

que formuló las normas edilicias obligatorias para las regiones sísmicas de Italia, a raíz del terremoto de Calabria y Messina de 28 de diciembre de 1908, ordenó que las construcciones en las áreas sísmicas tuviesen un entramado de hormigón armado, hierro o madera, constituyendo un armazón desde los cimientos al techo que pudiera sostenerse por sí mismo y sólidamente unido a las estructuras horizontales de los suelos y terrazas.

La supraestructura debe estar íntimamente unida con los cimientos o con la plataforma de fundación, pues así se conseguirá que las sacudidas del suelo se transmitan con mayor uniformidad a todo el edificio. Según Dewell, el hormigón armado, cuando el edificio está bien proyectado y construido, da excelentes resultados si se trata de alturas moderadas, pero parece preferible el empleo de armazones de acero para estructuras bastante elevadas. En todo caso convendrá que la parte alta y cubiertas sean ligeras, para dejar el centro de gravedad tan bajo como sea posible.

Por la dirección en que han caído los muros, árboles, columnas, etc., puede deducirse si hay una dirección preferente para las oscilaciones mayores, en los terremotos de la región. En caso afirmativo convendrá que los edificios y demás construcciones presenten su mayor dimensión horizontal en la referida dirección.

En los edificios constituidos por elementos de elasticidad muy distinta y mal ligados entre sí, las oscilaciones transmitidas desde el suelo producen el efecto de un ariete destructor que desune las piezas del armazón, principalmente en las uniones de las vigas de los pisos con las paredes del edificio. Si además se trata de estructuras altas, como los rascacielos, y con masas pesadas hacia la parte superior, éstas hacen el efecto de péndulos invertidos que, al oscilar, determinan fuertes esfuerzos de cizalleo, cuya acción máxima se siente hacia los pisos segundo y tercero, siendo mucho menores en el primero (o sea la planta baja) y en los superiores al cuarto. Por todo ello, la altura de las edificaciones debe limitarse a 20 ó 24 m, con seis pisos a lo sumo.

Terminaremos lo relativo a edificios resumiendo lo manifestado por varios técnicos norteamericanos y japoneses con motivo del terremoto del año 1923, en las conclusiones siguientes:

1.<sup>a</sup> Las fundaciones que constituían un suelo continuo de hormigón armado resistieron en casi todos los casos, por lo que se recomienda que todas las partes de los cimientos deben estar, por lo menos,

fuertemente arriostradas para que se comporten como un todo único. Conviene además que los cimientos se lleven a bastante profundidad.

2.<sup>a</sup> En general los armazones de acero ofrecen gran resistencia, debiendo rellenarse sus huecos y hacerse los muros transversales y tabiques, de hormigón armado. Cuando los edificios no son altos, resulta satisfactorio construirlos de hormigón armado y para los pequeños dan también buen resultado armazones de madera, pues resisten bien en casas de tres pisos (a contar de la planta baja) con tejados ligeros. Deben proibirse los muros de fachada de sillería, mampostería o ladrillo. Las habitaciones de poca altura son siempre preferibles.

3.<sup>a</sup> Los suelos y cubiertas serán tan ligeros como posible, salvo las vigas de suelos que constituyen arriostramientos, pues los demás elementos tenderán con su masa a destruir las uniones con muros y soportes, durante las oscilaciones del terremoto.

4.<sup>a</sup> Los muros, vigas de arriostramiento y soportes verticales deben tener secciones adecuadas para transmitir los esfuerzos debidos al terremoto a toda la parte del edificio encima de ellos.

5.<sup>a</sup> Los edificios deben tener una planta rectangular, huyendo de las en L, en U o análogas, y altura uniforme, es decir, sin torreones o partes destacadas. Evítense extensas áreas, como patios, salones, etc., sin muros ni tabiques, procurando que los muros y soportes dejen espacios no grandes.

6.<sup>a</sup> En los muros y tabiques, así como en toda la obra, es de vital importancia la naturaleza y calidad de los materiales y la mano de obra. Los muros y tabiques de hormigón armado son los mejores, y debe emplearse exclusivamente este material en los pisos segundo y tercero; en los primero (bajo), cuarto y quinto cabe usar el ladrillo macizo, pero el hueco no es prudente emplearlo más que en los edificios altos a contar del sexto piso, pues se deshace en los más violentamente sacudidos.

