

INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES ESCOLARES EN ÁREAS SÍSMICAS DE VENEZUELA

ANGELO MARINILLI, NORBERTO FERNÁNDEZ, OSCAR ANDRÉS LÓPEZ Y GUSTAVO CORONEL D.

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales - IMME
Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela
e-mail: angelo.marinilli@ucv.ve

Recibido: abril 2014

Recibido en forma final revisado: julio 2014

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar la metodología empleada y los resultados de las inspecciones sismorresistentes realizadas en 346 edificaciones escolares en Venezuela. Para este fin se elaboró una planilla para recolectar la información estructural y no estructural de cada edificio escolar. Posteriormente se definieron un índice de riesgo como función de un índice de amenaza sísmica, un índice de vulnerabilidad, un índice de priorización como función del índice de riesgo y de un índice de ocupación. El índice de priorización propuesto servirá como soporte para la toma de decisiones técnicas y administrativas, tales como establecer prioridades para realizar evaluaciones estructurales detalladas o rehabilitaciones sismorresistentes en edificaciones escolares de Venezuela.

Palabras clave: inspecciones sismorresistentes, edificaciones escolares, riesgo sísmico, priorización, Venezuela

INSPECTION OF SCHOOL BUILDINGS IN SEISMIC PRONE AREAS OF VENEZUELA

ABSTRACT

The goal of this paper is to present the methodology and the results of seismic inspections performed in 346 school buildings in Venezuela. First of all a data collection form was designed to gather structural and non-structural information for each school building. Then a risk index was defined as a function of a hazard index, a vulnerability index, a prioritization index was defined as a function of the risk index and an occupation index. The prioritization index proposed will support technical and administrative decisions, such as establishing priorities to perform detailed structural evaluations or seismic rehabilitation of school buildings in Venezuela.

Keywords: seismic inspections, school buildings, risk, prioritization, Venezuela

INTRODUCCIÓN

Existen aproximadamente 29.000 escuelas distribuidas en todo el territorio de Venezuela, tal como se muestra en la figura 1. Adicionalmente, la citada figura permite observar que muchas de estas escuelas están ubicadas en las zonas de mayor amenaza sísmica en el país, de acuerdo con la zonificación de la Norma Venezolana Covenin 1756 para edificaciones sismorresistentes (NVC 1756, 2001). Varios centenares de esas escuelas funcionan en edificaciones de tipologías antiguas que han mostrado comportamientos inadecuados durante terremotos pasados. Sin embargo, no existe información disponible sobre las características estructurales y sismorresistentes de la mayor parte de las edificaciones escolares en el país. Debido a esto es muy

importante recolectar y procesar esa información, con la finalidad de estimar la vulnerabilidad y poder tomar las medidas administrativas y técnicas necesarias para mitigar el riesgo sísmico en las edificaciones escolares en Venezuela.

Los objetivos de este trabajo son presentar la metodología empleada para realizar las inspecciones sismorresistentes de edificaciones escolares en Venezuela, evaluar los índices de riesgo y priorización de las escuelas inspeccionadas y presentar los resultados obtenidos.

Esta investigación fue realizada en el marco del proyecto titulado “Reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares en Venezuela”, el cual se desarrolló con la

participación del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE) y la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) con el financiamiento del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) a través del Proyecto No. 2005000188.

Información básica

La primera etapa para la recopilación de la información básica consistió en identificar las edificaciones más antiguas, las más vulnerables y las más repetitivas con la ayuda de las oficinas locales de FEDE ubicadas en los 24 estados del país. Esto permitió identificar 104 edificaciones tipo “Antiguo I”, 334 edificaciones tipo “Cajetón” y 114 edificaciones tipo “Antiguo II”. Todas estas tipologías corresponden a estructuras de pórticos de concreto reforzado rellenos con paredes de mampostería no reforzada. Las edificaciones tipo Antiguo I son similares a la escuela Valentín Valiente que colapsó durante el terremoto de Cariaco (ocurrido el 09/07/1997 con magnitud $M_w = 6,9$) tal como se puede observar en la figura 2. Las edificaciones tipo Cajetón son similares al liceo Raimundo Martínez Centeno, que también resultó derrumbado durante el terremoto de Cariaco como se muestra en la figura 2. Las edificaciones tipo Antiguo II corresponden a una tipología utilizada para la construcción masiva de escuelas en las décadas de 1950 y 1960 que poseen una elevada vulnerabilidad (Lee *et al.*, 2007).

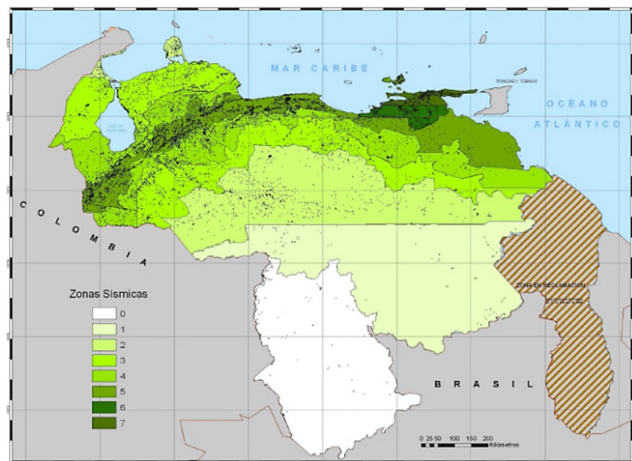


Figura 1. Distribución de escuelas de acuerdo con la zonificación sísmica de Venezuela (Coronel y López, 2012)

METODOLOGÍA

La metodología empleada para recopilar la información estructural básica, para realizar las inspecciones sismorresistentes y para evaluar los índices de riesgo y priorización en edificaciones escolares en Venezuela se explica a continuación.

La segunda etapa consistió en incluir algunas preguntas adicionales en la encuesta nacional desarrollada por el Ministerio del Poder Popular para la Educación, entre los años 2006 y 2008, en la mayor parte de las escuelas del país. Las preguntas adicionales tuvieron como intención recopilar información estructural básica como tipología estructural, número de pisos y año de construcción de las escuelas encuestadas. Finalmente, la tercera etapa consistió en la realización de inspecciones sismorresistentes tal como se explica a continuación.



Figura 2. Edificaciones escolares derrumbadas durante el terremoto de Cariaco ocurrido el 09/07/1997 y de magnitud $M_w = 6,9$: Escuela Valentín Valiente (izquierda) y Liceo Raimundo Martínez Centeno (derecha)

Inspecciones sismorresistentes

Se realizó un total de 346 inspecciones sismorresistentes con la finalidad de recopilar información más detallada para una muestra representativa de edificaciones escolares en Venezuela. Del total de las inspecciones, 311 fueron realizadas por el Centro de Estudios Integrales del Ambiente de la Universidad Central de Venezuela (CENAMB, 2011), 16 fueron realizadas por Hernández y Contreras (2008) y las 19 restantes por Grippi y Rodríguez (2008). Todas las inspecciones fueron realizadas en el marco de este proyecto de investigación. Las edificaciones inspeccionadas fueron seleccionadas de acuerdo con los siguientes criterios: edificaciones con tipologías estructurales similares a las que colapsaron durante el terremoto de Cariaco, edificaciones más antiguas y edificaciones ubicadas en las zonas de mayor amenaza sísmica del país. La figura 3 muestra cómo se distribuyen las edificaciones inspeccionadas de acuerdo con la zonificación sísmica de Venezuela: el 80% se encuentra en zonas de amenaza sísmica elevada (zonas 5, 6 y 7) y el 20% restante se encuentra en zonas de amenaza sísmica moderada (zonas 3 y 4).

