI al Siglo XIX.

Al poco tiempo de la fundación de la ciudad de Caracas, el 25 de julio de 1567, los pobladores se preocuparon por el crecimiento y consolidación del nuevo centro poblado y de la educación de sus habitantes. Se crearon pequeños espacios de instrucción pública organizados por el Cabildo de la ciudad y en los recién creados Conventos Religiosos.

Se impartían inicialmente clases de Gramática, Teología y Filosofía. En el Siglo XVII, el 27 de septiembre de 1673, se adquieren varias viviendas ubicadas frente a la antigua Plaza Mayor de la ciudad, ubicada entre la esquina de Gradillas y la esquina de Las Monjas (denominación antigua) y se construyó el Seminario de “Santa Rosa de Lima”. Ya en el año 1696, existían otros conventos que impartían formación y educación a los habitantes de la ciudad, los cuales eran el convento de San Francisco, convento de San Jacinto y convento de Las Mercedes. Para estos años, los estudiantes que querían continuar su proceso de formación y realizar sus estudios universitarios, debían viajar a la ciudad de Santo Domingo (fundada en 1496), a la Real Audiencia de Santo Domingo en la Isla de La Española (actual República Dominicana), o a la Ciudad de México (fundada en 1521) en el Virreinato de Nueva España, o viajar a Santa Fe de Bogotá (fundada en 1538) en el Virreinato de la Nueva Granada, de otra manera deberían viajar a Europa (FAU-UCV, 1980-1987).

Varios años más tarde se realizan los trámites administrativos y se logra convertir al Seminario en una institución Universitaria. En la población de Lerma – España, el 22 de diciembre de 1721, el Rey Felipe V decretó la erección de la universidad y se crea la “Universidad Real de Caracas” y por diversas situaciones ocurridas en esos años, el 9 de agosto de 1725 se declara que dicha universidad tendría de ahora en adelante el título de “Real y Pontificia Universidad de Caracas”, con nueve cátedras. Su primer Rector fue el Pbro. Francisco Martínez de Porras. Durante la Conquista y luego en el Período Colonial, solo podían ingresar a la universidad los hijos de las denominadas “familias principales” (hijos de españoles peninsulares, criollos pudientes), y se colocaban barreras de tipo étnico y de carácter económico para restringir el acceso a las otras personas (Gasparini y Possani, 1998; Leal, 1967); (FAU-UCV, 1980-1987).

El actual Palacio Municipal (Figura N° 1), es una edificación de carácter Histórico y Patrimonial, que fue anteriormente la sede del Seminario de “Santa Rosa de Lima”,



en ella se encuentra la antigua Capilla de “Santa Rosa de Lima”, espacio en el cual se firmó la Declaración de la Independencia el 5 de julio de 1811. Actualmente en este edificio funciona la sede de la Alcaldía y el Consejo Municipal del Municipio Libertador del Distrito Capital. La edificación actual fue diseñada por el Arquitecto Alejandro Chataing y su construcción culminada en 1903, bajo el Gobierno de Cipriano Castro (Banesco, 2017).

Figura N° 1. Palacio Municipal, antiguo Seminario de “Santa Rosa de Lima”, ubicado entre las esquinas de Las Monjas y Gradillas, en el límite sur de la Plaza Bolívar de Caracas



Fuente: Elaboración propia del autor.

Durante el período de la Colonia y después de la independencia, los espacios docentes de instrucción correspondientes a educación primaria y secundaria, funcionaron en cualquier tipo de vivienda unifamiliar, sin acondicionar, con pequeños cambios en sus espacios por limitaciones del sistema constructivo que empleaba técnicas de tierra cruda (muros de carga portantes, tapia, adobe, bahareque). Existieron algunas escuelas primarias en conventos religiosos católicos. En algunos casos, en las diferentes ciudades del país, los niños y jóvenes eran lleva-

dos a las viviendas de los maestros para recibir los conocimientos básicos de lectura, matemáticas y otras materias de cultura general de ese momento. Como uno de estos ejemplos se puede presentar, la que en su época fue conocida como “Escuela Pública de Primeras Letras y Latinidad” (Figura N° 2), y corresponde a la vivienda original de Don Simón Rodríguez, quien fue uno de los maestros de Simón Bolívar (nació el 24/07/1783), cuando era un joven de diez a 12 años de edad. Esta antigua edificación aún existe en la ciudad y se encuentra ubicada entre la Esquina de Veroes

y la Esquina de Jesuitas, Parroquia Altagracia, actualmente Boulevard del Panteón Nacional en cruce con la Avenida Urdaneta. Es importante destacar que esta edificación fue remodelada hace pocos años y actualmente funciona como espacio cultural en el Centro Histórico de la ciudad de Caracas. Luego de lograr la independencia del Reino de España en 1821, el 24 de junio de 1827, la “Real y Pontifi-

cia Universidad de Caracas”, se convertirá finalmente en la “Universidad Central de Venezuela”, al suscribirse los nuevos Estatutos Republicanos, que regirían su funcionamiento elaborados y firmados por del Doctor José María Vargas y el Libertador Simón Bolívar (Meneses, 1967; Gasparini y Possani, 1998; FAU- UCV, 1980-1987).

Figura N° 2. Vista actual de la fachada de la vivienda de Don Simón Rodríguez



Fuente: Elaboración propia del autor.

Siglo XX

En el año 1899, el Ministerio de Instrucción Pública adquirió una amplia vivienda situada en la periferia de la ciudad, para modificarla y destinarla en forma única al funcionamiento exclusivo de la primera edificación educativa oficial y pública del país, llamada “Escuela Modelo 19 de abril” (Figura N° 3), ubicada al lado de la

Iglesia de los Capuchinos, en la denominada antigua calle de “El Triunfo”, vía hacia Antímano y Los Teques, la cual corresponde actualmente a la avenida San Martín de Caracas (Gasparini y Posani, 1998). Esta construcción sufrió severos daños durante el terremoto de San Narciso del 29 de octubre de 1900 (Mw 7,7 e Intensidad IO IX), por lo



que fue la primera edificación educativa afectada por un sismo en el país, quedando en desuso hasta que en el año 1909 se llevó a cabo su reparación general. El proyecto completo de reparación fue diseñado por el Arquitecto Alejandro Chataing. Después de más de un siglo (115 años), esta edificación aún se mantiene en funcionamiento y se identifica como Edificio Patrimonial e Histórico (FEDE, 1984).

Figura N° 3. Vista actual de la fachada principal de la “Escuela Modelo 19 de Abril”, que fue la primera edificación destinada al uso exclusivo de la actividad educativa en el país



Fuente: Elaboración propia del autor.

El 17 de diciembre de 1935, se produce el fallecimiento del General Juan Vicente Gómez y durante el período 1936-1948 hay una apertura democrática que conduce a un cambio significativo en la concepción de la edificación escolar. Por primera vez se diseñan y construyen las edificaciones educativas tomando en cuenta las características del espacio, su funcionamiento según el nivel educativo, los datos de matrícula escolar que se van atender, el usuario, el niño o el adolescente. Estos planteles demostraban la necesidad de implementar cambios en la sociedad venezolana. Estas actividades, representan la transformación del sistema educativo y los cambios en la forma de pensar

de los venezolanos, convirtiéndose en promotora de nuevas conductas.