7.<sup>a</sup> En las cubiertas de teja, cada una de éstas debe estar directamente sujeta a la armadura para evitar su caída por deslizamiento al ocurrir el terremoto.

A consecuencia del terremoto de 1925 en Santa Bárbara (California) se incluyeron en las ordenanzas municipales de aquella ciudad norteamericana unas interesantes cláusulas desinadas a precaverse contra los efectos sísmicos en los edificios, que juntamente con las adoptadas por la municipalidad de Sacramento, figuran en el artículo, varias veces citado, de Dewell.

N. PUIG DE LA BELLACASA

## El nivel de los aluviones y el de las avenidas

La Unión Geográfica Internacional, constituida después de la guerra europea y sostenida por una veintena de Estados (aun no los vencidos ni Rusia), reanudó los Congresos internacionales de Geografía con el del Cairo en junio de 1925. Este XI Congreso designó una «Comisión para estudiar las terrazas litorales y fluviales, con el fin de determinar la existencia de niveles constantes, si existen, y de fijar su sucesión, especialmente en las costas de Europa occidental y en la cuenca del Mediterráneo». La Comisión de Terrazas nombró presidente al delegado español D. Eduardo Hernández-Pacheco. Esta Comisión y la de Geografía física habían de llevar sus labores a un

Congreso especial de la Unión, celebrado el mes de julio último en Londres-Cambridge. En este Congreso, la Comisión de Terrazas, formada antes por delegados de España, Francia, Gran Bretaña, Italia y Yugoslavia, perdió este último, pero quedó reforzada con delegados de Bélgica, Checoslovaquia, Holanda, Polonia y Estados Unidos de Norteamérica, siendo confirmado en la presidencia el delegado de España.

Al Congreso de Londres-Cambridge asistieron profesores e ingenieros españoles con trabajos importantes sobre diversos temas, y nuestro Instituto Geográfico presentó, con general beneplácito, las ho-

jas de la Carta del Mundo, cuya ejecución había correspondido a España. En cuanto al tema concreto de terrazas se presentaron: un estudio de conjunto de las terrazas fluviales de España, con conclusiones del presidente, Sr. H.-Pacheco (quien, además, dió una conferencia sobre movimientos de las costas y terrazas de España), otro estudio relativo a las del Sena y del Garona y unas cuarenta monografías, entre ellas las de los colaboradores españoles, profesores Aranegui, H.-Pacheco (F.), Carandell (1) y de Buen (K.).

El presidente, E. H.-Pacheco, publicó sus estudios y conclusiones en un libro, *Las terrazas de los principales ríos españoles*, que demuestra intensa labor de reconocimientos y de colección de datos y suscita la idea de que los cuatro órdenes de terrazas que se observan con generalidad en los valles de Duero, Tajo, Ebro y Guadalquivir corresponden a los cuatro grandes glaciarios del cuaternario, épocas de heleros extensos, caudales fluviales grandes y abundantes depósitos, alternando con épocas de precipitaciones reducidas. La excepción del Guadiana confirma la hipótesis, por cuanto su cabecera baja, exenta de glaciario, explica que el valle carezca de terrazas. Por otra parte, es difícil seguir atribuyendo, como antes, a movimientos de báscula de la Península terrazas homólogas en las dos vertientes marinas opuestas, como difícil explicar la excepción del Guadiana. Los Congresos de Geografía han puesto en actualidad las cuestiones relativas a terrazas, y su estudio en la rica faz de la Península Ibérica ha sido felizmente acometido por nuestros avisados geólogos. El profesor E. H.-Pacheco apunta, entre las conclusiones de su citado libro, que la consideración de los aluviones contemporáneos puede ser útil al ingeniero para el establecimiento de ciertas obras fluviales.

A esta conclusión contribuyó, sin duda, mi frecuente colaboración con el autor en estudios afines y la promesa, que no pude cumplirle, de una nota para el Congreso de Londres-Cambridge. Procuraré subsanar la falta. Desde luego resumo los antecedentes que quedan apuntados como primera orientación de los ingenieros de Caminos que gusten acudir al llamamiento de la Comisión. Y por mi parte voy a tocar un extremo que me preocupó siempre.