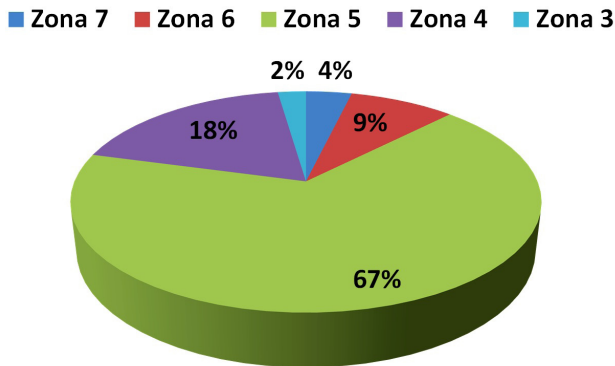


Figura 3. Distribución de las edificaciones escolares inspeccionadas de acuerdo con la zonificación sísmica de Venezuela

Planilla de recolección de información

Con la finalidad de levantar y organizar la información estructural y no estructural de las edificaciones escolares inspeccionadas se elaboró una planilla de recolección de información. Para su elaboración se consideraron varias experiencias similares, entre las cuales se pueden mencionar la planilla propuesta en el documento FEMA 154 (2002) para realizar inspecciones visuales rápidas de edificios, con el fin de evaluar el potencial de riesgo sísmico en los EE.UU., y la planilla usada por Meneses y Aguilar (2004) para realizar inspecciones rápidas en edificaciones escolares con el fin de evaluar su vulnerabilidad sísmica en el Perú.

Adicionalmente, la planilla de recolección de información se elaboró de acuerdo con los requisitos establecidos en las normas vigentes en Venezuela; a saber: la Norma Venezolana Covenin “Edificaciones Sismorresistentes” (NVC 1756, 2001), la Norma Venezolana Covenin “Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites” (NVC 1618, 1988) y la Norma Venezolana Fondonorma “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” (NVF 1753, 2006).

En la figura 4 se muestra la planilla de recolección de información elaborada para este proyecto. Dicha información se puede clasificar de la siguiente manera: (a) información básica que incluye identificación y dirección detalladas de la edificación, coordenadas geográficas de ubicación, datos del personal escolar que fue entrevistado, año de diseño y/o construcción y datos del inspector; (b) croquis que incluye plano de ubicación y esquema de disposición de elementos estructurales en planta y elevación y (c) información estructural y no estructural que incluye configuración de la estructura, características de los miembros estructurales y de los componentes no estructurales, presencia de problemas geotécnicos y estado de mantenimiento estructural de la edificación. Junto con la planilla de recolección los inspectores deben elaborar un reporte fotográfico detallado, junto con todos aquellos comentarios que consideren necesarios para describir con mayor claridad la información recopilada. La planilla y toda la información sobre ella pueden ser consultadas en la referencia IMME, FUNVISIS, FEDE (2011).