Para estos años los presidentes de Venezuela fueron Eleazar López Contreras (1935-1941), Isaías Medina Angarita (1941-1945), Rómulo Betancourt (1945) y Rómulo Gallegos (1946 -1948). En fecha 2 de octubre de 1943, el presidente Isaías Medina Angarita efectúa la compra de la antigua “Hacienda Ibarra” y sus 200 hectáreas de terrenos, las cuales son destinadas al diseño y construcción de la nueva sede de la Universidad Central de Venezuela; para esa fecha, estos terrenos se ubicaban en las áreas perimetrales

del este la ciudad, en desarrollo y expansión y la nueva construcción se convertiría en un centro de atracción de la actividad urbana de la ciudad de Caracas. De igual manera, durante el gobierno del presidente Isaías Medina Angarita se construyó un grupo de nuevas edificaciones educativas públicas, las cuales se denominaron “Escuelas Repúblicas o Grupos Escolares”, atendían al nivel educativo de primaria y/o secundaria y fueron construidas en las principales ciudades del país, como, por ejemplo, el Grupo Escolar “Estado Zulia” ubicado en Porlamar, Municipio Mariño del Estado Nueva Esparta (Figura N° 4).

Es importante destacar que cada uno de estos nuevos proyectos, fueron diseñados y supervisados directamente por los arquitectos más destacados de la

época como Carlos Raúl Villanueva, Alejandro Chataing, Luis Malussena, H. Blasser, Cipriano Heredia, Cipriano Domínguez, entre otros, quienes aplican esquemas de funcionamiento y tipologías de edificaciones escolares difundidas ampliamente a nivel internacional, lo cual tuvo un alto impacto favorable en el nivel educativo del país. Cada uno de estos proyectos fue un diseño particular (edificio singular) adaptado a las características específicas de su ubicación geográfica y sus requerimientos docentes. A la presente fecha, estas edificaciones educativas de muy elevada calidad, se encuentran todavía en funcionamiento en todo el país, por este motivo son identificadas como “Edificios Patrimoniales e Históricos”.

Figura N° 4. Fachada principal del Grupo Escolar “Estado Zulia”, en Porlamar



Fuente: Elaboración propia del autor.

A lo largo de los años las edificaciones educativas habían sido construidas por diferentes organismos públicos nacionales, regionales, municipales y empresas privadas.

Hasta que en fecha 11 de mayo de 1976 fue creada la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas FEDE. Sus objetivos principales eran: diseñar las edificaciones y do-

taciones educativas que permitan atender el incremento de necesidades del sistema educativo, ejecutar el Programa Nacional de Construcciones y Dotaciones Educativas, y promover el mantenimiento de las edificaciones educativas, en coordinación con el Ministerio de Educación, Ministerio del Desarrollo Urbano y los gobiernos estatales y municipales. A partir de allí, como paso inicial, se hizo el estudio y evaluación de los edificios en funcionamiento y se evaluaron diferentes sistemas constructivos existentes en el país (prefabricados de concreto y preensamblados metálicos) para determinar su posible utilización (Etapa Experimental 1980 a 1984 aproximadamente). Durante estos años se diseñaron otros nuevos sistemas constructivos de edificaciones educativas ajustadas a las condiciones geográficas, climáticas y que cumpliesen con los requerimientos de espacios (docentes, administrativos y de servicios) y académicos del Ministerio de Educación. En 1985, FEDE publicó el primer documento denominado “Normas y Especificaciones para Edificaciones y Dotaciones Educativas”, para asesorar sobre los criterios para el diseño y construcción de nuevas edificaciones. Existe una versión más reciente de este documento que se denomina “Normas y Recomendaciones para el Diseño de Edificaciones Educativas”, publicada por FEDE en 2007.

Conviene mencionar que existen planteles funcionando en viviendas unifamiliares, edificios industriales, locales comerciales y edificios residenciales, entre otros, que no fueron diseñados para funciones educativas. Un plantel educativo corresponde a una unidad administrativa dentro de un conjunto educativo, el cual se define como la agrupación de uno o más edificios educativos ubicados en el terreno delimitado del plantel escolar. En algunos conjuntos educativos, existen uno o más planteles diferentes, que funcionan en distintos horarios (turno mañana, tarde o noche y los fines de semana para la educación de adultos).

Daños en sismos del pasado

El 80 % de la población del país se encuentra expuesta en las zonas de mayor amenaza sísmica. La mayoría de las ciudades importantes del país han sido afectadas por

uno o varios eventos sísmicos. Como ejemplos, Cumaná (año 1530, 1766, 1853, 1929, 1997); Caracas (año 1641, 1766, 1812, 1900 y 1967) y La Grita (1610, 1932). Durante el siglo XX y los años transcurridos del siglo XXI, han ocurrido 33 eventos sísmicos que han producido daños en 574 edificios educativos, una síntesis de algunos de estos eventos se puede consultar en López (2009), Altez y Rodríguez (2009), González (2024).

El 27/06/1974 en Carúpano, estado Sucre, un sismo de magnitud 6,1 y su posible réplica de 4,2 causaron daños estructurales en 15 planteles educativos. El 18/10/1981 en San Antonio del Táchira, estado Táchira, un sismo de magnitud 5,5 provocó daños severos en varias columnas cortas del Grupo Escolar “Manuel F. Rugeles”, con la tipología Antiguo I. Esta misma tipología constructiva ya había sido reportada con daños durante el sismo del 26/11/1980 de magnitud 5,0 en Tunapuy, Estado Sucre, en el plantel UE “Pedro Elías Marcano”. Otra escuela con la misma tipología Antiguo I, fue también dañada durante el sismo de El Pilar del 11/06/1986 de magnitud 6,1. El sismo de Curarigua del 17/08/1991 de magnitud moderada 5,3 provocó daños severos en tres columnas en la Escuela “Ananías Cote”, también del tipo Antiguo I, en la población de Arenales, estado Lara.

El sismo de Cariaco, Estado Sucre del 09/07/1997, ha sido el que mayor afectación ha dejado, en las edificaciones escolares, el cual se describe más adelante. El sismo de Morón del 12/09/2009 de magnitud MW 6,4 ocasionó daños estructurales leves en la Escuela Concentrada “El Blanquillo” (Funvisis, 2009). El sismo de El Tocuyo, Estado Lara, del 19/02/2014 de magnitud Mw 5,3 originó daños estructurales entre leves y moderados en las columnas cortas de la Unidad Educativa “Roberto Montesinos” del tipo Antiguo I (Funvisis 2014), que posteriormente fue demolida parcialmente. El sismo de Mérida 07/11/2015 de magnitud Mw 5,1 (tormenta sísmica) produjo daños estructurales en la U. E. “Nueva Esparta” con tipología Antiguo II (López y Rojas, 2019). El sismo de Yaguaraparo del 21/08/2018, de magnitud Mw 7,0 afectó dos edificaciones educativas según reportó Protección Civil del Estado Anzoátegui (Coronel, 2018).