Desde hace treinta y cinco años que comencé estudios en ríos, traté de fijar el nivel de las avenidas máximas, por consideraciones más razonables que las aseveraciones de los ribereños, y aunque las estadísticas; ya que todo esto, supuesto verídico, se refiere a observaciones demasiado cortas respecto al período de actividad que atraviesa el río, precisamente el período que el ingeniero ha de prevenir en sus proyectos. La observación sostenida de los cauces permite distinguir y apreciar las reliquias de las avenidas; así las dejadas naturalmente en las ramblas, como las defensas artificiales, sendas, plantaciones, etcétera, erigidas un día por los ribereños para prevenir la repetición de alguna catástrofe; obras de ordinario tan viejas y tan conformadas ya al terreno, que suelen pasar inadvertidas, perdido su significado y esfumada la tradición de una gran riada, acaso no repetida aún.

Sin desdeñar las señales artificiales, en donde las haya, notemos las más comprensivas y generalizadas, las naturales. Cuando no en el propio lugar de emplazamiento de la obra a proyectar, de ordinario se ofrecen más o menos cerca ramblas brutas o cultivadas, propicias para la determinación buscada. Su perfil manifiesta diversos niveles del aluvión, desde el cauce menor hasta el pie de los ribazos viejos, a veces muy alejados. Este nivel más alto de los aluviones, que se corresponde en ambos lados del río, y extendido en tramada apreciable, es testimonio que no falla. Efectivamente, las mayores riadas del período geológico actual no han sido inferiores a dicho nivel, porque, ¿cuál otro fenómeno hubiera podido formar un más alto manto de acarreo? Tampoco cabe imaginar riadas más altas que la rambla más elevada, toda vez que habrían añadido en los bordes el depósito apreciable correspondiente al arrastre de un gran caudal y a la menor velocidad en las orillas. En definitiva, el máximo nivel local de las avenidas en el período que atravesamos podrá determinarse en general por observación directa del valle. Claro es que la observación debe ser atenta y extendida a tramadas del cauce no demasiado cortas, para prevenir errores dependientes de causas capaces de alterar los testimonios dejados por las riadas y aun de desfigurarlos, tales como puentes, presas, diques, etc., recientemente establecidos o desaparecidos.

Tomando en cuenta estas observaciones, he venido determinando los niveles máximos de las avenidas para varios proyectos de obras, entre ellos los siguientes: año de 1893, puente sobre el Cinca, en Albalate; 1894, defensa de la orilla derecha del Cinca, en Fraga; 1909, defensa de la presa del Gállego en Urdán; 1910, aliviadero de la presa del Gállego en La Peña. Y frecuentemente he consultado estos puntos de vista con compañeros encargados de proyectar obras análogas.

Los niveles así obtenidos pueden parecer excesivos, si se comparan con los calculados atendiendo a datos deficientes, que conducen a proyectar obras de seductora economía. Ahora bien, los fenómenos naturales son fatales. Cuando la lluvia se derrama sobre un territorio, con su desigualdad característica, cabe considerar la caída media y la caída máxima. La media es variable de unos a otros años; cuanto más largo sea el período considerado, comprenderá valores mayores de la media; y para estas lluvias excepcionales el mayor caudal del río en lo más bajo de una cuenca extensa puede ser como de uno a dos metros cúbicos por kilómetro cuadrado. La caída máxima de un nublado, muy superior a la media, se limita a una extensión parcial y distinta de una vez a otra; así que, cuando de cuenca más pequeña se trate, los máximos caudales evacuados por el punto más bajo de la vaguada serán más raros en el tiempo, pero más intensos, como de 5 ó más metros cúbicos por kilómetro cuadrado. Una y otra vez los temporales de lluvias demuestran experimentalmente la insuficiencia de unos desagües hoy, de otros mañana. Estará justificado, por ejemplo, que puentes de caminos rurales, situados bajo pequeñas cuencas, actúen como badenes algunas horas de algún año. Pero recientemente la demostración ha tocado a obra de tanto empeño y tan comprometedor como el encauzamiento del Mississipi.

(1) D. Juan Carandell ha publicado en la revista *Ibérica* una reseña muy completa de la labor del Congreso, incluso en lo referente a terrazas.