PROYECTO UCV - FUNVISIS - FEDE - FONACIT N° 2006000188		Escala: 1/6	
INSPECCIÓN OCULAR			
3. NOMBRE DEL PLANTEL O PLANTELLE: IMME - FACULTAD DE INGENIERÍA - UCV (EDIF. 5023)		4. CODIGO DE: 1. DIRECCIÓN: CARACAS, SE. ESTADOS UNIDOS VENEZUELA, MUNICIPIO: CARABOBO, CARRERA: CARABOBO, CARRERA: CARABOBO	
6. PERSONA ENTREVISTADA: FIDEL SOLÍS, LEONOR CORZO, INÉS LIGUORI, TELEFONO: (0212) 466 3436		10. AÑO DE PROYECTO: 1980, 11. AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1980, 12. AÑO DE REVISIÓN: 1980, 13. AÑO DE REVISIÓN: 1980	
14. NOMBRE DE PISO: 2, 17. DIRECCIÓN: BOCAL, COORD. UTM: 18-NORTE: 1.660.226, 18-ESTE: 781.150		20. INSPECTOR: JOSÉ ANGELO MARIN VILLI	
21. CROQUIS DESEÑAR PLANOS ADICIONALES SI ES NECESARIO			
PLANO DE UBICACIÓN			
22. MODALIDAD: 22.1. MATERIAL: 22.2. TIPO DE ESTRUCTURA: 22.3. FORMA DE LA PLANTA: 22.4. ALTURA:			
23. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES			
24. SISTEMA RESISTENTE A SISMOS DE LAS OBRAS: 25. ESTADO DE LA OBRAS: 26. ESTADO DE LA OBRAS: 27. ESTADO DE LA OBRAS:			
28. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 29. ESTADO DE LA OBRAS: 30. ESTADO DE LA OBRAS:			
31. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 32. ESTADO DE LA OBRAS: 33. ESTADO DE LA OBRAS:			
34. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 35. ESTADO DE LA OBRAS: 36. ESTADO DE LA OBRAS:			
37. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 38. ESTADO DE LA OBRAS: 39. ESTADO DE LA OBRAS:			
40. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 41. ESTADO DE LA OBRAS: 42. ESTADO DE LA OBRAS:			
43. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 44. ESTADO DE LA OBRAS: 45. ESTADO DE LA OBRAS:			
46. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 47. ESTADO DE LA OBRAS: 48. ESTADO DE LA OBRAS:			
49. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 50. ESTADO DE LA OBRAS: 51. ESTADO DE LA OBRAS:			
52. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 53. ESTADO DE LA OBRAS: 54. ESTADO DE LA OBRAS:			
55. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 56. ESTADO DE LA OBRAS: 57. ESTADO DE LA OBRAS:			
58. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 59. ESTADO DE LA OBRAS: 60. ESTADO DE LA OBRAS:			
61. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 62. ESTADO DE LA OBRAS: 63. ESTADO DE LA OBRAS:			
64. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 65. ESTADO DE LA OBRAS: 66. ESTADO DE LA OBRAS:			
67. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 68. ESTADO DE LA OBRAS: 69. ESTADO DE LA OBRAS:			
70. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 71. ESTADO DE LA OBRAS: 72. ESTADO DE LA OBRAS:			
73. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 74. ESTADO DE LA OBRAS: 75. ESTADO DE LA OBRAS:			
76. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 77. ESTADO DE LA OBRAS: 78. ESTADO DE LA OBRAS:			
79. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 80. ESTADO DE LA OBRAS: 81. ESTADO DE LA OBRAS:			
82. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 83. ESTADO DE LA OBRAS: 84. ESTADO DE LA OBRAS:			
85. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 86. ESTADO DE LA OBRAS: 87. ESTADO DE LA OBRAS:			
88. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 89. ESTADO DE LA OBRAS: 90. ESTADO DE LA OBRAS:			
91. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 92. ESTADO DE LA OBRAS: 93. ESTADO DE LA OBRAS:			
94. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 95. ESTADO DE LA OBRAS: 96. ESTADO DE LA OBRAS:			
97. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 98. ESTADO DE LA OBRAS: 99. ESTADO DE LA OBRAS:			
100. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 101. ESTADO DE LA OBRAS: 102. ESTADO DE LA OBRAS:			
103. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 104. ESTADO DE LA OBRAS: 105. ESTADO DE LA OBRAS:			
106. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 107. ESTADO DE LA OBRAS: 108. ESTADO DE LA OBRAS:			
109. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 110. ESTADO DE LA OBRAS: 111. ESTADO DE LA OBRAS:			
112. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 113. ESTADO DE LA OBRAS: 114. ESTADO DE LA OBRAS:			
115. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 116. ESTADO DE LA OBRAS: 117. ESTADO DE LA OBRAS:			
118. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 119. ESTADO DE LA OBRAS: 120. ESTADO DE LA OBRAS:			
121. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 122. ESTADO DE LA OBRAS: 123. ESTADO DE LA OBRAS:			
124. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 125. ESTADO DE LA OBRAS: 126. ESTADO DE LA OBRAS:			
127. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 128. ESTADO DE LA OBRAS: 129. ESTADO DE LA OBRAS:			
130. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 131. ESTADO DE LA OBRAS: 132. ESTADO DE LA OBRAS:			
133. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 134. ESTADO DE LA OBRAS: 135. ESTADO DE LA OBRAS:			
136. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 137. ESTADO DE LA OBRAS: 138. ESTADO DE LA OBRAS:			
139. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 140. ESTADO DE LA OBRAS: 141. ESTADO DE LA OBRAS:			
142. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 143. ESTADO DE LA OBRAS: 144. ESTADO DE LA OBRAS:			
145. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 146. ESTADO DE LA OBRAS: 147. ESTADO DE LA OBRAS:			
148. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 149. ESTADO DE LA OBRAS: 150. ESTADO DE LA OBRAS:			
151. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 152. ESTADO DE LA OBRAS: 153. ESTADO DE LA OBRAS:			
154. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 155. ESTADO DE LA OBRAS: 156. ESTADO DE LA OBRAS:			
157. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 158. ESTADO DE LA OBRAS: 159. ESTADO DE LA OBRAS:			
160. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 161. ESTADO DE LA OBRAS: 162. ESTADO DE LA OBRAS:			
163. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 164. ESTADO DE LA OBRAS: 165. ESTADO DE LA OBRAS:			
166. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 167. ESTADO DE LA OBRAS: 168. ESTADO DE LA OBRAS:			
169. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 170. ESTADO DE LA OBRAS: 171. ESTADO DE LA OBRAS:			
172. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 173. ESTADO DE LA OBRAS: 174. ESTADO DE LA OBRAS:			
175. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 176. ESTADO DE LA OBRAS: 177. ESTADO DE LA OBRAS:			
178. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 179. ESTADO DE LA OBRAS: 180. ESTADO DE LA OBRAS:			
181. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 182. ESTADO DE LA OBRAS: 183. ESTADO DE LA OBRAS:			
184. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 185. ESTADO DE LA OBRAS: 186. ESTADO DE LA OBRAS:			
187. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 188. ESTADO DE LA OBRAS: 189. ESTADO DE LA OBRAS:			
190. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 191. ESTADO DE LA OBRAS: 192. ESTADO DE LA OBRAS:			
193. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 194. ESTADO DE LA OBRAS: 195. ESTADO DE LA OBRAS:			
196. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 197. ESTADO DE LA OBRAS: 198. ESTADO DE LA OBRAS:			
199. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 200. ESTADO DE LA OBRAS: 201. ESTADO DE LA OBRAS:			
202. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 203. ESTADO DE LA OBRAS: 204. ESTADO DE LA OBRAS:			
205. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 206. ESTADO DE LA OBRAS: 207. ESTADO DE LA OBRAS:			
208. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 209. ESTADO DE LA OBRAS: 210. ESTADO DE LA OBRAS:			
211. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 212. ESTADO DE LA OBRAS: 213. ESTADO DE LA OBRAS:			
214. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 215. ESTADO DE LA OBRAS: 216. ESTADO DE LA OBRAS:			
217. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 218. ESTADO DE LA OBRAS: 219. ESTADO DE LA OBRAS:			
220. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 221. ESTADO DE LA OBRAS: 222. ESTADO DE LA OBRAS:			
223. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 224. ESTADO DE LA OBRAS: 225. ESTADO DE LA OBRAS:			
226. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 227. ESTADO DE LA OBRAS: 228. ESTADO DE LA OBRAS:			
229. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 230. ESTADO DE LA OBRAS: 231. ESTADO DE LA OBRAS:			
232. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 233. ESTADO DE LA OBRAS: 234. ESTADO DE LA OBRAS:			
235. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 236. ESTADO DE LA OBRAS: 237. ESTADO DE LA OBRAS:			
238. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 239. ESTADO DE LA OBRAS: 240. ESTADO DE LA OBRAS:			
241. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 242. ESTADO DE LA OBRAS: 243. ESTADO DE LA OBRAS:			
244. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 245. ESTADO DE LA OBRAS: 246. ESTADO DE LA OBRAS:			
247. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 248. ESTADO DE LA OBRAS: 249. ESTADO DE LA OBRAS:			
250. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 251. ESTADO DE LA OBRAS: 252. ESTADO DE LA OBRAS:			
253. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 254. ESTADO DE LA OBRAS: 255. ESTADO DE LA OBRAS:			
256. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 257. ESTADO DE LA OBRAS: 258. ESTADO DE LA OBRAS:			
259. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 260. ESTADO DE LA OBRAS: 261. ESTADO DE LA OBRAS:			
262. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 263. ESTADO DE LA OBRAS: 264. ESTADO DE LA OBRAS:			
265. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 266. ESTADO DE LA OBRAS: 267. ESTADO DE LA OBRAS:			
268. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 269. ESTADO DE LA OBRAS: 270. ESTADO DE LA OBRAS:			
271. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 272. ESTADO DE LA OBRAS: 273. ESTADO DE LA OBRAS:			
274. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 275. ESTADO DE LA OBRAS: 276. ESTADO DE LA OBRAS:			
277. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 278. ESTADO DE LA OBRAS: 279. ESTADO DE LA OBRAS:			
280. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 281. ESTADO DE LA OBRAS: 282. ESTADO DE LA OBRAS:			
283. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 284. ESTADO DE LA OBRAS: 285. ESTADO DE LA OBRAS:			
286. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 287. ESTADO DE LA OBRAS: 288. ESTADO DE LA OBRAS:			
289. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 290. ESTADO DE LA OBRAS: 291. ESTADO DE LA OBRAS:			
292. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 293. ESTADO DE LA OBRAS: 294. ESTADO DE LA OBRAS:			
295. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 296. ESTADO DE LA OBRAS: 297. ESTADO DE LA OBRAS:			
298. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 299. ESTADO DE LA OBRAS: 300. ESTADO DE LA OBRAS:			
301. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 302. ESTADO DE LA OBRAS: 303. ESTADO DE LA OBRAS:			
304. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 305. ESTADO DE LA OBRAS: 306. ESTADO DE LA OBRAS:			
307. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 308. ESTADO DE LA OBRAS: 309. ESTADO DE LA OBRAS:			
310. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 311. ESTADO DE LA OBRAS: 312. ESTADO DE LA OBRAS:			
313. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 314. ESTADO DE LA OBRAS: 315. ESTADO DE LA OBRAS:			
316. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 317. ESTADO DE LA OBRAS: 318. ESTADO DE LA OBRAS:			
319. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 320. ESTADO DE LA OBRAS: 321. ESTADO DE LA OBRAS:			
322. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 323. ESTADO DE LA OBRAS: 324. ESTADO DE LA OBRAS:			
325. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 326. ESTADO DE LA OBRAS: 327. ESTADO DE LA OBRAS:			
328. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 329. ESTADO DE LA OBRAS: 330. ESTADO DE LA OBRAS:			
331. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 332. ESTADO DE LA OBRAS: 333. ESTADO DE LA OBRAS:			
334. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 335. ESTADO DE LA OBRAS: 336. ESTADO DE LA OBRAS:			
337. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 338. ESTADO DE LA OBRAS: 339. ESTADO DE LA OBRAS:			
340. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 341. ESTADO DE LA OBRAS: 342. ESTADO DE LA OBRAS:			
343. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 344. ESTADO DE LA OBRAS: 345. ESTADO DE LA OBRAS:			
346. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 347. ESTADO DE LA OBRAS: 348. ESTADO DE LA OBRAS:			
349. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 350. ESTADO DE LA OBRAS: 351. ESTADO DE LA OBRAS:			
352. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 353. ESTADO DE LA OBRAS: 354. ESTADO DE LA OBRAS:			
355. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 356. ESTADO DE LA OBRAS: 357. ESTADO DE LA OBRAS:			
358. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 359. ESTADO DE LA OBRAS: 360. ESTADO DE LA OBRAS:			
361. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 362. ESTADO DE LA OBRAS: 363. ESTADO DE LA OBRAS:			
364. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 365. ESTADO DE LA OBRAS: 366. ESTADO DE LA OBRAS:			
367. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 368. ESTADO DE LA OBRAS: 369. ESTADO DE LA OBRAS:			
370. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 371. ESTADO DE LA OBRAS: 372. ESTADO DE LA OBRAS:			
373. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 374. ESTADO DE LA OBRAS: 375. ESTADO DE LA OBRAS:			
376. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 377. ESTADO DE LA OBRAS: 378. ESTADO DE LA OBRAS:			
379. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 380. ESTADO DE LA OBRAS: 381. ESTADO DE LA OBRAS:			
382. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 383. ESTADO DE LA OBRAS: 384. ESTADO DE LA OBRAS:			
385. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 386. ESTADO DE LA OBRAS: 387. ESTADO DE LA OBRAS:			
388. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 389. ESTADO DE LA OBRAS: 390. ESTADO DE LA OBRAS:			
391. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 392. ESTADO DE LA OBRAS: 393. ESTADO DE LA OBRAS:			
394. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 395. ESTADO DE LA OBRAS: 396. ESTADO DE LA OBRAS:			
397. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 398. ESTADO DE LA OBRAS: 399. ESTADO DE LA OBRAS:			
400. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 401. ESTADO DE LA OBRAS: 402. ESTADO DE LA OBRAS:			
403. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 404. ESTADO DE LA OBRAS: 405. ESTADO DE LA OBRAS:			
406. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 407. ESTADO DE LA OBRAS: 408. ESTADO DE LA OBRAS:			
409. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 410. ESTADO DE LA OBRAS: 411. ESTADO DE LA OBRAS:			
412. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 413. ESTADO DE LA OBRAS: 414. ESTADO DE LA OBRAS:			
415. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 416. ESTADO DE LA OBRAS: 417. ESTADO DE LA OBRAS:			
418. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 419. ESTADO DE LA OBRAS: 420. ESTADO DE LA OBRAS:			
421. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 422. ESTADO DE LA OBRAS: 423. ESTADO DE LA OBRAS:			
424. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 425. ESTADO DE LA OBRAS: 426. ESTADO DE LA OBRAS:			
427. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 428. ESTADO DE LA OBRAS: 429. ESTADO DE LA OBRAS:			
430. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 431. ESTADO DE LA OBRAS: 432. ESTADO DE LA OBRAS:			
433. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 434. ESTADO DE LA OBRAS: 435. ESTADO DE LA OBRAS:			
436. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 437. ESTADO DE LA OBRAS: 438. ESTADO DE LA OBRAS:			
439. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 440. ESTADO DE LA OBRAS: 441. ESTADO DE LA OBRAS:			
442. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 443. ESTADO DE LA OBRAS: 444. ESTADO DE LA OBRAS:			
445. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 446. ESTADO DE LA OBRAS: 447. ESTADO DE LA OBRAS:			
448. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 449. ESTADO DE LA OBRAS: 450. ESTADO DE LA OBRAS:			
451. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 452. ESTADO DE LA OBRAS: 453. ESTADO DE LA OBRAS:			
454. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 455. ESTADO DE LA OBRAS: 456. ESTADO DE LA OBRAS:			
457. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 458. ESTADO DE LA OBRAS: 459. ESTADO DE LA OBRAS:			
460. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 461. ESTADO DE LA OBRAS: 462. ESTADO DE LA OBRAS:			
463. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 464. ESTADO DE LA OBRAS: 465. ESTADO DE LA OBRAS:			
466. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 467. ESTADO DE LA OBRAS: 468. ESTADO DE LA OBRAS:			
469. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 470. ESTADO DE LA OBRAS: 471. ESTADO DE LA OBRAS:			
472. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 473. ESTADO DE LA OBRAS: 474. ESTADO DE LA OBRAS:			
475. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 476. ESTADO DE LA OBRAS: 477. ESTADO DE LA OBRAS:			
478. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 479. ESTADO DE LA OBRAS: 480. ESTADO DE LA OBRAS:			
481. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 482. ESTADO DE LA OBRAS: 483. ESTADO DE LA OBRAS:			
484. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 485. ESTADO DE LA OBRAS: 486. ESTADO DE LA OBRAS:			
487. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 488. ESTADO DE LA OBRAS: 489. ESTADO DE LA OBRAS:			
490. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 491. ESTADO DE LA OBRAS: 492. ESTADO DE LA OBRAS:			
493. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 494. ESTADO DE LA OBRAS: 495. ESTADO DE LA OBRAS:			
496. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 497. ESTADO DE LA OBRAS: 498. ESTADO DE LA OBRAS:			
499. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 500. ESTADO DE LA OBRAS: 501. ESTADO DE LA OBRAS:			
502. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 503. ESTADO DE LA OBRAS: 504. ESTADO DE LA OBRAS:			
505. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 506. ESTADO DE LA OBRAS: 507. ESTADO DE LA OBRAS:			
508. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 509. ESTADO DE LA OBRAS: 510. ESTADO DE LA OBRAS:			
511. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 512. ESTADO DE LA OBRAS: 513. ESTADO DE LA OBRAS:			
514. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 515. ESTADO DE LA OBRAS: 516. ESTADO DE LA OBRAS:			
517. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 518. ESTADO DE LA OBRAS: 519. ESTADO DE LA OBRAS:			
520. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 521. ESTADO DE LA OBRAS: 522. ESTADO DE LA OBRAS:			
523. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 524. ESTADO DE LA OBRAS: 525. ESTADO DE LA OBRAS:			
526. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 527. ESTADO DE LA OBRAS: 528. ESTADO DE LA OBRAS:			
529. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 530. ESTADO DE LA OBRAS: 531. ESTADO DE LA OBRAS:			
532. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES: 533. ESTADO DE LA OBRAS: 534. ESTADO DE LA OBRAS:			
535. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS			