Sismo de Cariaco de 1997

Muy graves fueron los efectos del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997 (Mw 6,9) en el estado Sucre, el cual derrumbó cuatro edificios pertenecientes a dos planteles escolares, provocando la muerte de 23 personas entre estudiantes y maestros. De un total de 592 edificaciones inspeccionadas, 35 (6 %) sufrieron daños severos y tuvieron que ser sustituidas, 66 (11 %) sufrieron daños estructurales moderados, 398 (67 %) daño estructural ligero y 93 (16 %) no sufrieron daños (FEDE, 1998). Dos de los edificios derrumbados eran del tipo Antiguo I y pertenecían a la Escuela Básica “Valentín Valiente” (Figura N° 5). Los otros dos edificios eran del tipo Cajetón MOP- Mindur y pertenecían al Liceo “Raimundo Martínez Centeno”, Figura N° 6. También se observó el derrumbe de algunas paredes de relleno en una edificación educativa del tipo Rural o tipo R, aparentemente sin mayores daños en la estructura, del Grupo Escolar “Matías Parra Alcalá” localizado en Casanay, el cual ya se había reportado con daños estructurales leves durante los eventos de 1974.

Escuela Básica “Valentín Valiente”

La Escuela Básica “Valentín Valiente” con tipología Antiguo I estaba formada por dos edificios similares e independientes, separados entre sí por una junta de construcción, Figura N° 5-a. Cada módulo tenía dos niveles, una estructura de pórticos de concreto armado y paredes de bloques de concreto. El edificio uno se derrumbó parcialmente quedando las losas del primer piso y segundo nivel apoyadas sobre las paredes, Figura N° 5-b, mientras que el edificio dos se desplomó totalmente.

La falla de las dos edificaciones indicadas fue el resultado de deficiencias notorias en su capacidad sismo-resistente, de carácter conceptual, no previstas en las normas con las cuales fueron diseñadas. Se ha señalado que movimientos de menor magnitud e intensidad, también hubieran podido provocar el desplome de estos edificios Antiguo I, debido a su gran vulnerabilidad intrínseca (López, *et al.*, 2004).

Figura N° 5. Los dos edificios de la Escuela Básica “Valentín Valiente” se derrumbaron en Cariaco en el sismo de 1997



a) Vista aérea de los dos edificios



b) Vista lateral del Edificio 1.

Fuente: Fotos archivo Funvisis.



Liceo “Raimundo Martínez Centeno”

El Liceo “Raimundo Martínez Centeno” (Figura N° 6) fue construido en Cariaco en el año 1985 con la tipología diseñada en 1968, Cajetón MOP Mindur, implantada también en muchos otros lugares del país. Este edificio estaba constituido por dos módulos similares e independientes, con planta en forma de “C”, enfrentadas y separadas entre sí por una junta de construcción. La edificación de tres pisos era de pórticos de concreto armado con vigas altas en

ambas direcciones ortogonales y paredes de mampostería de bloques de arcilla. Ambos módulos tuvieron un comportamiento similar, caracterizado por fallas de las columnas del nivel más bajo, aplastando el piso inferior y quedando el piso dos directamente apoyado sobre el nivel del terreno. En los entresijos superiores se apreciaron fallas por corte en varias columnas cortas y fallas de compresión en otras.

Figura N° 6. Edificios del Liceo “Raimundo Martínez Centeno” derrumbado en el sismo de Cariaco del año 1997 y un edificio escolar similar del mismo tipo Cajetón



a) Vista interior del Liceo, mostrando el aplastamiento de la Planta Baja.



b) Vista interior de otro Liceo similar, mostrando la Planta Baja.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Causas del derrumbe de los edificios escolares en Cariaco

El derrumbe de los edificios escolares, no fue debido a defectos de construcción, las edificaciones cumplían con las normas de su época y fueron bien construidas. Se derrumbaron debido a deficiencias conceptuales asociadas a las normas de diseño empleadas, las cuales no proporcionaban seguridad ante sismos intensos, bajo el marco del conoci-

miento actual. En particular, las deficiencias más importantes eran (López, *et al.*, 2004):

- La limitada capacidad de disipar energía de la estructura, principalmente por la falta de confinamiento en columnas y nodos debido al poco refuerzo transversal.

- La presencia de paredes generando columnas cortas y precipitando fallas frágiles.

- En el caso del Liceo, se añade la disminución de resistencia y rigidez en el primer entrepiso, motivada por la reducción en el número de paredes de los entrepisos superiores.

- En el caso de la Escuela Básica “Valentín Valiente”, se añade la muy baja resistencia y rigidez de la estructura en dirección longitudinal, debido a la pequeña dimensión de las columnas y la ausencia de vigas.

Caso de la Unidad Educativa “Roberto Montesinos”

El 3 de agosto de 1950 ocurrió un evento sísmico de magnitud 6,3 que afectó en forma severa la población de El Tocuyo, Estado Lara, dejando un saldo de ocho personas fallecidas y 60 heridos, el 80 % de las viviendas de la ciudad y de las edificaciones en general muy dañadas o destruidas.

Ante la situación, en ese momento y en sustitución de las edificaciones educativas que habían quedado con daño completo y severo, se decidió la construcción de la Unidad Educativa “Roberto Montesinos”, municipio Morán del Estado Lara, utilizando la tipología Antiguo I, Figura N° 7-a, similar a la derrumbada posteriormente en Cariaco (Figura N° 5).

El 19/02/2014, esta edificación fue afectada por un sismo de magnitud Mw 5,3 con epicentro a 16 Km al sureste de la población de El Tocuyo, produciendo agrietamiento de varias columnas (Figura N° 7-b) y otros daños estructurales significativos (Funvisis, 2014), obligando a mantener aislado y sin ningún tipo de actividad el edificio educativo hasta realizar los estudios necesarios. Se desarrolló un proyecto de refuerzo estructural (Espinoza, 2014) para recuperar el edificio educativo y aumentar su capacidad sismorresistente mediante la construcción de una estructura externa adicional, a un costo inferior a la construcción de un nuevo edificio. Sin embargo, en 2015 se decidió su demolición y la construcción de un nuevo edificio educativo.

Figura N° 7. Edificio de Unidad Educativa “Roberto Montesinos”, ubicado en la ciudad de El Tocuyo, luego del sismo del 19/02/2014 de magnitud 5,3



a) Fachada principal del edificio



b) Grietas en columna corta

Fuente: Elaboración propia del autor.

Al respecto, conviene tener presente que, mediante modelos matemáticos y análisis estructural, los edificios educativos del tipo Antiguo I y otros, se pueden reforzar para corregir sus deficiencias y evitar su demolición. Un tema a considerar es el costo del refuerzo estructural con respecto al costo de construir una nueva edificación, dado que este último se elevaría por incluir la demolición, carga y bote de escombros y preparación del terreno. Además, implica la reubicación de los estudiantes durante el periodo de tiempo que dure la ejecución de la obra. Los estudios beneficio-costos hechos en estas tipologías escolares, destacan las ventajas, tanto económicas como de funcionalidad, de reforzar estos edificios en lugar de su demolición y sustitución (Coronel y López, 2018).