Inspectores y entrenamiento

Los inspectores seleccionados para realizar las inspecciones sísmicas fueron estudiantes de ingeniería civil, estudiantes de arquitectura y bomberos. El objetivo de esta selección fue garantizar grupos de inspectores con formación básica en ingeniería estructural y sismorresistente. Para complementar dicha formación, se dictaron sendos talleres de instrucción para cada grupo de inspectores. Estos talleres incluyeron una revisión de los conceptos básicos de ingeniería estructural y sismorresistente, prestando especial atención a los detalles estructurales y no estructurales que pueden condicionar el desempeño sísmico de una estructura, dos sesiones de entrenamiento en campo realizados en edificaciones escolares y, posteriormente, una discusión de las experiencias y los resultados obtenidos en dichas sesiones.

Finalmente, para facilitar el uso de la planilla de recolección de información, se elaboró un instructivo detallado que sirviese como guía durante el dictado del taller de formación y la ejecución de las inspecciones.

Índices de riesgo y priorización

Con base en la información recopilada, para cada edificación escolar se calculó su índice de riesgo (I_r) y su índice de priorización (I_p) definidos por las ecuaciones (1) y (2), respectivamente. Es importante aclarar que el índice de riesgo definido en la ecuación (1) no pretende cuantificar el verdadero riesgo sísmico de una edificación escolar, sino determinar valores que permitan comparar edificios escolares entre sí con base en la información recopilada. Por otra parte, el índice de priorización se definió como soporte para la toma de decisiones técnicas y administrativas, tales como: establecer prioridades para realizar evaluaciones estructurales detalladas o realizar rehabilitaciones sismorresistentes de las edificaciones escolares.

$$I_r = I_z \cdot I_v \quad (1)$$

$$I_p = I_z \cdot I_v \cdot I_o = I_r \cdot I_o \quad (2)$$

A continuación se describen los índices expresados en las ecuaciones (1) y (2). El índice de amenaza sísmica (I_z) depende de la zona sísmica donde se ubica la edificación inspeccionada de acuerdo con la NVC 1756 (2001). El índice propuesto varía linealmente, tomando el valor 0,25 para la zona sísmica 1 (aceleración máxima del terreno $PGA=0,1g$ para un período de retorno $T=475$ años) y el valor 1,00 para la zona sísmica 7 ($PGA=0,4g$ para $T=475$ años). El índice de ocupación (I_o) depende de la

capacidad de la edificación escolar, variando entre 0,5 para capacidades hasta 500 estudiantes y 1,0 para capacidades mayores a 1.000 estudiantes.

El índice de vulnerabilidad (I_v) depende de los detalles estructurales y no estructurales. Este índice fue desarrollado tomando en consideración la práctica constructiva y las características usuales de las edificaciones escolares en Venezuela. El índice propuesto considera la tipología estructural (con un peso relativo de hasta 20% del índice de vulnerabilidad resultante), el año de proyecto y/o construcción (peso relativo de hasta 20%), la existencia de irregularidades en planta (peso relativo de hasta 18%), la existencia de irregularidades verticales tales como discontinuidad del sistema resistente a sismos o la presencia de "columnas cortas" (peso relativo de hasta 18%), la existencia de patologías estructurales y/o la ausencia de un mantenimiento estructural adecuado (peso relativo de hasta 18%) y la existencia de problemas geotécnicos (peso relativo de hasta 6%).

Para definir el índice de vulnerabilidad se le dio especial importancia a la presencia de columnas cortas y a la ausencia de líneas resistentes en las dos direcciones principales de la planta, debido a que estas características contribuyeron a que algunas edificaciones escolares tuvieran comportamientos sismorresistentes inadecuados durante terremotos ocurridos en Venezuela, véase por ejemplo López (2009). Con respecto a la fecha del proyecto y/o la construcción se consideraron como referencia los siguientes años: 1939, cuando se estableció la primera norma estructural en Venezuela, que utilizaba cargas sísmicas de baja intensidad y sin detallado sismorresistente para los miembros estructurales; 1967, cuando ocurrió el Terremoto de Caracas (29/07/1967 y $M_w=6,6$) y 1982, cuando la norma sísmica y las normas estructurales comenzaron a conciliarse con los requisitos modernos para análisis y diseño de edificaciones sismorresistentes. Se pueden consultar detalles adicionales sobre los índices propuestos en la referencia IMME, FUNVISIS, FEDE (2011).

Las edificaciones escolares que colapsaron durante el terremoto de Cariaco se usaron como ejemplo para ilustrar cómo se determinan los índices propuestos. Dichas edificaciones estaban ubicadas en la población de Cariaco en el estado Sucre (región nororiental de Venezuela), correspondiente a la zona sísmica 7 según la NVC 1756 (2001). La escuela Valentín Valiente fue construida en la década de los 50 y estaba compuesta por dos edificios tipo Antiguo I separados por una junta estructural. Esta edificación estaba caracterizada por la ausencia de líneas

resistentes en la dirección más larga de su planta y la presencia de una gran cantidad de columnas cortas en sus dos niveles. El liceo Raimundo Martínez Centeno fue construido con la tipología denominada Cajetón en la década de los 80, aunque su proyecto es de fecha anterior. Estaba compuesto por dos edificios con planta en forma de “C” separados por una junta estructural, ambos caracterizados por la presencia de líneas resistentes en las dos direcciones principales de sus plantas y la presencia de columnas cortas en todos sus niveles. La figura 2 permite observar los modos de falla de ambas edificaciones escolares, mientras que la tabla 1 contiene los valores de todos los índices calculados para dichas edificaciones.

Tabla 1. Índices de las edificaciones escolares derrumbadas durante el Terremoto de Cariaco.

Edificación Escolar	Iz	Iv	Io	Ir	Ip
Escuela Valentín Valiente	1,00	0,64	0,50	0,64	0,32
Liceo Raimundo Martínez Centeno	1,00	0,45	1,00	0,45	0,45

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados más resaltantes obtenidos de las inspecciones realizadas. La figura 5 muestra la distribución de las edificaciones escolares inspeccionadas de acuerdo con el año de diseño y/o construcción y la presencia de líneas resistentes a sismo. Se puede observar que el 47% de las edificaciones inspeccionadas tienen fecha de diseño o construcción anterior a 1967, el 32% entre 1967 y 1982 y el 21% con fecha posterior a 1982. Por otra parte, se observa que en tan sólo el 32% de las edificaciones escolares inspeccionadas se pudo identificar claramente la existencia de líneas resistentes en las dos direcciones principales en planta.

Las figuras 6 a 8 muestran algunos ejemplos de edificaciones escolares inspeccionadas en el estado Sucre, donde se ubica la zona de mayor amenaza sísmica en Venezuela (zona sísmica 7 con $PGA=0,4g$ para $T=475$ años). La edificación mostrada en la figura 6 corresponde a una edificación construida en la primera mitad del siglo XX, en la que se observó ausencia de líneas resistentes claramente definidas en las dos direcciones principales de su planta. La figura 7

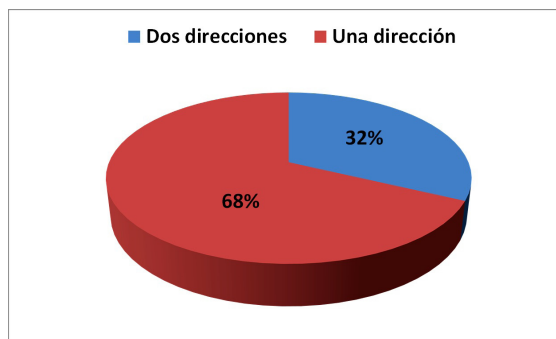
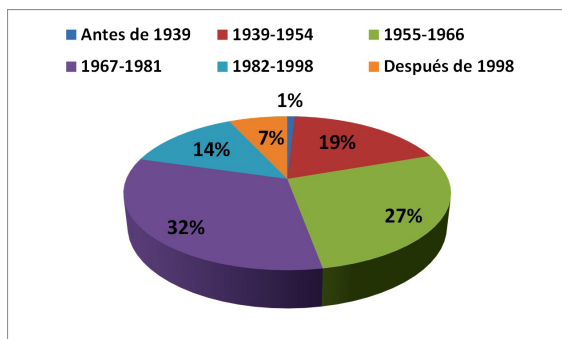


Figura 5. Distribución de las edificaciones escolares inspeccionadas según el año de diseño y/o construcción (izquierda) y la presencia de líneas resistentes a sismo (derecha)

(izquierda) muestra una edificación tipo Antiguo I similar a la Escuela Valentín Valiente. La figura 7 (derecha) muestra una edificación tipo Cajetón en la que sólo se pudo identificar claramente líneas resistentes en la dirección más larga de la planta, aunque se sabe que existen vigas planas en la dirección más corta de acuerdo con algunos

planos estructurales disponibles. La figura 8 muestra una edificación escolar de construcción más reciente en la que se pudo identificar líneas resistentes en las dos direcciones principales de su planta, aunque se observó la presencia de columnas cortas.



Figura 6. Edificación escolar antigua inspeccionada en el estado Sucre



Figura 7. Edificaciones escolares tipo Antiguo I (izquierda) y Cajetón (derecha) inspeccionadas en el estado Sucre



Figura 8. Edificación escolar moderna inspeccionada en el estado Sucre

Índices de amenaza sísmica, ocupación, vulnerabilidad, riesgo y priorización

La figura 9 (izquierda) muestra la distribución del índice de amenaza sísmica para las edificaciones escolares inspeccionadas, donde se observa que el 80% de éstas mostró índices mayores a 0,75. Esto ocurre debido a que las edificaciones inspeccionadas están ubicadas en las

zonas de mayor amenaza sísmica del país, de acuerdo con los criterios de selección discutidos anteriormente. Por otra parte, la figura 9 (derecha) muestra la distribución del índice de ocupación de las edificaciones. En este caso el 54% de las edificaciones mostró índices mayores a 0,75 debido a que corresponden a escuelas con capacidades superiores a 500 estudiantes.