Estado actual de la vulnerabilidad de las edificaciones educativas

Un total aproximado de 29.804 planteles educativos conforman el Inventario Nacional de Edificaciones Educativas (MPP Educación, 2022) los cuales atienden una población aproximada de nueve millones de estudiantes. Un 82,2 % son planteles públicos y 17,8 % son privados y específicamente en el Área Metropolitana de Caracas se ubican 2.042 planteles educativos, de los cuales 1.011 (49,5 %) son públicos y 1.031 (50,5 %) son privados. Considerando la ubicación geográfica de los 29.804 planteles y las zonas sísmicas, se tienen 20.697 planteles (69,4 %) en zonas de amenaza sísmica elevada y 9.107 planteles (30,6 %) en zonas de amenaza sísmica intermedia y baja.

Las deficiencias conceptuales de las edificaciones educativas que se derrumbaron en Cariaco, eran típicas de los diseños de la época. De los 29.804 planteles educativos del país, un porcentaje muy alto fueron construidas utilizando las “Normas de Cálculo de Edificios” elaboradas en los años 1939, 1947, 1955 o 1967 por el antiguo MOP, que contenían exigencias considerablemente menores a las previstas en las normas para edificaciones sismorresistentes de 1982 y 2001, que introdujeron mejoras sustanciales en los criterios de diseño para resistir los terremotos. La nueva Norma Covenin, 1756, Construcciones Sismorresistentes

(Covenin, 2019), establece todavía requisitos más exigentes. Es importante destacar que, desde la década de 1990, dejaron de construirse nuevos edificios con el sistema constructivo Cajetón MOP-Mindur, el cual es el tipo del liceo derrumbado en Cariaco, aun cuando se conoce la existencia de tres edificios en construcción (obras paralizadas) en la ciudad de Maracaibo-Estado Zulia, y que atienden solo el nivel de educación universitaria. La vulnerabilidad sísmica, no es solo en los edificios de educación inicial, primaria y bachillerato, porque algunos de ellos atienden en horas de la tarde y de noche el nivel educativo universitario.

El desarrollo acelerado de la ingeniería sismorresistente en las últimas décadas, ha dado lugar a un mejor conocimiento, al surgimiento de nuevos métodos y a normas de diseño y construcción cada vez más exigentes. De allí que, en términos medios, una edificación construida con las normas antiguas posea un grado de confiabilidad sísmica considerablemente menor que una diseñada con las normas modernas. Por tanto, muchos de los edificios educativos ubicados en zonas de moderada a elevada amenaza sísmica, son vulnerables por su antigüedad, especialmente aquellos pertenecientes a las tipologías derrumbadas en Cariaco, se encuentran en riesgo y requieren de refuerzo estructural.

Luego del terremoto de Cariaco del 09 de julio de 1997, se desarrollaron varios estudios de evaluación y reducción de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones educativas. En 1997 FEDE realizó por medio de consultores externos la evaluación preliminar de los edificios afectados por el sismo, se realizaron los estudios geotécnicos, se diseñaron y construyeron 35 nuevas edificaciones educativas en sustitución de las derrumbadas. FEDE también elaboró los proyectos de refuerzo estructural de las edificaciones que presentaban daños severos, cuyos trabajos de rehabilitación integral debían ser ejecutados por parte de la Gobernación del Estado Sucre, pero lamentablemente solo se ejecutaron algunos.

Posteriormente se ejecutó el proyecto de investigación denominado “Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela”, desarrollado en forma conjunta por el IMME-FI-UCV, Funvisis y FEDE, durante los años 2006 al 2011, financiado por el Fonacit. Una de sus contribucio-



nes más importantes fue identificar los sistemas constructivos de mayor vulnerabilidad en el país: Antiguo I, Cajetón MOP-Mindur, Variel, Modulo Base, Antiguo II y Sistema R-Tradicional. El sistema Antiguo I correspondiente a la Escuela Básica "Valentín Valiente" derrumbada en Cariaco en 1997, es el de mayor vulnerabilidad, en el país, aun para sismos de magnitud moderada, como lo demostraron los sismos de 1980, 1981, 1986 y 1991. Estos sistemas constructivos requieren la elaboración de proyectos de Rehabilitación Integral (refuerzo estructural y adecuación funcional).

Sistemas constructivos de mayor vulnerabilidad

Hasta la fecha se ha identificado y elaborado una Lista Crítica de 647 edificaciones educativas a nivel nacional que son vulnerables a los terremotos, de las cuales 526 están ubicadas en zonas de elevada amenaza sísmica ($A_A \geq 0,20$) y 121 en zonas sísmicas de amenaza intermedia y baja, siendo A_A el coeficiente de aceleración del terreno, de acuerdo a la Norma Covenin 1756-1:2019, aun cuando algunos pocos casos están pendientes de ser verificados con una inspección. Existe otra cantidad importante de edificios educativos, con otros sistemas constructivos, que presentan de igual manera condiciones de vulnerabilidad sísmica, y que elevan la cifra anterior a 866, de ellos 686 se ubican en la región de elevada amenaza sísmica. Esta cantidad se ha denominado Lista Ampliada e incluye los edificios de la Lista Crítica indicados previamente.

La Tabla N° 1 presenta las características de los sistemas constructivos presentes en el país, que presentan mayores condiciones de vulnerabilidad sísmica, que han sido identificados en López, Marinilli y Coronel (2015), González (2024), y se describen en FEDE (1982) y FEDE 1984.

El sistema Antiguo I es el de mayor vulnerabilidad, varias edificaciones de este tipo se han dañado o derrumbado en sismos pasados, como fue el caso de la Escuela Básica "Valentín Valiente" en Cariaco. Sus principales debilidades son la ausencia de vigas en dirección longitudinal, la pequeña dimensión de columnas (solo 20 cm) en esa misma dirección y la presencia de columnas cortas. Existen 94 conjuntos

educativos construidos con este sistema, distribuidos en el país, de los cuales, 66 se encuentran ubicados en regiones de elevada amenaza sísmica y 28 en regiones intermedias y de baja amenaza, de acuerdo al mapa contenido en la norma. Covenin 1756-1: 2019 de Construcciones Sismorresistentes. Se han identificado tres soluciones diferentes de Arquitectura y Estructura de este sistema constructivo.

El sistema Cajetón MOP-Mindur es el del liceo derrumbado en Cariaco en 1997, su elevada vulnerabilidad es debida a sus columnas cortas, la planta baja débil y a la poca resistencia y rigidez. Se ha determinado la existencia de 367 edificaciones en el país, de los cuales 31 están ubicados en el Área Metropolitana de Caracas. Se han identificado cinco soluciones diferentes de Arquitectura y Estructura de este sistema constructivo.

El sistema Antiguo II posee pequeñas dimensiones de vigas y columnas, lo que significa una estructura con baja resistencia y rigidez, así como de baja capacidad dúctil, lo cual lo hace muy vulnerable, pero contiene numerosas paredes de relleno que pudiesen aportar resistencia y rigidez si se refuerzan con friso armado para garantizar un trabajo conjunto con el pórtico. Se ha determinado la existencia de 121 edificaciones en el país, de los cuales 2 están ubicadas en el Área Metropolitana de Caracas. Se han identificado dos soluciones diferentes de Arquitectura y Estructura de este sistema constructivo.

Tabla N° 1. Características de los sistemas constructivos que presentan mayores condiciones de vulnerabilidad sísmica

Sistema constructivo	Características / Norma de cálculo utilizada	Niveles estructurales	Observaciones
Antiguo I	Pórticos y losas de concreto armado / Norma de Cálculo de Edificios de 1955.	2	Construcción tradicional, años 1950 y 60.
Cajetón MOP-Mindur	Pórticos y losas de concreto armado / Norma Provisional Construcciones Antisísmicas 1967 y Norma Edificaciones Antisísmicas de 1982.	2, 3 o 4	Construcción tradicional, en las décadas de los años 1960, 70, 80 y 90.
Antiguo II	Pórticos y losas de concreto armado / Norma de Cálculo de Edificios de 1955.	2	Construcción tradicional en las décadas de los años 1950 y 60.
Módulo Base	Pórticos y losas de concreto armado / Norma de Cálculo de Edificios de 1955, Norma Provisional Construcciones Antisísmicas 1967 y Norma Venezolana Edificaciones Antisísmicas de 1982.	3 o 4	Construcción tradicional, en las décadas de los años 1960, 70 y 80.
Variel	Son células abiertas prefabricadas de concreto armado / Norma Provisional Construcciones Antisísmicas de 1967.	3 y 4	Ensamblado con grúas de gran capacidad. Solo en los años 1981 y 1982.
Sistema R (original)	Pórticos metálicos y cubierta de techo con materiales livianos / Norma de Cálculo de Edificios de 1955 y Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas de 1967.	1	Construcción tradicional, en las décadas de los años 1960, 70 y 80.

Fuente: Elaboración propia (2025).

El sistema Módulo Base consiste en losas apoyadas sobre columnas, sus principales debilidades son su planta baja libre sin paredes, la ausencia de vigas y la presencia de volados de 3,4 m, que lo hacen muy vulnerable a sismos. Se ha determinado la existencia de 44 edificaciones en el país, de los cuales 17 están ubicados en el Área Metropolitana de Caracas. Los proyectos diseñados con este sistema constructivo permiten variadas soluciones, dependiendo de la configuración y dimensiones del terreno.

El sistema Variel está constituido por módulos prefabricados de concreto armado, un piso está simplemente apoyado sobre el piso inferior, sin elementos de anclaje ni de disipación de energía, lo cual lo hace frágil y muy vulnerable. Se ha determinado la existencia de siete edificaciones en el país, de los cuales tres están ubicados en el Área Metropolitana de Caracas. Se han identificado dos soluciones diferentes de Arquitectura y Estructura de este sistema constructivo.



El sistema R tiene una estructura metálica liviana y flexible, cubierta de techos liviana, con paredes internas de bloques que proporcionan resistencia lateral, las cuales se volcaron y cayeron en el sismo de Cariaco por no tener los anclajes adecuados. Existe una cantidad elevada e indeterminada de estos edificios a nivel nacional.

A la presente fecha se desconoce la matrícula actual de este grupo de edificaciones educativas, que presentan condiciones elevadas de vulnerabilidad sísmica y a su vez ubicadas en la región de mayor amenaza. Con la finalidad de lograr una estimación mínima, de la población estudiantil expuesta en el sistema constructivo de mayor vulnerabilidad (Antiguo I) en la región de mayor amenaza, utilizando como base un plantel educativo de Escuela Primaria (de 1ro a 6to grado), con dos secciones por cada nivel educativo y 38 estudiantes por cada sección, tenemos el siguiente estimado:

- Número de estudiantes= 38 estudiantes x 2 secciones= 76 estudiantes / grado
- Matrícula total del plantel educativo= 76 estudiantes x 6 grados= 456 estudiantes / plantel
- Sistema constructivo Antiguo I = 66 edificios en la región de mayor Amenaza Sísmica.
- Número de estudiantes expuestos= 66 edificios x 456 estudiantes = 30.096 estudiantes.

Concluyendo, hay 30.096 estudiantes que asisten diariamente a edificios que son iguales a los dos edificios que se derrumbaron en Cariaco en 1997, lo cual amerita atención inmediata para que estas construcciones sean reforzadas y proteger las vidas de estudiantes y maestros. Los otros sistemas constructivos vulnerables, atienen a una mayor población estudiantil.

Rehabilitación integral de edificaciones educativas

Vale la pena destacar que existen procedimientos técnicos que permiten realizar el refuerzo estructural de las edificaciones y suministrarles la confiabilidad necesaria para

cumplir con las exigencias sismorresistentes de las normas modernas. Entre estas técnicas se pueden mencionar: 1) La adición de una estructura suplementaria en el perímetro de la edificación, 2) La adición de friso armado en las paredes de relleno a fin de hacerlas sismorresistentes, 3) La adición de disipadores de energía o amortiguadores en el interior de la edificación, 4) El refuerzo de los elementos estructurales internos (aumento de sección de columnas y construcción de nuevas vigas).

En el caso de edificaciones de valor histórico y patrimonial, su intervención debe respetar los valores arquitectónicos y estéticos de las obras y contar con la conformidad por escrito y la supervisión del Instituto de Patrimonio Cultural-IPC, por ser bienes de interés público.

Tomando en consideración que las edificaciones más vulnerables son construcciones antiguas, se hace conveniente que el refuerzo sismorresistente vaya acompañado de una recuperación de la funcionalidad general de los edificios, de una arquitectura modificada (cerramientos internos y externos) que incorpore señalización para evacuación en casos de emergencia y rampas de acceso para personas con capacidades especiales. Tomando en cuenta que algunos edificios tienen más de 60 años de actividad continua, la reparación general incluye la recuperación de todos los servicios básicos (instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, impermeabilización, telefonía, internet, entre otros), y sus acabados finales, tomando en cuenta la necesidad de lograr la "puesta en valor" del edificio educativo.

Para octubre de 2022, FEDE disponía de 36 Proyectos de Rehabilitación Integral, a la espera de asignación de recursos económicos para su ejecución, de los cuales 23 de ellos están ubicados en el estado Sucre que es la zona geográfica de mayor Amenaza Sísmica, los cuales corresponden a:

- Diez proyectos de refuerzo estructural elaborados en el Proyecto IMME- FEDE-Funvisis-Fonacit de "Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela".
- Diecinueve proyectos de Rehabilitación Integral elaborados por ingenieros civiles especialistas en diseño estructural, como consultores externos, para la Gerencia de



Proyectos y las Coordinaciones Estadales (oficinas locales) de FEDE.

- Siete proyectos de Rehabilitación Integral del Convenio de Cooperación Técnica suscrito entre el Banco Interamericano de Desarrollo–BID y la Alcaldía del municipio Sucre del estado Sucre. Todos los conjuntos educativos se encuentran ubicados en la ciudad de Cumaná. Los proyectos de refuerzo estructural fueron elaborados por consultores externos especialistas en diseño estructural y los proyectos de reparación general por la Gerencia de Proyectos y la Coordinación Estatal FEDE - estado Sucre (oficina local).

En el año 2019 FEDE diseñó el “Plan Nacional de Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Educativas”, con la finalidad de ejecutar la construcción de los 36 proyectos ya elaborados de rehabilitación integral, así como añadir 900 nuevos proyectos del mismo tipo, con una cifra aproximada de 150 proyectos en cada año, y dar inicio a los procesos de licitación pública Nacional o Internacional. Lamentablemente, el plan no se ha ejecutado. La realización de este plan tendría una duración estimada de cinco años inicialmente, con la finalidad de lograr una mayor cobertura de atención en las zonas de mayor amenaza sísmica. Al culminar la primera etapa se proponía evaluar todos los planteles restantes, utilizando un método de trabajo similar. Por este motivo es importante que el organismo rector de esta actividad disponga de un código de presupuesto independiente anual, para dar inicio y continuidad administrativa en el tiempo de estas obras en particular.

El objetivo principal del Plan Nacional es proteger la vida de los integrantes de la Comunidad Educativa y el valor de la edificación, y evitar la ocurrencia de una situación similar a Cariaco 1997. Por tal motivo la ejecución de los trabajos de los Proyectos de Rehabilitación Integral, dada su complejidad, construcción de nuevas fundaciones (pilotes hincados, excavados o fundación directa, con diferentes diámetros y profundidades) y la vinculación de los nuevos elementos estructurales con la estructura existente de acuerdo al proyecto particular para cada caso, son trabajos que requieren el uso de mano de obra y maquinaria especializada, que van a requerir varios meses para ser ejecutados, dependiendo

de su complejidad y disponibilidad presupuestaria. En este sentido debería ser considerado como una prioridad nacional. Conociendo la situación actual de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educativas, es importante iniciar el Plan, antes de la ocurrencia de un próximo evento sísmico de elevada magnitud, que podía suceder próximamente y sin una fecha determinada.

Los proyectos de rehabilitación integral deberán cumplir con:

- La Norma Covenin (2019) sobre Construcciones Sismorresistentes y normas conexas.
- La Norma Fondonorma (2020) sobre las Características de los Medios de Escape.
- Las Normas y Recomendaciones para el Diseño de Edificaciones Educativas, elaborada por la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas – FEDE y publicada en 2007.

Caso de la Unidad Educativa “Guillermo Gamarra Marrero”

Como ejemplo de la estrategia deseable para la recuperación y puesta en valor de las edificaciones educativas, se presenta el proyecto de rehabilitación integral de la Unidad Educativa “Guillermo Gamarra Marrero”, ubicada en la población de Biscucuy, municipio Sucre, estado Portuguesa. El edificio fue construido en los primeros años de la década de 1960. En 2016, se determinó que el conjunto educativo requería de una reparación general de todos sus espacios y servicios, por lo que, a mediados de ese año, se elaboró el proyecto de Rehabilitación Integral por la Gerencia de Proyectos y la Coordinación del estado Portuguesa de FEDE. Los trabajos de ejecución de esta obra se culminaron en noviembre de 2023. Este proyecto fue elaborado por el Ing. Leonardo López de la Coordinación FEDE– estado Mérida, teniendo al Ing. Plinio González M. de la Coordinación FEDE– estado Portuguesa como inspector.

Características y vulnerabilidad estructural

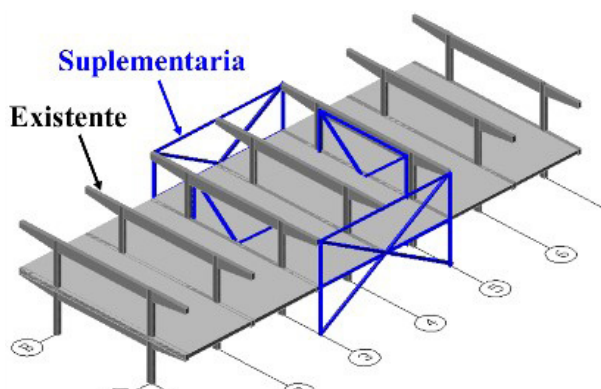
Esta edificación es del tipo Antiguo I de la cual se derrumbaron dos edificios en el sismo de Cariaco de 1997 y se han dañado en diversos otros sismos. Son dos edificios de aulas, de dos niveles estructurales, con un núcleo o módulo de escaleras y un edificio de un solo nivel estructural en el cual se ubican los baños y espacios administrativos. Los diferentes volúmenes que conforman el conjunto educativo, se encuentran separados del edificio docente por medio de juntas de construcción.

La estructura (Figura N° 8) es de pórticos de concreto armado, con losas nervadas armadas en dirección longitudinal, con dos pórticos en esa dirección (en cada edificio), con vigas planas de 30 cm x 20 cm y columnas de 30 cm x 20 cm, con seis vanos de 4,25 metros. En dirección transversal cada edificio tiene siete pórticos de dos columnas, con un vano de 6,10 metros y vigas altas que soportan la losa. El edificio es muy vulnerable en su dirección longitudinal por tener columnas con sección reducida (20 cm), vigas planas y columna cortas.

Figura N° 8. Edificaciones del Tipo Antiguo I y refuerzo sismo resistente



a) E.B. "Cristóbal Rojas", condición original



b) Refuerzo sismo resistente de la E.B. "Cristóbal Rojas"



c) Refuerzo sismo resistente de la U.E. "Guillermo Gamarra M."

Fuente: Elaboración propia del autor.

Proyecto de reforzamiento estructural

El concepto de refuerzo estructural se ilustra con el caso de la E.B. “Cristóbal Rojas” de Cúa (Figura N° 8-a), el cual se basa en añadir una estructura suplementaria sismo-resistente que complemente la acción de la estructura original la cual soporta las cargas de gravedad, pero no tiene capacidad para resistir sismos. La estructura suplementaria se localiza en el perímetro de la construcción, en la dirección longitudinal, que es la dirección más débil del edificio (Figura N° 8-b). Se añade también una estructura suplementaria en la dirección transversal constituida por pórticos internos. La estructura suplementaria está constituida por pórticos de acero con diagonales concéntricas, cuyo proyecto fue desarrollado por el Ing. Julio J. Hernández (López *et al.*, 2007).

Un concepto similar de refuerzo sísmico se siguió en el caso de la U.E. “Guillermo Gamarra M.” que se muestra en la Figura N° 8-c. El proyecto de refuerzo incluye la eliminación del efecto de “columna corta” que se produce con ventanales que van de columna a columna en su ancho. Esto se logra disminuyendo la sección de las ventanas, achicando lateralmente el ancho de este elemento y colocando dos hileras de bloques de arcilla o de concreto, entre el marco de la ventana y la columna, revistiéndola con malla de gallinero lo cual incrementa su resistencia y capacidad de deformación.

En el módulo de la escalera, que adolece de vigas sismorresistentes, se le colocan planchas metálicas, con pernos pasantes, en ambas direcciones del módulo, a las cuales se les conecta con vigas metálicas que amarran el pórtico, disminuyendo los desplazamientos de este módulo en ambos sentidos. En la viga de descanso de la escalera, donde se forma una columna corta, se rellena este espacio con bloques de concreto, mitigando el desarrollo de corte en este elemento que no está en capacidad de disipar energía por su poca longitud.

Los pórticos de rigidización longitudinal, se conectan a la estructura por medio de pernos, en cada tramo definido por los pórticos de carga, anclados con barras de 80 mm, conectados por medio de epóxico de anclaje. Esta conexión

debe a su vez garantizar la adherencia entre los elementos del pórtico de rigidización, adyacentes al borde de la losa nervada, removiendo el recubrimiento de este borde de losa y dejando expuesto el acero que es conectado a un elemento de borde de concreto reforzado, cuyos aceros de refuerzo se conectan a los aceros descubiertos de la losa para garantizar la continuidad de estos elementos.

Este proyecto además incluye la construcción de una rampa de acceso (estructura independiente) al segundo piso del edificio, para ser utilizada por personas con discapacidad y medio de escape en el caso de un evento adverso.

Construcción de las obras

En la Figura N° 9-a se muestra el proceso de demolición de todos los cerramientos internos y externos de ambos niveles del edificio, en primer plano de la fotografía se observa parte del volumen de escombros acumulados para la carga y el bote. Adicionalmente, se procedió a la demolición completa de las capas de impermeabilización existentes sobre las losas de techos para reducir el peso del edificio. En la Figura N° 9-b se muestra el interior del edificio, en su nivel superior, antes de la colocación del pórtico interno de acero.

Figura N° 9. Obras iniciales para la rehabilitación integral



a) Demolición de cerramientos e impermeabilización en losas de techos.



b) Espacio entre columnas y viga para colocar el pórtico interno de acero.

Fuente: Elaboración propia del autor.

La Figura N° 10 muestra la colocación de los pórticos de acero con diagonales concéntricas, tanto los externos como los internos.

Figura N° 10. Construcción de los pórticos arriostrados de acero



Pórtico externo de refuerzo



Pórtico interno de refuerzo, en el piso 1.

Fuente: Elaboración propia del autor.

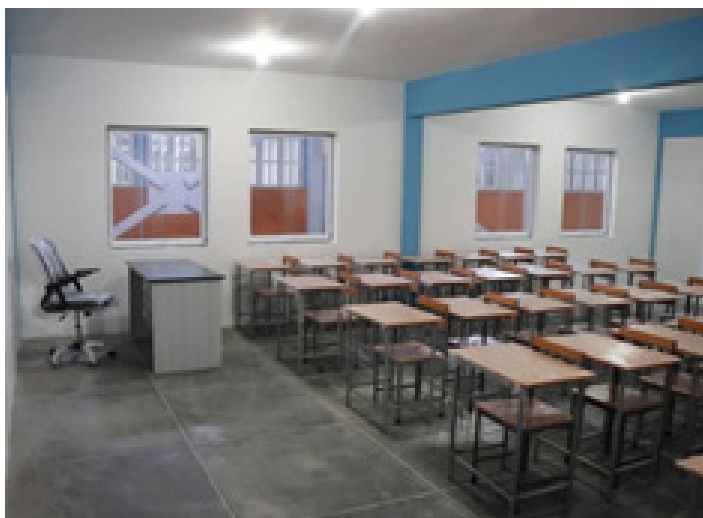


En la Figura N° 11 se muestran imágenes de la edificación una vez culminados la rehabilitación integral. Se observa la reducción del área de ventanas en el aula de clases, para eliminar el “efecto de columna corta”.

Figura N° 11. Patio, aula docente y cancha deportiva de la U.E. “Guillermo Gamarra Marrero”, luego de culminada la rehabilitación integral



Patio



Aula



Cancha deportiva

Fuente: Elaboración propia del autor.



Conclusión

a) Existen 29.804 planteles educativos que conforman el Inventario Nacional de Edificaciones Educativas en Venezuela, un 82,2 % son públicos y 17,8 % son privados; En el Área Metropolitana de Caracas se ubican 2.042 planteles educativos, de los cuales 49,5 % son públicos y 50,5 % son privados. Considerando la ubicación geográfica en el país, se tiene que 20.697 planteles educativos (69,44 %) están situados en zonas de amenaza sísmica elevada y 9.107 planteles educativos (30,56 %) en zonas de amenaza sísmica intermedia y baja, de acuerdo a la norma Covenin 1756-1:2019.

b) Los sismos ocurridos en el país, han puesto en evidencia la elevada vulnerabilidad de algunas tipologías de las edificaciones escolares más antiguas, por lo que se requiere que sean reforzadas para garantizar la seguridad de estudiantes y miembros de la comunidad educativa y proteger el valor económico.

c) Se recomienda extender los estudios de las edificaciones pertenecientes a los sistemas constructivos que presentan condiciones de vulnerabilidad y establecer como prioridad aquellas ubicadas en las zonas de mayor amenaza sísmica. La evaluación técnica debe extenderse a las edificaciones de los planteles educativos privados del Sub Sistema de Educación Básica y a las edificaciones educativas universitarias, las cuales, del mismo modo, presentan condiciones de vulnerabilidad sísmica.

d) Se han identificado seis sistemas constructivos que han sido utilizados en el pasado en edificaciones escolares, que poseen una elevada vulnerabilidad ante terremotos: 1) Antiguo I, 2) Cajetón MOP-Mindur, 3) Antiguo II, 4) Módulo Base, 5) Variel y 6) Sistema R Original. Los edificios derrumbados en Cariaco en 1997 pertenecían a los tipos 1 y 2.

e) Se han contabilizado un total de 94 edificaciones del Tipo Antiguo I de las cuales 66 están localizadas en zonas de elevada amenaza sísmica ($A_A \geq 0,20$), y 367 edificaciones del tipo Cajetón MOP-Mindur de las cuales, 308 están ubicadas en las zonas de elevada amenaza.

f) En el Área Metropolitana de Caracas, se han contabilizado un total de 65 edificaciones educativas que pertenecen a los sistemas constructivos de elevadas condiciones de vulnerabilidad, los cuales son: 31 edificios Cajetón MOP-Mindur, seis edificios Cajetón Mindur Especial, dos edificios del sistema Variel, dos Antiguo II, 17 Módulo Base, tres Sistema R- original y cuatro casos especiales.

g) Los proyectos de rehabilitación integral tienen como finalidad primordial garantizar su seguridad durante terremotos, pero, adicionalmente, adecuar su operatividad mediante la reubicación, construcción y recuperación de las redes de servicios básicos (electricidad, iluminación y fuerza, aguas blancas, aguas servidas y de lluvias, impermeabilización de losa de techos, gas, telefonía e internet) y de una arquitectura modificada de los cerramientos internos y externos necesarios, además que incorpore señalización para evacuación en casos de emergencia y rampas de acceso para personas con capacidades especiales y los acabados finales.

h) Se han desarrollado un total de 36 proyectos de rehabilitación integral, de los sistemas constructivos más vulnerables, por varias instituciones (FEDE, IMME, Funvisis, BID), de los cuales 23 están ubicados en el estado Sucre que es la zona de mayor amenaza sísmica del país, a la espera de los recursos para ejecutar las obras de construcción. El riesgo sísmico se reduce al ejecutar las obras, no se reduce solo con la elaboración de los proyectos. El caso de la Unidad Educativa "Guillermo Gamarra Marrero" es un ejemplo de ejecución de una rehabilitación integral que debe ser repetido en el resto del país, lo antes posible.

i) Se hace necesario ejecutar el Plan Nacional de reducción del riesgo sísmico de edificaciones educativas, iniciando con los 36 proyectos ya elaborados, que a corto y a mediano plazo, proceda con el reforzamiento estructural y rehabilitación integral de las 866 edificaciones de elevada vulnerabilidad ubicadas en zonas de moderada y elevada amenaza sísmica.

j) Se recomienda la ubicación, identificación y cuantificación de las diferentes tipologías constructivas de edificaciones educativas del país, a través de una plataforma con registros actualizados, lo cual facilitará el desarrollo de nuevos proyectos usando herramientas tecnológicas con base a un Sistema de Información Geográfica (SIG), para contribuir en el desarrollo del Plan Nacional.

k) Se exhorta a los entes correspondientes a la asignación de los recursos económicos necesarios, para darle continuidad a las obras que ya han sido iniciadas y se encuentran paralizadas, así como a la contratación en forma progresiva de los nuevos proyectos de rehabilitación integral de las edificaciones educativas que presentan condiciones elevadas de vulnerabilidad sísmica. Finalmente, a cumplir con los procesos de Licitación, Contratación, e Inspección técnica detallada de las obras.

Agradecimientos

Al Ing. Plinio González, Ing. Inspector de la obra, quien nos facilitó fotografías de la construcción del refuerzo sísmo-resistente de la U. E. "Guillermo Gamarra M."

Referencias

Altez, R. y Rodríguez, J. (2009). *Catálogo Sismológico Venezolano del Siglo XX*, Tomo I y Tomo II, Funvisis, ISBN 978-980-6069-14-5.

Banesco (2017). *Caracas en 450, Un Homenaje a Caracas en su Aniversario*. Vicepresidencia de Comunicaciones y RSE de Banesco y Mirelis Morales Tovar. ISBN 978-980-12-9654-6.

Coronel, D. (2018). *El Terremoto del Noreste de Venezuela de 2018*, El Más Grande de los Últimos Tiempos, Sentido en Colombia, Trinidad y Otras Islas del Caribe. Revista Tecnología y Construcción, 2017 33 – I, pp 102-115.

Coronel, D. y López, O. (2018). *Análisis Beneficio Costo en la Mitigación del Riesgo Sísmico de Edificaciones en Venezuela*. I Jornadas de Ingeniería Estructural "Roberto Aguiar Falconí" - I Jieraf - 2018 Uleam – UTM - Unesum Sede: Manta - 5, 6 y 7 de diciembre de 2018.

Covenin (2019). *Norma Venezolana para Construcciones Sismorresistentes*. Covenin-1:2019. Parte 1: Requisitos. Caracas.

Espinoza, J. / Mecaconst C.A (2014). *Proyecto de Refuerzo Estructural U.E.N. "Roberto Montesinos"*, Barquisimeto. Informe Final – Memoria de Reforzamiento.

FAU-UCV (1980-1987). Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Curso Urbanismo, Estructura Urbana, Historia de la Arquitectura Moderna I, II y III, Arquitectura Colonial, Conservación y Restauración de Monumentos, Arquitectura Contemporánea Venezolana, documentos y notas de Rafael González B.

FEDE (1982). *Folleto Azul - Síntesis Informativa*, 1982, Mindur y ME.

FEDE (1984). *Síntesis Informativa*, N° 10, mayo y junio de 1983, Mindur. FEDE (1984). *Síntesis Informativa*, N° 14, enero y febrero de 1984, Mindur.

FEDE (1998). *Síntesis Informativa- Segunda Época* No 19, enero-marzo de 1998, Ministerio de Educación, Caracas, Venezuela.

FEDE (1998). *Síntesis Informativa- Segunda Época* No 20, octubre-diciembre de 1998, Ministerio de Educación, Caracas, Venezuela.

Fondonorma (2020). *Norma Técnica, Medios de Escape en Edificaciones*. Características Según el Tipo de Ocupación. Anteproyecto 1, 0810:2020.

Funvisis (2009). *Observación de Daños Producidos por el Sismo de Tucacas en Edificaciones el 12 de septiembre de 2009*. Informe Técnico FUN-036.

Funvisis (2014). *Inspección post-sísmica en la población de El Tocuyo, Municipio Morán del estado Lara, producto del sismo de Mw 5,3 del 19 de febrero de 2014*. Informe Técnico FUN- 013;2014. Marzo, 2014.

Gasparini, G., y Posani, J. (1998). *Caracas a través de su Arquitectura*, Armitaño Editores, C.A., ISBN-980-216-163-2, Segunda Edición.

González, R. (2024). *Inventario de Edificaciones Educativas afectadas por Eventos Sísmicos en Venezuela 1900-2021*. En preparación.

Leal, I. (1967). *La Universidad de Caracas, 1967*. Edición Especial Circulo Musical.

López, L., y Rojas J. (2019). *Inspección de U.E. "Nueva Esparta", afectada por Tormenta Sísmica 2015*. Informe Coordinación FEDE Estado Mérida.

López, O., Hernández, J., Del Re, G., y Puig, J. (2004). *Reducción del Riesgo Sísmico en Escuelas de Venezuela*. Revista Boletín Técnico IMME, Vol. 42, No 3, 2004, p33-56.

López, O., Hernández J., Del Re, G., Puig, J., y Espinosa, L., (2007). *Reducing Seismic Risk of School Buildings in Venezuela*. Earthquake Spectra, Vol. 23, No 4, p 771-790.

López, O. (2009). *Indicadores de Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela*. Boletín Técnico IMME, Vol. 47, Número 1.

López, O., Coronel, D., y Rojas, R. (2014). *Índices de Priorización para la Gestión del Riesgo Sísmico en Edificaciones Existentes*. Revista de la Facultad. de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Vol. 29, N° 4, pp. 107-126.

López, O., Marinilli, A., y Coronel, D. (Ed.) (2015). Libro: *Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela*. Caracas, Venezuela. ISBN: 978- 980-12-7455-1, 1.135p.

López, O., Coronel, D., González B., y Fierro, F. (2023). *Desempeño Sísmico de Edificaciones Educativas*, Cap. 6 en el Libro: *Riesgo Sísmico en Caracas y Estrategias de Mitigación* (Editores López, O. y Coronel, G.).

Meneses, G. (1967), *El Libro de Caracas, Consejo Municipal del Distrito Federal, diciembre de 1967*, Edición Especial.