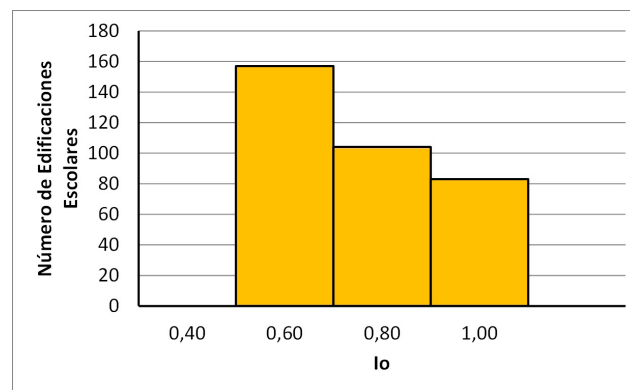
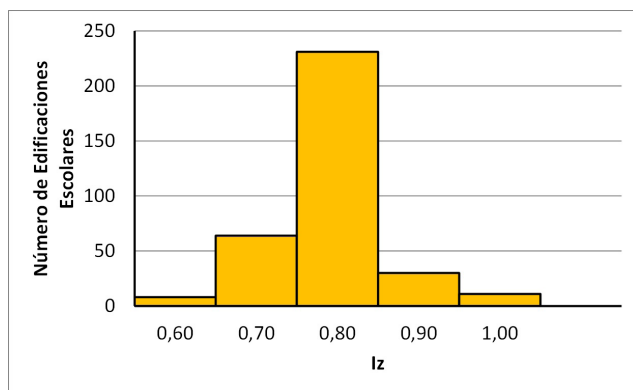


Figura 9. Distribución del índice de amenaza sísmica (izquierda) y del índice de ocupación (derecha) para las edificaciones escolares inspeccionadas

La figura 10 (izquierda) muestra la distribución obtenida del índice de vulnerabilidad. Al comparar con los resultados de los edificios colapsados durante el terremoto de Cariaco (tabla 1), se observa que cerca del 69% mostró índices mayores a 0,45 y cerca del 19% mostró índices mayores

a 0,64. Por otra parte, la figura 10 (derecha) muestra la distribución del índice de riesgo; de manera similar, cerca del 30% mostró índices mayores a 0,45 y cerca del 3% mostró índices mayores a 0,64.

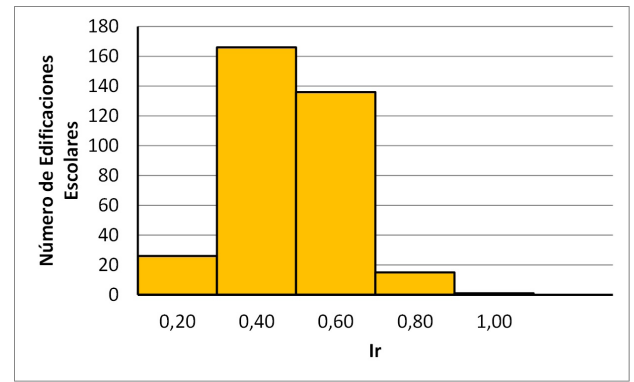
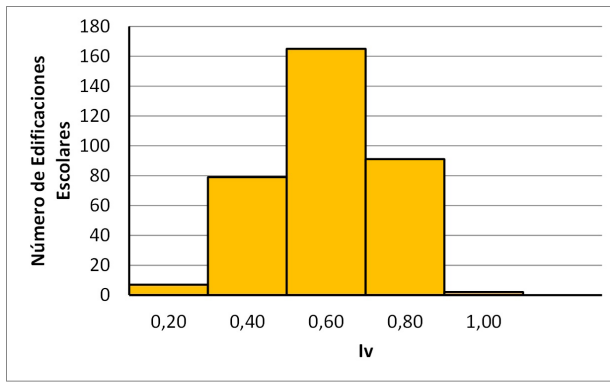


Figura 10. Distribución del índice de vulnerabilidad (izquierda) y del índice de riesgo (derecha) para las edificaciones escolares inspeccionadas

La figura 11 muestra la distribución del índice de priorización para las edificaciones escolares inspeccionadas. Al comparar nuevamente estos resultados con los edificios derrumbados durante el terremoto de Cariaco (tabla 1), se observa que alrededor del 36% mostró valores mayores a 0,32 y el 11% mostró valores mayores a 0,45.

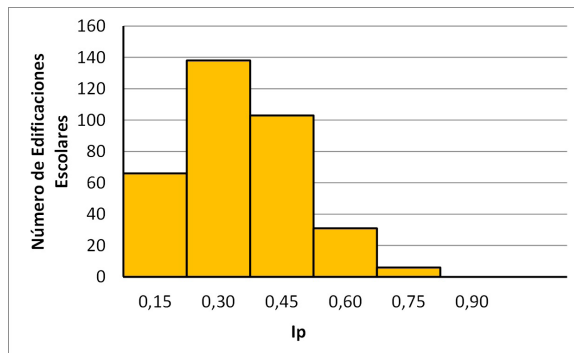


Figura 11. Distribución del índice de priorización para las edificaciones escolares inspeccionadas

VALIDACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO PROPUESTO

La tabla 2 contiene un listado de 19 edificaciones escolares del estado Sucre, entre las cuales se incluye la Escuela Valentín Valiente y el Liceo Raimundo Martínez Centeno, inspeccionadas por profesionales de la ingeniería una vez ocurrido el terremoto de Cariaco. En dicha tabla se indican además las aceleraciones máximas estimadas del terreno (A_j) y el estado de daño observado, tomados de la referencia Coronel y López (2013). La descripción de los estados de daño reportados por los autores se presenta en la tabla 3. Es interesante observar que, aunque todas las instituciones educativas identificadas están ubicadas en el estado Sucre, la mayoría de ellas están en la zona sísmica 7 (PGA=0,4g para T=475 años) y sólo la E. B. Diego De Vallenilla se encuentra ubicada en la zona sísmica 6 (PGA=0,35g para T=475 años) de acuerdo con la zonificación de la NVC 1756 (2001).

Tabla 3. Descripción de los estados de daño.

Daño	Descripción
0	Sin Daño
1	Leve
2	Moderado
3	Severo
4	Completo

La tabla 2 contiene también los índices de amenaza sísmica, vulnerabilidad, ocupación y priorización de las 19 edificaciones escolares, determinados de acuerdo con el procedimiento descrito previamente y modificados según se indica a continuación. Con la finalidad de validar el índice de riesgo y posteriormente desarrollar un criterio de priorización, se calculó un índice de amenaza sísmica equivalente (I_z^*), asignando a cada edificación escolar un valor del índice de amenaza sísmica en correspondencia con la aceleración máxima estimada del terreno durante el terremoto (A_j). De esta manera el valor del índice de amenaza equivalente es consistente con las solicitaciones sísmicas que actuaron sobre cada estructura durante el terremoto. Con el I_z^* así determinado se calculó el índice de riesgo equivalente (I_r^*) y el índice de priorización equivalente (I_p^*) para cada una de las edificaciones escolares, siguiendo el mismo procedimiento descrito previamente. Detalles adicionales sobre la obtención de los índices mostrados en la tabla 2 pueden encontrarse en la referencia Delgado y Merola (2013).

En la figura 12 se grafica el índice de riesgo equivalente (I_r^*) contra el nivel de daño registrado en las 19 edificaciones escolares. Se observa en términos generales una buena correlación, puesto que a mayores valores de I_r^* se registraron mayores daños durante el terremoto. Esto permite validar de alguna manera el índice de riesgo propuesto en este trabajo.

Tabla 2. Edificaciones escolares del Estado Sucre inspeccionadas por profesionales de la ingeniería luego del terremoto de Cariaco.

No.	Nombre de la institución	$A_i(g)$	Daño	I_z	I_v	I_o	I_p	I_z^*	I_r^*	I_p^*
1	U.E. José María Carrera	0,40	2	1,00	0,59	1,00	0,59	1,00	0,59	0,59
2	Escuela Río Casanay	0,30	1	1,00	0,62	0,50	0,31	0,75	0,47	0,23
3	U.E. Juan Pablo Rojas Paúl	0,11	2	1,00	0,73	0,75	0,55	0,25	0,18	0,14
4	U.E. Chacaracual	0,09	0	1,00	0,75	0,75	0,56	0,13	0,10	0,07
5	U.E. Carlos Francisco Grisanti	0,10	0	1,00	0,57	0,75	0,43	0,25	0,14	0,11
6	U.E. Miguel Sánchez Pesquera	0,13	1	1,00	0,64	0,50	0,32	0,25	0,16	0,08
7	U.E. Playa Grande	0,18	2	1,00	0,26	0,75	0,20	0,38	0,10	0,07
8	U.E. Eustoquia Soledad Luiggi	0,15	1	1,00	0,53	0,75	0,40	0,38	0,20	0,15
9	E.B. Santa Catalina	0,18	1	1,00	0,40	0,75	0,30	0,38	0,15	0,11
10	U.E. Jesús A. Marcano	0,15	1	1,00	0,42	1,00	0,42	0,38	0,16	0,16
11	E.B. Dr. Luis Napoleón Blanco	0,04	1	1,00	0,55	0,50	0,28	0,13	0,07	0,04
12	E.B. Nuestra Señora Del Rosario	0,10	1	1,00	0,41	0,50	0,21	0,25	0,10	0,05
13	U.E. Salvador Córdova	0,05	0	1,00	0,73	1,00	0,73	0,13	0,09	0,09
14	U.E. Francisco Alemán Parra	0,21	0	1,00	0,38	0,75	0,29	0,50	0,19	0,14
15	E. B. Diego De Vallenilla	0,11	2	0,88	0,45	1,00	0,40	0,25	0,11	0,11
16	U.E. Pedro Camejo	0,26	1	1,00	0,65	0,50	0,33	0,63	0,41	0,20
17	E.B. Antonio Lemus Pérez	0,09	1	1,00	0,40	1,00	0,40	0,13	0,05	0,05
18	Escuela Valentín Valiente	0,41	4	1,00	0,64	0,50	0,32	1,00	0,64	0,32
19	Liceo Raimundo Martínez Centeno	0,40	4	1,00	0,45	1,00	0,45	1,00	0,45	0,45

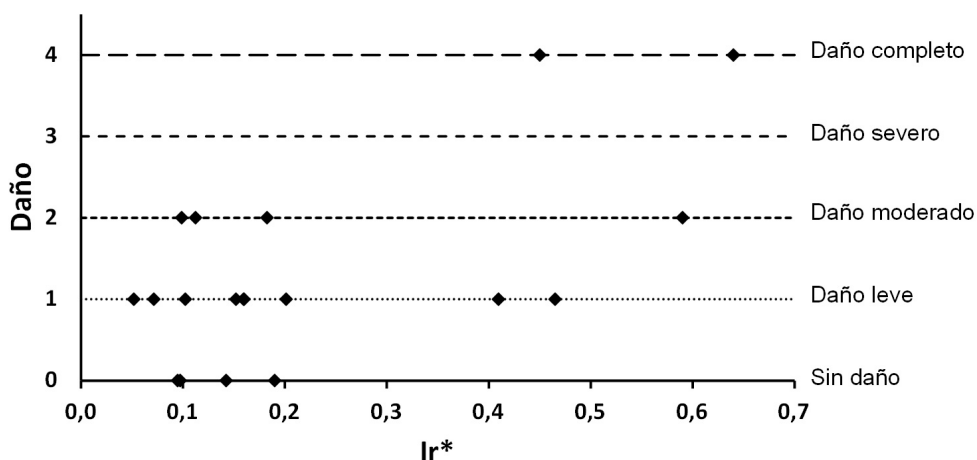


Figura 12. Gráfico de daño contra índice de riesgo para edificaciones inspeccionadas luego del terremoto de Cariaco

CRITERIO DE PRIORIZACIÓN

El índice de priorización tiene como finalidad práctica servir como base para la toma de decisiones por parte de los entes involucrados en la mitigación del riesgo sísmico, sean éstos de carácter público o privado. Así, por ejemplo, el documento FEMA 154 (2002) indica que para lograr esta finalidad se debe definir un valor límite (*cut-off*) del índice obtenido con la metodología propuesta en dicho documento, para clasificar cada edificación inspeccionada

en alguna de las siguientes dos categorías: edificaciones que se espera tengan un desempeño sísmico aceptable o edificaciones que se consideran riesgosas y requieren una evaluación sismorresistente más detallada. Igualmente el documento indica que el valor límite debe ser establecido de mutuo acuerdo por todas las partes que participan en el proceso, preferiblemente en la etapa de planificación de las inspecciones.

Propuesta de un criterio de priorización

El análisis de la figura 11 permitió indicar que alrededor del 36% de las edificaciones escolares inspeccionadas mostró un índice de priorización mayor a 0,32 y alrededor del 11% mayor a 0,45. Debe recordarse que estos valores corresponden a la Escuela Valentín Valiente y al Liceo Raimundo Martínez Centeno, respectivamente. Puede hacerse un análisis más detallado para el uso del índice de priorización definido en este trabajo, con base en las 19 edificaciones escolares identificadas en la tabla 2.

En la figura 13 se grafica el índice de priorización equivalente (I_p^*) contra el nivel de daño registrado en las 19 edificaciones escolares durante el terremoto. En la figura se puede observar que, en términos generales, a mayores valores del índice de priorización las edificaciones escolares sufrieron mayor daño durante el terremoto. La única excepción corresponde a la U.E. José María Carrera que, a pesar de tener el mayor valor del índice de priorización equivalente ($I_p^* = 0,59$) debido a su población escolar, mostró sólo daño moderado.

La propuesta de priorización se basa en establecer las siguientes tres categorías: prioridad alta, prioridad media y prioridad baja. La primera categoría corresponde a aquellas edificaciones escolares que deben ser reforzadas de inmediato, la segunda a aquellas que requieren evaluaciones más detalladas para establecer si deben o no ser reforzadas y, la última, a aquellas edificaciones escolares que no requieren evaluaciones adicionales por considerarse seguras. Con la finalidad de definir los rangos para cada categoría, se estableció que aquellas edificaciones escolares con índice de priorización igual o mayor al menor índice de las edificaciones derrumbadas durante el terremoto ($I_p \geq 0,32$) deben ser reforzadas de inmediato. Aquellas edificaciones escolares con índice de priorización menor al mayor índice de priorización de aquellas que no sufrieron daño o sufrieron daño leve ($I_p < 0,07$) no requieren evaluaciones adicionales. Las edificaciones restantes ($0,07 \leq I_p < 0,32$) requieren evaluaciones más detalladas. En la tabla 4 se resume la propuesta para priorización de edificaciones escolares en Venezuela.

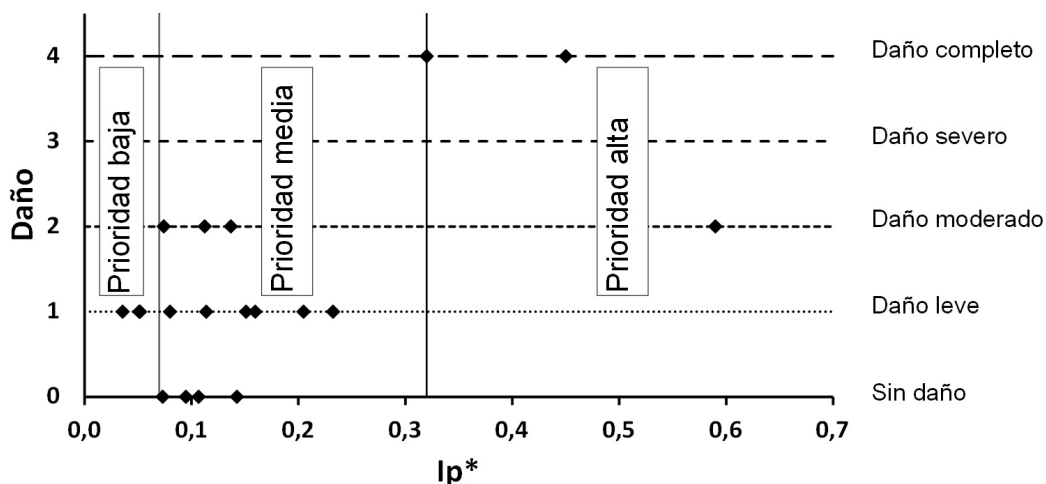


Figura 13. Gráfico de daño contra índice de priorización equivalente para edificaciones inspeccionadas luego del terremoto de Cariaco y propuesta de priorización

Tabla 4. Propuesta para priorización de edificaciones escolares en Venezuela.

Categoría	Descripción	Rango
Prioridad alta	Deben ser reforzadas de inmediato	$I_p \geq 0,32$
Prioridad media	Requieren evaluaciones sismorresistentes más detalladas	$0,07 \leq I_p < 0,32$
Prioridad baja	No requieren evaluaciones adicionales	$I_p < 0,07$

Priorización de las edificaciones escolares inspeccionadas

La figura 14 muestra la distribución de las edificaciones escolares inspeccionadas de acuerdo con la propuesta de priorización. Se observa que el 36% de las edificaciones escolares tiene una prioridad alta y deben ser reforzadas de inmediato, el 62% tiene prioridad media y requiere evaluaciones más detalladas y sólo el 2% tiene prioridad baja. Se debe recordar que las edificaciones inspeccionadas fueron seleccionadas según criterios de similitud con

las derrumbadas durante el terremoto de Cariaco, mayor antigüedad y ubicación en las zonas de mayor amenaza sísmica; por lo que estos resultados no pueden ser extrapolados directamente al resto del país.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan las metodologías propuestas y empleadas para realizar inspecciones sismorresistentes de edificaciones escolares en Venezuela, así como para evaluar los índices de riesgo y priorización de dichas edificaciones. Se presentan también los resultados obtenidos de las inspecciones realizadas en un grupo de edificaciones escolares en el país.

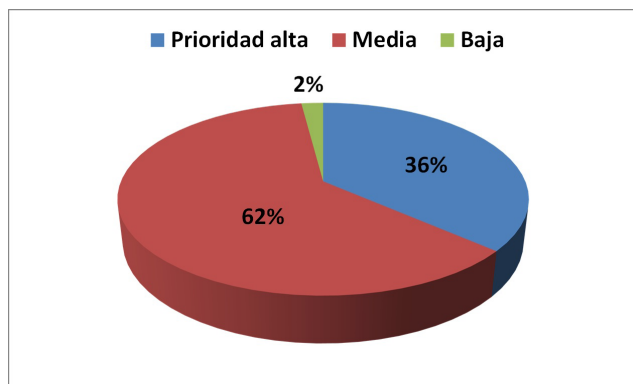


Figura 14. Distribución de las edificaciones escolares inspeccionadas según la propuesta de priorización

Para realizar las inspecciones se diseñó una planilla para recolectar información estructural y no estructural, particularizada para edificaciones escolares de Venezuela. Se definió un índice de riesgo como función de un índice de amenaza sísmica y de un índice de vulnerabilidad. Es importante aclarar que el índice de riesgo propuesto no pretende cuantificar el verdadero riesgo sísmico de una edificación escolar, sino más bien determinar valores que permitan comparar edificios escolares entre sí, con base en la información recopilada durante las inspecciones. El índice de riesgo propuesto pudo ser validado con base en los niveles de daño registrados en un grupo de edificaciones escolares durante el terremoto de Cariaco. Se definió un índice de priorización como función del índice de riesgo y de un índice de ocupación. Este índice de priorización se formuló como soporte para la toma de decisiones en la reducción del riesgo sísmico, tales como establecer prioridades para realizar evaluaciones estructurales detalladas y rehabilitaciones sismorresistentes de las edificaciones escolares.

Se inspeccionó un total de 346 edificaciones escolares en el país, seleccionadas según criterios de similitud con

aquellas que colapsaron durante el terremoto de Cariaco de 1997, mayor antigüedad y ubicación en las zonas de mayor amenaza sísmica. Se desarrolló un criterio de priorización, de acuerdo con el cual, el 36% de las edificaciones escolares inspeccionadas tiene una prioridad alta y requiere ser reforzadas de inmediato, el 62% tiene prioridad media y requiere evaluaciones más detalladas y sólo el 2% tiene prioridad baja y estas edificaciones se consideran seguras. Es importante aclarar que estos resultados no pueden ser extrapolados al resto del país, debido a los criterios usados para seleccionar el grupo de edificaciones escolares inspeccionadas.

Finalmente, es importante observar que la metodología presentada puede ser empleada por los entes competentes en la reducción del riesgo sísmico en Venezuela para inspeccionar y priorizar todas las edificaciones escolares del país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al FONACIT por el financiamiento otorgado a través del proyecto 2005000188. Igualmente, agradecen el apoyo dado por FEDE, FUNVISIS y el IMME para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- CENAMB (2011). Auditoria de vulnerabilidad de edificaciones escolares. Universidad Central de Venezuela, Centro de Estudios Integrales del Ambiente, Caracas.
- CORONEL, 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 U.C.V., Vol. 28, No. 2, pp. 65-86.
- CORONEL, G. Y LOPEZ, O. A. (2012). Regional seismic risk, damage and loss scenarios of Venezuela school buildings. 15th World Conference on Earthquake Engineering. Lisboa.
- DELGADO, S. Y MEROLA, V. (2013). Priorización de edificaciones escolares en Venezuela aplicando el Baremo Proyecto Escuela (BPE). T. E. G. para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- FEMA 154 (2002). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Second Edition. Applied Technology Council, Redwood City.

- GRIPI, L. Y RODRÍGUEZ, M. (2008). Evaluación general del grado de riesgo sísmico de un grupo de estructuras escolares públicas de los Municipios Valencia, Guacara y Diego Ibarra del Estado Carabobo. T. E. G. para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- HERNÁNDEZ, E. Y CONTRERAS, O. (2008). Índice del grado de vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en Venezuela. T. E. G. para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- IMME, FUNVISIS, FEDE. (2011). Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela. Informe Técnico Final. Proyecto FONACIT2005000188, Caracas.
- LEE C., ABOU F., LÓPEZ O. A. (2007). Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares del Tipo Antiguo II. Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, Vol. 22, No. 2, p 99-110.
- LÓPEZ O. A. (2009). Indicadores de Riesgo Sísmico en Edificios Escolares de Venezuela. Boletín Técnico IMME, Vol. 47, Número 1, p 17-46.
- MENESES, J. Y AGUILAR, Z. (2004). Seismic Vulnerability of School Buildings in Lima, Peru. 13th World Conference on Earthquake Engineering. Paper No. 1683.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 1618 (1998). Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas.
- NORMA VENEZOLANA FONDONORMA 1753 (2006). Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad, Caracas.
- NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756 (2001). Edificaciones sismorresistentes. Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas.