EL ARTE DE CONSTRUIR

EN LOS PAISES ESPUESTOS A TEMBLORES DE TIERRA

POR EL

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE

(Traducido del frances)

(*Continuacion*)

En Tokio por medio de observaciones simultáneas sobre los flancos i las cimas de las colinas la perturbacion seísmica parece ser menor que en la llanura. Es así que en la habitacion de Milne, situada sobre los flancos de una colina, de una altura de 30 metros mas o ménos, el 11 de Marzo de 1882, un seismógrafo ha rejistrado una amplitud máxima de tres a cuatro milímetros solamente, miéntras que el profesor Ewing, con un instrumento semejante colocado sobre el suelo de la llanura i a una distancia de cerca de una milla, observaba una amplitud de siete milímetros. Otros seismos han dado resultados análogos. Estas observaciones esperimentales directas son corroboradas por el hecho de que los

temblores tan desastrosos del 11 de Noviembre de 1899 i de Simoda de 3 de Diciembre de 1854 fueron mucho ménos severos en las alturas que en los valles i partes bajas. Como otra demostracion, Milne cita el hecho de que a tres cuartos de milla de su habitacion en Tokio se encuentran terrenos bajos que tienen tan mala reputacion que ellos no encuentran compradores.

En Hakodate, situado, como Jibraltar, parte sobre una roca elevada i parte sobre un bajo, la parte baja sufrió mas que la alta.

Esto es a la inversa en Yokohama a 16 millas de Tokio. Así el 22 de Febrero de 1880 las casas construidas sobre la colina llamada el Bluff perdieron casi todas sus chimeneas, miéntras que las de la parte baja de la ciudad no sufrieron sino en las habitaciones inmediatas al pie.

Algunos seismólogos i no de los inferiores como Mallet han admitido que una destruccion mayor en la cima de las colinas o de las montañas aisladas se justifica ámpliamente, por que su masa entraria en vibracion o mas bien en oscilacion de la misma manera que los pisos superiores de una casa i que ahí, en la parte alta, el movimiento seria multiplicado en razon del radio segun el cual oscilaria la parte superior alrededor de la parte inferior como un péndulo invertido. Este seismólogo va hasta decir que estas partes superiores son balanceadas como una punta de mástil, i Dolomien que ellas son sacudidas como pequeñas tazas de arena colocadas sobre mesas en vibracion; pero esta esplicacion es seguramente errónea, pues las posiciones elevadas serian siempre las mas peligrosas, lo que no es exacto. I por otra parte, estudios esperimentales lo mismo que teóricos sobre la propagacion de las ondas seismicas comprueban que esto no puede ser así; el movimiento se comunica de partícula en partícula i no de masa a masa; pero esto no basta para desautorizar los casos raros, pero bien averiguados, así parece al ménos, en que los temblores han sido acompañados de ondas visibles en la superficie del suelo i comparables, mecánicamente hablando, a las producidas en

la superficie de un líquido por la caida de una piedra i que se llaman *gravíficas*. Estas son ondas que hacen oscilar violentamente las estremidades de los árboles i talvez tambien los pisos superiores de las casas. Sea de esto lo que fuere, la existencia bien constatada de las vibraciones marjinales basta en todo caso para esplicar la diferencia de destruccion.

En algunas rejiones de la América española se sabe que tales o cuales distritos quedan siempre inmunes en medio de otros ordinariamente desvastados. Se dice que ellos hacen puente. Seria fácil citar muchos ejemplos, pero es preciso no ver en esto mas que un efecto de diferencia de situacion topográfica i de la naturaleza del terreno en un sentido favorable a la inmunidad.

Algunas veces estos distritos eliminados o esceptuados se observan del otro lado de una montaña resistente i con raices profundas respecto de la direccion que trae el movimiento. Se dice entónces que el obstáculo a la propagacion ha hecho sombra. Esto no tiene nada de particular. Las irregularidades de las curvas isoseistas de un temblor entran en la misma categoría de fenómenos que las circunstancias topográficas i jeolójicas locales bastan a esplicar, aun cuando ellas son las mas atormentadas.

Quedaria, por fin, la cuestion de las ondas seismicas chocadas contra un obstáculo o quebradas al pasar de un medio a otro de cohesion diferente. Mallet se ha estendido estraordinariamente sobre este tema en su grande obra sobre el terremoto napolitano de 16 de Diciembre de 1857: pero sobre todo con el propósito de determinar, por el estudio de los destrozos de los edificios, la direccion i el ángulo de emerjencia de la onda seismica. No parece oportuno bajo el punto de vista práctico, único que se busca aquí, estenderse sobre estas consideraciones.

7.—*Conclusiones jenerales respecto a la eleccion del sitio*

Las numerosas observaciones relatadas i que prueban la influencia favorable o desfavorable de tales o cuales situaciones topográficas i naturalezas de terreno, en cuanto a

temer daños para las construcciones, manifiestan hasta la evidencia cuanta imprudencia cometería un constructor si se fiara de analojías mas o ménos lejanas entre los ejemplos puestos a su disposicion i las condiciones propias del terreno sobre el cual se propone edificar. La esperiencia local del pasado debe en todo caso ser su guía mas seguro. Pero como los documentos relativos a los temblores de tierra de un pais pueden ser mui incompletos, él podrá, sin embargo, aprovechar de lo que precede, en igualdad de circunstancias por otra parte, evitando cuidadosamente:

Los suelos blandos, pantanosos i de aluvion;

Las arenas i los cascajos;

Las arcillas mas o ménos movibles;

Los terrenos heterojéneos de elementos mal ligados o adheridos;

Los terrenos cuaterciarios i terciarios, jeneralmente lijeros i desmenuzables;

Los terrenos artificiales i los restos de antiguas construcciones;

Los productos de descomposicion de otras rocas;

Los productos de remocion de las pendientes así como los conos de deyeccion volcánica;

Las líneas de union de terrenos diferentes;

Las orillas de los rios, de los canales, barrancos, escarpes;

Las vecindades de los peñascos i de las líneas de dislocacion en jeneral;

Las pendientes rápidas;

Las pendientes mismas aunque moderadas, si ellas son recubiertas de arcillas i otras materias poco consistentes o apegadas al sub-suelo o en discordancia con él;

Los puntos donde la pendiente cambia bruscamente así como el pie inmediato de las alturas;

Los trozos aislados de terreno.

Ir mas léjos seria esponerse a jeneralizaciones que los acontecimientos podrian no ratificar.

8.—*Reconocimiento seismico del terreno*

Si al fin de cuentas la observacion de los daños sufridos anteriormente en los paises espuestos a temblores de tierra debe ser el guia de quien quiera edificar, por lo mismo es guiado lójicamente a hacer el reconocimiento seismico del terreno. Es esta una medida a todas luces indispensable pero que todavia no ha sido sériamente tomada en cuenta mas que en la isla de Ischia despues del temblor de Casamicciola de 28 de Julio de 1883 i en las cercanias de Tokio i Yokohama de 1880 a 1890.

El trabajo ejecutado en Ischia bajo la direccion de la comision nombrada a este efecto por el Ministerio de trabajos públicos no presenta mas que un interes local. Se ha llegado allá, i con justa razon, hasta prohibir formalmente que se construya en ciertos puntos mas especialmente peligrosos.

El reconocimiento seismico de Tokio, de Yokohama i de sus alrededores ha sido una obra de largo aliento perseguida durante diez años de 1880 a 1890. Puramente esperimental, el recuerdo de los desastres anteriores no ha servido mas que para corroborar i completar los resultados. Dos procedimientos fueron ahí empleados. Segun el uno se diseminó un cierto número de seismógrafos en los lugares donde se queria comparar las amplitudes máximas adquiridas en los temblores de tierra moderados que se producen con tanta frecuencia en la rejion, entre tanto que con el otro se aseguraba el concurso de observadores celosos i concienzudos, habitantes de los diversos barrios de estas dos ciudades o de sus alrededores. Es así como desde el 1.º de Noviembre de 1887 al 6 de Mayo de 1888 se pudo por sesenta i nueve seismos sucesivos comparar las observaciones de ciento treinta i cuatro observadores benevolos que se habian puesto a disposicion de la *Sociedad Seismolójica del Japon*. Estos estudios han permitido formar un plan, segun el cual son indicados el peligro mas o ménos grande, o la seguridad al ménos relativa de todas las partes del distrito sometido a este

reconocimiento seísmico. I es este un ejemplo que deberia imitarse en muchos paises.

Los estudios japoneses han conducido a un cierto número de noticias útiles de conocer, en cuanto a la comparacion entre los suelos blandos i duros, altos i bajos.

De una manera jeneral los temblores moderadamente severos que atraviesan todo Tokio son igualmente apreciables sobre el suelo blando que en el suelo duro i seco. Sin embargo, para las mui pequeñas sacudidas se encuentra algunas veces que la relacion entre la amplitud máxima i la aceleracion es mas débil en suelo blando, como si él absorbiera una cierta cantidad de movimiento. Pequeños temblores podrian, pues, no sentirse mas que en suelo duro.

Las observaciones han demostrado que, en una estacion dada, hai ahí una relacion entre el periodo i la amplitud, aquel aumentando mui rápidamente con ésta hasta que la amplitud tomando un cierto valor, el período cesa de aumentar o aumenta excesivamente poco. Esta relacion varia segun los diferentes suelos en cuanto a este «*valor crítico*» i parece que este último sea apreciable mas rápidamente en suelo duro i en consecuencia el período correspondiente será ahí mas débil tambien. I sucede sin embargo que estos efectos contradictorios en suelo duro i blando se compensan de tal suerte que si la intensidad aumenta la ventaja queda finalmente al suelo duro, miéntras que—contradiccion solamente aparente—los pequeños choques pueden no ser apreciables mas que en suelo duro.

Estas consideraciones eran importantes para señalarlas, porque las observaciones, aun instrumentales, podrian inducir gravemente en error a los constructores en cuanto a la eleccion del sitio para edificar, si ateniéndose a la simple constatacion de que una sacudida débil no ha sido sentida en un punto, llegaran a la conclusion de que ahí era donde convenia edificar. El porvenir los desengañaria demasiado tarde.

9.—*Traslacion de ciudades a puntos mas favorables*

Seria preciso aguardar que la repeticion de los desastres seismicos en los mismos lugares induzca a las poblaciones o a sus gobiernos a trasladar a otra parte las ciudades demasiado espuestas. Pero, sin embargo, este medio heroico no ha dado jamás los buenos efectos que se buscaban, porque el hombre se adhiere de tal manera a los lugares que lo han visto nacer que siempre hace, poco despues, ineficaces estas medidas. Los ejemplos al efecto son por otra parte mui raros.

En Chile, Penco, construido por los primeros conquistadores españoles, fué definitivamente abandonado despues del temblor de 28 de Octubre de 1862.

En 1528 o 1529 San Salvador (América Central), arruinada por numerosas sacudidas, fué trasladada de la Bermuda donde ella habia sido construida en 1526, se cree, a la posicion actual, tan espuesta por otra parte sino mas, porque despues de pocos siglos catorce catástrofes la han sucesivamente trastornado. Despues del desastre de 16 de Abril de de 1854, un decreto de 8 de Agosto siguiente estableció la capital en la alta llanura de Santa Tecla sobre poderosas i sólidas masas de lavas al pié del cono de Quetzaltepeque o volcan de San Salvador, i una lei de 8 de Febrero de 1855 lo confirma, prescribiendo la edificacion de la nueva ciudad. Pero poco a poco, los habitantes se volvian a San Salvador, i el pais solo ha tenido el agrado de contar una ciudad mas, a la inversa de la capital, de ventajas apreciables, de estar al abrigo de los terremotos i de la fiebre amarilla.

Es todavía la América Central quien suministra el ejemplo siguiente: No se sabe justamente dónde los españoles habian fundado en 1824 la primera capital de Guatemala, pero bien que solamente despues del temblor de 1526 la habian trasladado el 22 de Noviembre de 1527 a la Vieja Guatemala. Esta ciudad fué en la noche del 10 al 11 de Setiembre de 1541 destruida por una avalancha de agua i cieno i de ceni-

zas del volcan apagado, llamado Volcan de Agua. Sobre el carácter volcánico de aquel fenómeno no ha habido acuerdo aunque las apariencias de verdad están por la negativa. Así el 16 de Marzo de 1543 la ciudad fué de nuevo trasladada a lo que se llama al presente la Antigua Guatemala, que despues de numerosos sacudimientos graves fué finalmente derribada el 29 de Julio de 1773. Un decreto real de fin de 1774 ordena por último la edificacion de la ciudad errante en un cuarto punto, actualmente la Nueva Guatemala, cuyo sitio parece haber sido mas felizmente elejido porque ella no ha soportado hasta ahora ninguna catástrofe.

A raiz del temblor de Klana del 27 al 28 de Febrero de 1870 se pensó en buscar un mejor sitio para esta pequeña ciudad. Debió renunciarse por no haberse podido encontrar sobre la planice Kárstica de los alrededores ningun sitio suficientemente al abrigo del terrible viento del norte, apellidado aquí la *Bora* i tan bien provisto de campos fértiles.

CAPITULO II

MALOS MATERIALES I CONSTRUCCIONES DEFECTUOSAS

Se ha visto precedentemente que, al ménos por una mui notable proporcion, los desastres seísmicos son grandemente aumentados a causa de que las habitaciones, las villas i las ciudades han sido con frecuencia, en los paises espuestos a temblores de tierra, construidas en posiciones eminentemente peligrosas por sí mismas i sobre suelos de insuficiente resistencia, i que es con frecuencia posible, si no fácil, de encontrar no léjos de los distritos dañados sitios mucho ménos espuestos i capaces de afirmar una cierta seguridad, todas las veces al ménos que los seismos no alcanzan el último grado de violencia, lo que mui felizmente es, en suma,

bastante raro, mas de lo que se cree jeneralmente. Si esta precaucion hubiera sido tomada respecto de una rejion de mala reputacion seismica, no habria ella figurado en la lista de aquellas desvastaciones mas o ménos periódicas, i la intensidad de los seismos no alcanzaria el grado destructor debido a mala eleccion del sitio i a construcciones poco cuidadas.

El modo defectuoso de construccion i un frecuente empleo de materiales de mala calidad, como tambien una poca juiciosa eleccion del sitio ha sido la causa de daños esperimentados. En las aglomeraciones espuestas, este nuevo peligro atañe sobre todo a la parte pobre de las poblaciones como es fácil de concebir *a priori*. Que estas dos causas de pérdidas en vidas i en bienes se encuentran simultáneamente reunidas por lo que con frecuencia se produce que temblores simplemente regulares llegan a ser fácilmente destructores, gracias a la indolencia con que el hombre se coloca bajo su misericordia.

A riesgo de repeticiones quizás fastidiosas se hará mencion de numerosos casos en que estas nuevas causas de pérdidas entran en juego, pues no seria demasiado procurar llegar a golpear a la imajinacion de las poblaciones que tanto temen a los temblores para convencerlas de que está perfectamente en su poder escapar de ellos al ménos en gran parte. Ellas podrán tomar por sí mismas algunas medidas si despues de otras advertencias mas autorizadas esto fuera lo mismo que *predicar en el desierto*, a consecuencia de una incorrejible rutina i de una culpable incuria de las administraciones municipales o gubernamentales interesadas. Se seguirá todavía el mismo método que hará recordar muchos de los temblores de los cuales se ha tratado a propósito del sitio.

La *Relacion* de la Mision de la Academia de Ciencias en Andalucía dice que la mala construccion de las habitaciones i la estrechez de las calles han contribuido en mucho al desastre, miéntras que las casas construidas regularmente no han tenido mucho que reparar. Taramellii Mercalli han señalado tambien la construccion excesivamente defectuosa

de las habitaciones, sobre todo en el campo. Se emplea aquí cal mui delgada i a menudo arcilla sola o *gyps* crudo. Son, pues, verdaderas casas de piedras secas que habrian desplomado temblores ménos violentos que el del 24 de Diciembre de 1884. En Málaga, los edificios modernos i bien construidos, a despecho del gran número de pisos o de su mucha altura han sufrido deterioros de poca importancia, como el hotel Alameda i la Catedral. Los muros del Mercado no han presentado ninguna rasgadura.

La ciudad de Metelin fué el punto en que el temblor del 6 de Marzo de 1867 pareció a Fouque haber obrado con mas violencia aunque la destruccion haya sido ahí ménos considerable que en las aldeas. Si han quedado en esta ciudad cerca de trescientas casas aun habitables esto es debido a su buena construccion. Un hecho mui notorio es que en igua les condiciones las ciudades esclusivamente habitadas por los turcos han sufrido incomparablemente mas que las ocupadas por los griegos, i en las ciudades mistas la misma diferencia se ha comprobado segun la raza de los habitantes de los diversos inmuebles. Esto depende de que las casas de los turcos eran en jeneral mas viejas, mas mal conservadas i ménos bien construidas que las de los cristianos. Semejantes observaciones han podido hacerse en la isla de Chio el 3 de Abril de 1881 i sobre las costas del Asia Menor el 19 de Octubre de 1883. El Conde Scilla ha manifestado en otra ocasion, a propósito del temblor de Zante de 22 de Octubre de 1791, que no es menester atribuir todos los daños causados por él a su violencia sino mas bien a que no se haya tenido la prevision de reparar aun cuando fuera a la lijera los de 13 i 14 de Febrero de 1742 i 24 de Julio de 1767. Las mismas causas produjeron los mismos efectos en 1893. Las casas de la llanura de Zante, en gran parte pobres i viejas habitaciones, se han construido sin el menor respeto a las reglas del arte. De ordinario los muros son un simple agrupamiento de piedras brutas de formas irregulares reunidas por arcillas i cubiertas por un reboque que enmascara u oculta la frajilidad del conjunto. Un pesado techo

cubierto de ladrillos sostenidos por travesaños i cabrios carcomidos, gastados por el tiempo i a menudo mui cortos. Las mas de las veces no se guarda la proporcion entre el peso del techo i la resistencia de los muros. Si hai un piso, su tablazon presenta los mismos defectos, que un blanqueado o una cubierta de planchas disimula por el lado de afuera. En cambio las casas confortablemente edificadas han resistido bien en 1873 i los deterioros se han limitado a las caidas de trozos de yeso o cornisas de puertas falsas, i fué por la deplorable construccion de otras casas que se produjeron los deterioros aun cuando la violencia del seismo fué incomparablemente menor que las de los que produjeron los temblores de 29 de Diciembre de 1820 i 30 de Octubre de 1840, llamados respectivamente de San Lucas i de San Denis. Se puede citar, entre otros edificios indemnes, las oficinas telegráficas i la habitacion de Forster donde sin embargo se encontraba en el primer piso un gran salon de 62 pies por 20. Pero estas dos construcciones eran bien concluidas, lijeras, jevantadas segun todas las reglas del arte moderno i se habia hecho uso de un excelente mortero. Lo mismo ocurrió en el temblor de 11 de Febrero de 1867 en la isla vecina de Cefalonia donde no se produjeron mas que algunas caidas de trozos de muros en las casas bien construidas de Argostoli salvo en ciertos casos donde intervinieron desgraciadamente graves vicios de construccion, miéntras que los arrabales i los campos fueron desvastados.

Los deterioros del temblor de la Calabria del 16 de Noviembre de 1894 fueron debidos no solo a su violencia sino en parte no despreciable a la mala construccion de los edificios. Muchos muros estaban construidos de guijarros de rio i otras piedras no escuadradas, unidas con mal mortero llamado *maddo* fabricado de tierra arcillosa petrificada, con agua i sin cal. Los cimientos eran del todo insuficientes. En fin, las barracas edificadas despues de la catástrofe de 1783 habian sido construidas con mala albañileria. Así sucedió que la casa del abogado Carruso en Palmi no sufrió mas que algunos agrietamientos sin importancia, a pesar de su grande altura

para el pais, tres pisos i un cuarto en construccion. Habia sido comenzada en 1783, ántes del temblor, i diezinueve albañiles habian encontrado ahí la muerte. Fué favorecida por el cuidado que se puso en su construccion miéntras que la del diputado Colarussa, de mala construccion i hecha mui rápidamente, aunque moderna, fué completamente destruida, mui cerca de aquella, i su muro esterior Suroeste cayó sobre una casa vecina mas baja rompiendo el techo.

En Niza el 23 de Febrero de 1887 los deterioros alcanzaron casi esclusivamente al barrio nuevo, construido, a partir de 1860, i compuesto de casas de arriendo edificadas con la mayor economía i con un número exajerado de aberturas, lo que agregado a una mala situacion produjo pérdidas sensibles.

En el temblor de Orciano de 14 de Agosto de 1846 no se hundieron mas que las casas mal construidas.

La relacion de la Comision de Ischia (temblor de 28 de Julio de 1883) puso netamente en evidencia las consecuencias de las malas construcciones lugareñas i especialmente su falta completa de cimientos verdaderos. Este documento cita, entre muchos otros ejemplos, el mui conocido de la Villa Belliazzi en Casamicciola, que a pesar de su altura inusitada i de estar edificada sobre un terreno casi a pico, resistió perfectamente, gracias, en parte a un sólido muro de sostenimiento.

Las ciudades tan desvastadas el 16 de Diciembre de 1857 en las provincias de la Italia Meridional suministraron a Mallet la ocasion para condenar severamente el uso del guijarro i arcilla en la construccion de los muros. No dejó de señalar que Pertosa debió en parte su inmunidad a un mejor i mas moderno sistema de construccion. En Atenas las casas mejor concluídas no soportaron ningun daño i el campanario de su Catedral, torre cuadrada de 30 metros de alto por 7 de base, no esperimentó ninguna rasgadura. Tramutola no vió hundirse mas que sus viejos barrios, aunque todas sus casas estuviesen en situacion igualmente peligrosas, sobre pendientes de un calcáreo quebradizo. Montemurro

donde fueron sepultadas tantas víctimas, era una ciudad mui antigua, mui mal construida, miéntras que Rapolla levantada de sus ruinas despues del temblor de 14 de Agosto de 1851 habia sido reconstruida con cuidado i escapó a un nuevo desastre.

En Rieti, el 28 de Junio de 1898, a causa de la deplorable construccion de las casas, se sufrieron destrozos considerables en un temblor de violencia no excesiva.

En Roma, sobre todo a partir de 1890 ha reinado una fiebre de especulacion que ha hecho elevar una gran cantidad de casas de numerosos pisos, con materiales mediocres, i i por las cuales se abandona inconsideradamente el antiguo uso del famoso cemento de Pouzzolane, llamado cemento Romano, cuyas propiedades de aliacion bien conocidas son tan grandes que en Italia el pueblo las contempla como milagrosas, i a las cuales se debe la conservacion durante cerca de veinte siglos de muchos de los monumentos de la antigüedad romana. Es de temer que en el porvenir estas casas sufran mucho por semejante imprudencia i que a graves ruinas seísmicas sigan mas tarde las ruinas financieras a las cuales han dado ocasion. De Rossi tan enérjica como inútilmente ha dado el grito de alarma. Es, en efecto, un error el creer que Roma se halle al abrigo de temblores de tierra desastrosos; los de 442 i de 29 o de 30 de Abril de 801 están ahí para atestiguarlo, aunque su recuerdo se haya perdido en la poblacion i segun el juicio de muchos historiadores de valor ellos han hecho mas daño en los monumentos romanos que los mismos bárbaros.

Es sin embargo, bien digno de atencion que los textos conservados de Vitruve i de Frontin sean absolutamente mudos sobre la cuestion de las precauciones que es menester tomar para colocar las construcciones al abrigo de los temblores. Es porque los hábiles i cuidadosos arquitectos que tenian los romanos se fiaban completamente en la excelencia de su sistema de construccion i en la solidez escepcional de su cemento. En verdad, nosotros vemos todavía al rededor del Mediterráneo muchos de sus monumentos totalmente intac-

tos en ciertas de sus partes, al ménos despues de quince o dieziocho siglos, i que han resistido victoriosamente, a pesar del tiempo a muchos seismos violentos. Parece tambien suce der lo mismo aunque quizás en menor grado respecto de los monumentos de la Grecia clásica.

El temblor de Blidah, de 2 de Enero de 1867, atacó sobre todo las pobres construcciones indíjenas cuyos muros son formados de guijarrillos reunidos con tierra amasada donde no se encuentra huella de cal, entre tanto, que los edificios públicos de piedras i sobre todo de ladrillos resistieron bastante bien, no sufrieron mas que un agrietamiento fácilmente reparable. Lo mismo ocurrió en el temblor de la Kabilie de 9 de Febrero de 1850.

Enlazando numerosos recuerdos, los desastres ya citados de Chemakka han sido sumamente agravados porque los indíjenas se contentan para edificar los muros con aglutinar los guijarros con lodo que recojen en las calles tan pronto que llueve. Estas malas condiciones producen tambien todo su efecto en el Turkestan. Durante la estacion seca, el viento basta a desecar este lodo i llevándose una cantidad notable. A la menor lluvia el resto se desagrega i desaparece, no quedando, por decirlo así, mas que un muro con piedras secas, fácil presa para las sacudidas mas moderadas. Entre tanto que las casas rusas con ladrillo, i sobre todo, las habitaciones indíjenas mas confortables con madera, les ofrecen una resistencia mas satisfactoria.

El temblor de 19 de Diciembre de 1899 en Akhalkalaki no excede la intensidad IX de la escala Rossi Fozel. Si la situacion de esta ciudad sobre una larga i estrecha arista, entre dos profundas quebradas tan favorable a la accion militar de la fortaleza como mal calculada bajo el punto de vista seísmico, ha entrado por mucho en la importancia de los destrozos, es preciso no olvidar que la defectuosa construccion de las casas armenianas juega tambien un rol considerable, pues que el barrio Evreisk, donde estas lastimosas casas predominan, fué con mucho el mas dañado. Los muros son ahí formados con trozos de lava, no escuadrados i con mucha

mas frecuencia aglutinados con lodo o barro que con mortero. I así fué lo mismo para la mayor parte de las aldeas de la rejion epicentral a la cual Akhalkalaki no pertenece por otra parte.

Si el seismo de Kashmir de 30 de Mayo de 1885 fué tan desastroso, se debió, segun el testimonio de Jones, a que las casas indíjenas, aun las mas ricas, consistian en piedras, maderas i barro en lugar de mortero. El techo es ahí pesado i frecuentemente compuesto de barro seco superpuesto sobre cabriales cuyas estremidades reposan, sin ensambladura suficiente, sobre un pequeño número de pilotes de madera en el interior de las habitaciones. En caso de sacudidas estas casas son incapaces de soportar el peso del techo en movimiento, que cae en el interior aplastando a los habitantes, entre tanto que otras veces, al contrario, son los muros solos los que se desploman quedando la techumbre suspendida sobre los pilares.

El temblor del 17 al 18 de Julio de 1880 es probablemente el mas violento que Manila haya esperimentado, pues él ha destruido muchas mui antiguas construcciones tales como la iglesia i el presbiterio del arrabal de Sompaloc, el convento i la capilla de Guadalupe i que habian hasta entónces, desde la conquista española, resistido a numerosos choques violentos, i que se les citaba a porfía como modelos de solidez.

Salvo estas escepciones, la Comision de exámen de perjuicios constató que de una manera jeneral las construcciones elevadas con cuidado i segun las reglas propias a cada especie de materiales, habian quedado intactas con pocos deterioros. Los daños mismos de los edificios públicos que los esperimentaron mirando a estos parecen reconocer defectos de construccion o mal hechura, entre tanto que aquellos que habian quedado exentos como el Puente de España, el hospital de San Juan de Dios, la nueva Catedral, la torre de Santa Cruz i el mirador de la Universidad habian resistido en medio de la catástrofe jeneral, al contrario de habitaciones particulares cuyos propietarios o constructores no habian aprovechado para sí de la leccion, aunque mui dura

del temblor de 3 de Junio de 1863. Es a continuacion de este último seismo que el Lt. Coronel Cortés comenzó sus estudios sobre un modo de construcion susceptible de resistir a las sacudidas del suelo i sobre todo aplicable en las colonias españolas de los paises tropicales, contrariando lo ménos posible sus hábitos.

Segun Holden las casas verdaderamente bien construidas de San Francisco resistieron al temblor de 21 de Octubre de 1868.

En el temblor de 20 de Febrero de 1839 Vermoulin atestigua que en Talcahuano las casas de *adobes* (ladrillos cocidos al sol) fueron como aplastadas, entre tanto que aquellas de ladrillos cocidos en horno sufrieron mucho ménos, quedando sin embargo inhabitables.

Segun el testimonio de Martin de Muzzi el 20 de Marzo de 1861 no quedó de pié en Mendoza, donde pereció el viajero *Bravard*, mas que el teatro de construccion moderna prolija, cuyo techo mui sólidamente ligado a las murallas parece haber impedido la abertura i la caida.

En Wellington la sacudida de 20 de Octubre de 1848 botó muchas murallas de ladrillo en mal estado despues de la del 16. Este es por otra parte un hecho del cual se podria citar muchos ejemplos que los choques consecutivos rematan los daños del temblor principal de una serie.

Se ve cuán justificadas están las acersiones del principio de este capítulo. Es de temer desgraciadamente que la rutina, la indolencia i la incuria continúen por largo tiempo haciendo numerosas víctimas en los paises espuestos a temblores por no aprovecharse de las esperiencias dolorosas del pasado.

CAPÍTULO III

DE LAS MURALLAS, MATERIALES I PREPARATIVOS

1. Murallas de albañilería.—2. Preparacion de los muros con albañilería.—3. Agrietamiento de muros con albañilería.—4. Muros de ladrillo.—5. Preparacion de los muros con ladrillo.—6. Agrietamiento de los muros con ladrillo.—7. Dimensiones de los muros.—8. Muros con perfil parabólico o de provecho.—9. Muros diversos, de adobe, cemento, cemento armado.—10. Influencia de la direccion de los muros con relacion a la del temblor.

1.—Murallas de albañilería

Refiriéndose al capítulo precedente uno se da fácil cuenta de cómo los muros aglutinados por medio de barro, arcilla o tierra deben ser formalmente proscritos en los paises de temblores. Es por lo demas, un modo de construccion reservado a las habitaciones pobres i que constituye un peligro permanente aun para las sacudidas mas moderadas i no ofrece mas resistencia que los muros en piedra seca.

Por lo que respecta a los muros de albañilería de pequeño aparato o en morrillo basta citar las reglas de Manila que prescriben mui juiciosamente evitar las malas prácticas que siguen:

Albañilería con mortero de mala calidad, aplicado líquido entre las uniones;

Colocar entre las piedras talladas formando parapetos trozos de morrillo i cal líquida, de una manera irregular o cualquiera otra cosa;

Dejar de mojar los muros hasta la completa compresion del mortero.

Por otra parte, los preceptos que deben seguirse en la construccion sólida de los muros de albañilería son demasiado conocidos para que sea necesario insistir en ellos; todo constructor de profesion sabe mui bien a que atenerse. La resistencia i la duracion casi indefinida de los muros de lijeros preparativos i con cemento romano suministran un excelente modelo que conviene seguir cada vez que se pueda.

Las murallas deben ser homojéneas, es decir formadas del mismo material en toda su estension. Fouque ha visto en Metelin, despues del temblor de 6 de Marzo de 1867, las ruinas de los muros cuya destruccion habia sido visiblemente causada por una desigual densidad de los materiales empleados, de manera que ellos habian, bajo la accion del choque, soportado por inercia cambios desiguales. Se habia en Basílica, por ejemplo, empleado rocas volcánicas mui diferentes, i un muro que permaneció en pié dejó ver en surcos de varios centímetros los trozos de la mas densa, afuera en la parte esterior de la muralla, i notable por su color.

Las reglas de Manila dicen tambien, i es preciso tenerlo en cuenta, que los muros que tienen mas juntura i una mayor homojeneidad son los que resisten mejor a los temblores. No es indiferente servirse de tales o cuales materiales petrosos. Los guijarros redondos deben ser severamente proscritos. Sus superficies lisas no permiten una suficiente adherencia al mortero.

Si hai que elejir entre rocas diferentes debe darse la preferencia a aquellas que tengan mayor tenacidad, dureza i densidad i que puedan estrarse de las canteras en trozos voluminosos. En efecto las rasgaduras, una vez producidas en los muros por efecto de una primera sacudida, tienden ulteriormente a prolongarse, sea por efecto de sacudidas subsiguientes que de ordinario acompañan al temblor principal durante algun tiempo, sea espontáneamente como consecuencia de la desorganizacion misma del muro. Hai pues interes en que estas rasgaduras encuentren blok resistentes que se opongan a su agrandamiento i que las detengan en absoluto.

Los materiales de gran densidad deben ser buscados i esta cualidad se encuentra perfectamente en las rocas de orijen volcánico o igneo, presentando superficies rugosas, *cassures*, en las cuales las asperezas engranan las unas con las otras, por decirlo así, de cada lado de la juntura i en todo caso permiten al mortero adherirse mas fuertemente. Así, aun en los choques enérjicos los cambios de lugar i los deslizamien-

tos de los blok deberán ser mas difíciles. Las rocas sedimentarias rara vez presentan estos caractéres en un grado tan alto aun las metamorfoseadas. En fin, las rocas eruptivas son tanto mejores por cuanto hai mas predominio de la pasta sobre la parte cristalina, pues la tenacidad está en relacion con la pasta, el desarrollo de la cristalizacion disminuye esta cualidad que es preciso buscar.

Es en esta cuestion de los materiales donde se puede esplicar porque el terremoto de 9 de Noviembre de 1880, en Agram, produjo daños diferentes en las iglesias de Saint Michel i Saint Philippi, esta última ménos maltratada aunque construida mucho ántes, entre 1750 i 1755.

Las tobas volcánicas i las lavas porosas deben evitarse con todo cuidado porque absorben rápidamente el agua del mortero i de la cal, de manera que resulta por esto una situacion semejante a la de un muro de piedras secas que las sacudidas moderadas pueden derrumbar. Este inconveniente se ha presentado con mucha frecuencia en la Italia meridional, en las Filipinas i en el Japon.

No se sabria insistir demasiado sobre la excelente bondad que es menester exijir respecto de la cal i el mortero en los paises de temblores. Se ha visto precedentemente cuanto han agravado los desastres sísmicos el olvido de esta precaucion en la hoya del Mediterráneo i de Cachemira. Se podria citar muchos otros ejemplos tan concluyentes como estos. Una enseñanza altamente instructiva a este respecto puede deducirse del temblor del 31 de Agosto de 1886 en Charleston. Los informantes de los daños constataron que jeneralmente los muros antiguos habian resistido mejor que los modernos, i que esta diferencia se manifestaba sobre todo en las construcciones posteriores a 1838. Investigando la causa pronto se encontró que desde esa fecha se habia abandonado la fabricacion de cales sacadas de los espesos depósitos de conchas recientes acumuladas en las desembocaduras de numerosos rios i brazos de mar que rodean la costa vecina. Lavadas i adelgazadas en su grueso por la accion de las corrientes suministran una materia de primer órden

a una industria floreciente, proveyendo a todo el pais de una cal renombrada, miéntras que, a partir del año 1838, se introdujeron las cales del Norte, mas baratas pero de calidad inferior. El efecto se hizo sentir bastante caro en 1886. Esta sustitucion habia tenido lugar despues de un terrible incendio que destruyó en Charleston un número tan considerable de casas de madera que se debió prohibir la construccion en el interior de los límites del «*servicio de fuego*» i que fué preciso al mismo tiempo construir con toda rapidez nuevas casas, i hacer por esto un llamamiento a los obreros i constructores del Norte, que aportaron juntamente sus malas prácticas en el uso de materiales i en las construcciones mismas, como se verá mas léjos; pero que les escusaba en parte la seguridad seismica de que gozaban en su tierra.

2.—*Preparacion de los muros de albañilería*

Las piedras talladas deben estar perfectamente adheridas entre sí, pues que se ve a menudo, a consecuencia de un temblor, una serie de rasgaduras atravesar completamente los muros siguiendo una o varias capas.

Los muros de piedra tallada son a menudo tanto mas peligrosos cuanto su construccion es mas cuidada. En efecto los paralelipípedos rectángulos están superpuestos de manera que forman hiladas horizontales cuyas uniones son contrariadas. En el caso de una sacudida perpendicular a la direccion del muro se ve algunas veces toda una hilada favorecida por la regularidad de la talla deslizarse entre dos hiladas que la comprimen. Este fenómeno se manifestó en gran escala en el temblor de 11 de Febrero de 1867, en Lixuri, i mui principalmente en la parte alta de las murallas. Se ha llegado a aconsejar en los paises inestables el no empleo de la piedra tallada sustituyéndola por blok irregulares enredados entre sí con cuidado. Este es el caso de las construcciones llamadas ciclópeas, de las cuales muchas han existido hasta el presente, mejor aun que los edificios de la época clásica, en Grecia por ejemplo, pais mui espuesto a los

temblores, i esto a pesar de la falta de buen mortero i de una antigüedad incomparablemente la mas remota.

Las construcciones en morrillos de piedra de molino responden bien a las necesidades de estas rejiones, aprovechándose el mortero de las cavidades de la piedra para adherirse sólidamente a ellas.

3.—*Agrietamiento de muros de albañilería*

La manera como un muro se agrieta por los temblores, sujiere al constructor una serie de observaciones interesantes. Desde luego, la direccion de las rasgaduras i agrietaduras depende casi esclusivamente del ángulo de emerjencia de las ondas seismicas, bajo el edificio que se observa. Este es un tema que Mallet ha tratado de una manera excesivamente detallada i completa, en su gran obra sobre el temblor napolitano de 16 de Diciembre de 1857; pero principalmente para la solucion del problema inverso, a saber: la determinacion del ángulo de emerjencia por la observacion de las grietas i subsiguientemente la direccion segun la cual el seismo ha atacado el edificio. Hai ahí un conjunto de consideraciones que no interesan directamente al constructor.

Bajo la accion del temblor, un muro se comporta mas o ménos como lo haria un péndulo invertido i si las ondas seismicas lo abordan por su corte, su elasticidad insuficiente lo hará agrietarse. Estas rasgaduras deberan ser *a priori* mas anchas en la parte superior, o dicho de otra manera, comenzará a abrirse por lo alto, ahí donde es mas grande la amplitud del movimiento oscilatorio, que se propagará hácia abajo, adelgazándose progresivamente. La esperiencia confirma absolutamente estas previsiones.

Se ha concluido a menudo a raiz de estas observaciones, Wähner en particular, despues del exámen de los daños debidos al temblor de Agram, de 9 de Noviembre de 1880, que el mejor medio para oponerse al agrietamiento, seria reforzar las partes superiores de los muros, por medio de lazos o amarras de fierro. En realidad, como se verá, este sistema

léjos de ser un paliativo, se ha manifestado como un peligro mas para la solidez del muro.

Se ha sometido al Japon la cuestion de saber si habria un interes real en reparar, en prevision de sacudidas ulteriores, un muro ya agrietado por un primer choque. La cuestion puede sorprender, pero la idea ha llegado, que las agrietaduras llevan a la construccion i para las sacudidas del porvenir, un elemento de flexibilidad que le faltaba hasta entónces. Es justo, sin embargo, agregar que no se ha ido tan léjos hasta la conclusion estrema de que fuera preciso construir con agrietaduras premeditadas.

Esperimentos han sido hechos en este sentido para decidir si los muros de un edificio agrietado continuarian cediendo bajo la accion de sacudidas siguientes. Para esto se ha marcado con lápiz las estremidades de un número considerable de rasgaduras en la parte Noreste del museo del Colejio de Injenieros en Tokio. Se ha constatado que en muchos casos las rasgaduras habian aumentado de estension; pero pudo observarse al mismo tiempo que la presencia de las trisaduras habia ciertamente disminuido en una cierta medida la grandeza del esfuerzo al cual los muros habian sido sometidos.

Estos resultados con muchos negativos en cuanto a la idea directriz de las esperiencias, dejan validero que el muro sea de piedra chica o de ladrillo.

Los muros se agrietan, sea horizontalmente bajo el esfuerzo de la *componente* vertical seismica dirijida de abajo arriba, sea verticalmente o mas o ménos oblicuamente, bajo la accion predominante de las componentes horizontales. En uno i otro caso, las partes separadas del muro se reunen despues del temblor a veces completamente hasta no dejar a la vista sino la huella en el blanqueado. El apartamiento momentáneo de los bordes de la grieta puede alcanzar un valor demasiado grande para permitir en ciertos casos casos percibir los objetos mas allá del muro; al ménos durante un tiempo mui rápido. Dos observaciones de este jénero i cuya relacion es bastante circunstanciada para inspirar confian-

za han sido mencionadas por Wähner, con ocasion del temblor de Agran de 9 de Noviembre de 1880. En el uno, una grieta vertical permitió a un molinero ver del esterior lo que pasaba en su molino de Bisag, i en el otro, una persona que se encontraba en el patio de la Casa de Correccion de Mujeres de Agran, pudo ver rápidamente un campo de trébol situado al otro lado del muro por una grieta horizontal inmediatamente cerrada.

4.—*Muros de ladrillos*

Como se debia esperar, la calidad de los ladrillos tiene importancia considerable para su resistencia. Es así que en Charleston los constructores que vinieron del Norte, el año 38, han introducido al mismo tiempo que la mala calidad de la cal, los ladrillos llamados de la Carolina, mas mal trabajados i cocidos que los que se empleaban ántes en el pais. Este nuevo elemento de debilidad se manifestó tambien en en forma mui sensible en el temblor de 31 de Agosto de 1886.

De una manera jeneral i en igualdad de condiciones los muros de ladrillo son preferibles a los muros de piedra de construccion lijera, pues gozan de mas elasticidad. Son mas homojéneos i hai ménos diferencia entre la elasticidad del mortero i el ladrillo que entre el mortero i la piedra. Así en los muros de albañilería casi todo el esfuerzo de estension i de comprension debido al movimiento sísmico se trasmite integralmente al mortero solo, a causa de la rijidez de la piedra, de suerte que la separacion o desagregacion de los dos elementos constitutivos, piedra i mortero, es mas completa ahí que entre los elementos de un muro de ladrillo i mortero. Este último participa en una escala menor de dichos esfuerzos al reves de los ladrillos que lo absorben casi todo. Esta consecuencia se realiza bajo otra forma, cuando un muro de ladrillo se sobrepone a uno de calidad inferior, disposicion demasiado frecuente en las iglesias de la Italia meridional. Se ha visto, pues, en 1857 caer trozos de ladrillo en una sola masa, quedada casi indemne, con desprendi-

miento manifiesto en la línea de separacion de las dos especies de materiales, miéntras que la parte inferior de piedra quedaba maltrecha. Si al contrario, casos por otra parte raros, el muro de ladrillo estaba abajo ni caia ni se agrietaba, miéntras que la parte superior de albañilería era lo mas a menudo destruida i tumbada. Estas observaciones no se realizan en este sentido sino cuando las dos partes eran contemporáneas, i en consecuencia, habian sido trabajadas con la misma cal.

5.—*Preparacion de muros de ladrillo*

La preparacion flamenca o francesa de piedras atizonadas i parpiaños debe ser esclusivamente empleada i es preciso ademas alternar cuidadosamente las junturas de las hiladas sucesivas. El olvido de esta manera cuidadosa de elevar los muros de ladrillo se ha manifestado particularmente desastroso en Charleston, en las construcciones posteriores a 1838. En los escombros de las casas destruidas se ha podido constatar por medio del estudio de ellos que series de diezinueve i veinte hiladas presentaban sus uniones prolongándose unas a continuacion de otras. El camino estaba abierto para el agrietamiento. Tambien fueron estos muros completamente desplomados i el mortero casi pulverizado, lo que no contribuyó poco a aumentar el horror de la catástrofe por la enorme nube de polvo que se levantó despues del temblor, envolviendo la ciudad en espesas tinieblas que causó el espanto de los sobrevivientes. Es alternando las uniones en los muros de ladrillo como se logra obtener la homojeneidad de que son susceptibles i a la cual deben precisamente su elasticidad propia. De otra manera i a consecuencia aun de la uniformidad de sus elementos constitutivos, los ladrillos llegan a ser fácilmente ménos resistentes que los en morrillos. Es precisamente lo que ha pasado en Charleston.

Los constructores japoneses han creido obtener para los muros de ladrillo una gran resistencia, dando a los ladrillos una forma redondeada que les permita encajarse los unos en

los otros. Este procedimiento es evidentemente mui racional sobre todo si se tiene cuidado de adelgazar los ángulos diedros entrantes de manera que sus aristas no sean las líneas de menor resistencia donde la ruptura se produciria infaliblemente anulando el buen efecto que se espera del engranaje de los ladrillos, los unos en los otros. Es preciso aguardar de la esperiencia la confirmacion de las esperanzas fundadas sobre este sistema, que no parece tener aun hechas sus pruebas contra los temblores.

El empleo de ladrillos ahuecados tambien ha sido preconizado en este pais. Presenta la ventaja de constituir muros mui lijeros i mui elásticos al mismo tiempo. Se debe, en efecto, en los paises de temblores, tratar de obtener el máximum de resistencia con el minimum de peso, especialmente para la superstructura, a fin de contrabalancear en cierto modo los efectos desastrosos de la inercia que orijina la separacion de los elementos, segun que ellos obedezcan mas o ménos rápidamente.

6.—*Agrietamiento de los muros de ladrillo*

La edificacion de muros de ladrillos ha tomado despues de algunos años, una estension considerable en el Japon; pero ha dado lugar a graves errores observados, en particular, el 28 de Octubre de 1891 en las provincias centrales del Mino i del Owari, i el 20 de Junio de 1894 en Tokio. Así, los sismólogos de este pais, por ejemplo, Tañabe, se han dedicado a estudiar de cerca i esperimentalmente, fuera de todo temblor, la resistencia de los muros de ladrillo bajo la accion de choques de aceleracion variada. Se ha observado despues de largo tiempo que si un muro de ladrillo se agrieta por efecto de sacudidas sísmicas, las trizaduras pasan por las uniones verticales u horizontales, siguiendo los caminos mas caprichosos, atravesando ladrillos i morteros. Las esperiencias directas manifiestan que la destruccion del muro puede producirse de tres maneras diferentes, segun la rela

cion de magnitud de tres fuerzas resistentes: cohesion o solidez del ladrillo, del mortero i adherencia del mortero.

1. Si la fuerza de aleacion del cemento o del mortero es mas grande que la solidez del ladrillo es éste el que se rompe i las trizaduras lo atraviesan todo.

2. Si la fuerza de aleacion del cemento i la solidez del ladrillo son mas grandes que la solidez del cemento es éste el que se rompe, quedando adherente a los dos ladrillos de cada juntura i las trizaduras siguen las junturas.

3. Si la solidez del ladrillo i del cemento son mas grandes que la fuerza de aleacion de éste, los ladrillos i el cemento o el mortero se despegan i las trizaduras siguen siempre las junturas.

Si se emplea, i esto es lo que es indispensable hacer, ladrillo i mortero o cemento de excelente calidad, la construccion presentará el máximum de resistencia; pero si no mejoran los tres factores al mismo tiempo, solidez i adherencia del elemento de aleacion i solidez del ladrillo, se habrá hecho un gasto del todo ilusorio e inútil. Sucederá lo mismo si no se emplea el mejor preparativo. La igualdad de resistencia de estos tres elementos formará un muro homojéneo, en consecuencia, mui sólido, que no se romperá a causa de su estrema solidez, i no como se ha insinuado a veces equivocadamente, sin razon para que se quebre mas bien por los ladrillos que por el mortero o a la inversa.

En el exámen de daños producidos el 28 de Octubre de 1891 en el Japon central, Conder ha observado un caso curioso no previsto en las esperiencias precedentes i debido a la inercia diferente del mortero i de los ladrillos. Aquél habia sido como proyectado hácia afuera i habia quedado como salido sobre la fachada del muro.

El agrietamiento de los muros al traves del ladrillo es jeneralmente la regla en Tokio, de donde Milne saca esta conclusion que es una indicacion suficiente, que hai lugar ahi para mejorar grandemente la cualidad de los ladrillos, i que el empleo que se hace ahi de buen cemento constituye un gasto ilusorio en condiciones actuales.

Estas consideraciones son evidentemente aplicables en su conjunto a los muros de morrillos.

7.—*Dimensiones de los muros*

Las reglas de Manila prescriben que los muros deben ser limitados por la altura del piso bajo para los edificios privados, i segun su destino para los edificios públicos, distincion que no puede defenderse mas que suponiendo *a priori* que estos últimos serán siempre de una construccion mas cuidada. Sin embargo, las necesidades modernas de las habitaciones en paises templados han inducido a las comisiones de Norcia i de Ischia a permitir elevar las murallas hasta 8.90 m. i 10 m. respectivamente, último límite que no parece poder ser sobrepasado sin peligro evidente.

En el reglamento de Manila se ve aun que el largo no debe pasar del doble de la altura, si el edificio no está sólidamente establecido por muros de division bien ligados al resto de la construccion o reforzado por contrafuertes interiores i esteriores; que el espesor deberá ser a lo ménos de un quinto de la altura, salvo para los muros de division en que ella podrá descender al sesto i aun al octavo segun la inclinacion de las planchas que ellas soporten. Este espesor del quinto no comprende para los muros esteriores, las piedras de adorno, si hai alguna, disposicion defectuosa, puesto que rompe la homojeneidad de la constitucion del muro. Estas reglas mui juiciosas deben aprobarse sin discusion.

Teóricamente la altura X que se puede dar a un muro para que sea capaz de resistir a la aceleracion a de un temblor determinado está dada en la fórmula llamada de estabilidad:

$$X=\sqrt{\frac{FBg}{aAw}}$$

donde w es el peso de la unidad de volúmen de albañilería;

F La fuerza de cohesion por unidad de superficie o la

fuerza que gradualmente aplicada seria suficiente para destruir la adherencia de esos elementos;

A El área del muro en la seccion de ruptura;

B Su espesor en la misma altura; i

g La aceleracion de la pesantez.

Las esperiencias japonesas referidas mas arriba han dado resultados numéricos mui tolerablemente concordantes con los de esta fórmula fundamental.

8.—*Muros de perfil parabólico o de provecho*

Se estudiará mas léjos los machones de puente i se verá que el mejor medio para oponerse a su derrumbamiento bajo la accion de los temblores, es darles un perfil parabólico, de concavidad redondeada hácia el esterior i uno se inclina a esta forma si está interesado en procurarle una estabilidad constante en todas las alturas. Prácticamente se puede, a pesar del aumento del gasto de materiales, reemplazar el arco de la parábola por su cuerda lo que da un muro de provecho. Estas consideraciones son aplicables a los muros de las habitaciones, pero el resultado no es aplicable casi en la práctica, en el esterior por razon de estética arquitectural i en el interior a causa del hábito i de la casi necesidad de colocar muebles i de suspender distintos objetos. Ademas el gasto de material es relativamente considerable. Esto no ha impedido al profesor Tathsumo erijir de esta suerte en la Universidad de Tokio un pequeño observatorio que no se puede considerar sino como objeto de curiosidad o de muestra. Es cierto que el sistema en cuestion no puede, á despecho de sus ventajas de estabilidad, ser recomendado para los servicios públicos ordinarios o para las habitaciones; el público seguramente no lo aceptaria.

9.—*Muros diversos: adobes, cemento, i cemento armado*

Hai otros materiales ademas del ladrillo i la piedra que se prestan para la construccion de los muros.

El reglamento de Sechia considera los muros de adobes, o a la francesa, mui comunes en Italia a consecuencia de antiguas invasiones francesas, como mui ventajoso para las construcciones de poca importancia si la arcilla empleada está perfectamente preparada entre planchas o arnero.

Los muros de cemento ordinario o hidráulico o mejor aun de cemento armado parece que pueden recomendarse en los paises donde tiembla, i se verá, a propósito de las habitaciones monolíticas de Santolin cuan resistentes son los primeros.

A *fortiori* el cemento armado tiene ventaja por requerir ménos materiales.

Los muros de adobes de la América española se estudiarán a propósito de las habitaciones de estas rejiones en cuanto a la oportunidad de no usarlos en los paises seismicamente inestables.

10.—*Influencia de la direccion de los muros con relacion a la del seismo*

La manera como una perturbacion seismica ataca un muro no es sin duda indiferente a su comportamiento ante el esfuerzo destructor. Se trata, pues, de ver en qué direccion habrá ventajas en orientar las construcciones de una localidad en relacion con la direccion conocida como mas frecuente en los temblores mas peligrosos.

Es menester para esto precisar la direccion del movimiento seismico.

Al leer las innumerables relaciones de temblores i tomando en cuenta la impresion que uno mismo recibe pareceria mui fácil fijar la direccion del movimiento. En realidad no hai nada en esto. Se ve en efecto que observadores igualmente dedicados dan apreciaciones enteramente diversas en una misma ciudad, i hasta direcciones diametralmente opuestas, que el movimiento alternativo de la onda seismica esplica perfectamente. Es que el fenómeno no se compone de una simple serie de oscilaciones del jénero de aquellas que

se producen en la superficie de un líquido, sino de una serie de ondas complicadas que se entrecruzan en todo sentido. Cada observador recibe una impresion propia, variable del uno al otro, i que él toma por la direccion del temblor. Todo el mundo conoce este curioso esquema que ha figurado en la Esposicion Universal de Paris de 1889, i por medio del cual Sekylla recomponiendo a cada instante las tres componentes del movimiento de una partícula terrestre que habian rejistrado segun dos ejes horizontales i uno vertical, tres seismógrafos de la misma categoría, ha podido reconstituir el movimiento real de la partícula en el espacio. La complicacion pasa mas allá de todo lo que uno hubiera podido imajinar. Despues, en muchos observatorios seismolójicos se ha rejistrado el trazado de la punta de un péndulo seismográfico sobre un vidrio ahumado, por ejemplo, i esta proyeccion horizontal del movimiento real ha presentado siempre los mismos caractéres.

Se puede sin embargo reconocer lo mas a menudo, a primera vista, que estas divagaciones de la partícula en todo sentido muestran una direccion predominante, de manera que la curva envuelve sus posiciones, si ella no es elíptica u oval presenta sin embargo una forma netamente alargada en una cierta direccion, que será llamada la del temblor en un lugar determinado.

Esta direccion será aquella que predomine sobre un objeto cualquiera, un muro por ejemplo.

Esta complicacion del movimiento seísmico de una partícula resulta en gran parte de que la conmocion perturbadora primitiva no emana de un punto, como se creia ántes, del hepicentro en una palabra, sino mas bien de una porcion de dimensiones considerables de la corteza terrestre. I entónces los diversos puntos de la zona limitada que constituye el foco seísmico envian a un punto esterior cada uno ondas por su cuenta; de aquí la complicacion del resultado final del movimiento.

Esta estrema complejidad del movimiento seísmico real queda corroborada con mui numerosas observaciones, i es la

que ha hecho ilusoria la busca o rebusca de la direccion que ha tenido el temblor por el estudio de los deterioros ocasionados en una ciudad, o la caida de diversos objetos. Es asi, para no citar mas que un ejemplo i mui sujestivo i caracterizado, como en Noviembre de 1880 numerosas estátuas del Museo Arqueolójico de Agram fueron precipitadas en todas las direcciones imajinables sin regla apreciable.

Sucede, sin embargo, algunas veces que el epicentro tenga dimensiones de tal manera restrinjidas que las ondas seísmicas que emanan de ahí puedan ser consideradas como esféricas i que entónces la direccion del seismo en el lugar considerado sea simplemente el de la línea que une el epicentro con el lugar en cuestion. Si esta línea, o mas bien, si la vertical seísmica del lugar, es decir, si el plano vertical que la contiene es perpendicular a un muro éste tendrá que oscilar de una parte a otra de su base como un péndulo invertido. Se dice entónces que él trabaja al reves. Si al contrario, el muro está en la vertical seísmica, es decir, si el temblor lo ataca por su corte, tenderá a agrietarse para que sus diversas partes, puedan obedecer a la impulsion del movimiento oscilatorio comunicado. Este efecto se producirá tanto mas fácilmente cuanto de mayor libertad gocen las porciones estremas del muro para moverse de una parte i de otra de su posicion, i que de otro lado podrán diversas partes en un momento dado ser sometidas a movimientos de fases opuestas que las hacen tender a separarse, si el esfuerzo sobrepuja la cohesion de los materiales constitutivos.

Es por esto que se ve tan a menudo los muros descabezados en sus dos estremos libres. Se dice entónces que el muro trabaja a la compresion i a la estension. Si el muro no está en la vertical seísmica ni le es tampoco perpendical trabajará evidentemente de dos maneras, a la compresion i a la estension de una parte, i de otra dándose vuelta por descomposicion de los movimientos sobre su direccion i sobre la normal.

Si se procura definir la direccion del movimiento seísmico es fácil reconocer que en todos los casos sea el muro paralelo o perpendicular a esta direccion, trabajará de todos modos

puesto que no quedará por eso ménos sometido a las otras ondas. Sin embargo, el efecto de la direccion aludida quedará predominando sobre el de los otros.

Es mas peligroso en una construccion que un muro trabaje al reves que a la compresion o a la estension. Hai, pues, interes en que los temblores ataquen paralelamente a lo largo de los muros de las fachadas porque ellos aprovecharán del apoyo que les dan los muros de divisiones internas i de los principales que tenderán a derribarse puesto que serán atacados por su plan, aunque tendrán tambien mas espectativas de resistir, gracias, al encadenamiento de sus dos estremidades en los muros de las fachadas.

Estas consideraciones teóricas están perfectamente confirmadas por la esperiencia, i las observaciones comprueban que en una ciudad aunque la destruccion alcance un alto grado, los daños no son irregulares i alejados de toda regla, como lo demuestran ámpliamente los ejemplos que siguen.

Los deterioros de los muros son de tal manera conformes a las indicaciones precedentes que si el foco seismico es un punto o una zona de dimensiones restrinjidas su exámen puede conducir a la determinacion de la vertical seismica del lugar i por consecuencia a la del epicentro, si este exámen pudiese ser hecho de la misma manera en varias ciudades diferentes de la rejion devastada. Pero, estos estudios i estas investigaciones que Mallet ha desarrollado tan cuidadosamente en su obra sobre el temblor napolitano de 16 de Diciembre de 1857, han perdido del todo su interes desde que se sabe que el foco seismico es en realidad frecuentemente una porcion notable de la corteza terrestre, un accidente jeolójico de gran estension.

Desde 1835 el famoso Darwin habia observado, aparte del viaje de Bigle, en Concepcion, construída, como todas las ciudades hispano-americanas i a ejemplo de las de Estados Unidos, siguiendo una doble red rectangular, que los muros Suroeste por el Oeste o Noreste por el Este habian sufrido mas que los otros.

En Diano Marina el 23 de Febrero de 1887, Mercallí señala

que la iglesia parroquial, el campanario, la casa de Caridad i el Palacio Arduino sufrieron mui poco, a pesar de su gran elevacion i en medio de centenares de casas dadas vueltas, a causa de la direccion favorable de sus muros con relacion a la del temblor, estando las casas colocadas en sentido inverso i atacadas por sus fachadas.

En Bellune el 29 de Junio de 1873, Vittner observa que las casas situadas de una manera análoga habian sufrido de manera similar en los muros correspondientes, una misma especie de deterioros se repite por todas partes formando un sistema particular de hendiduras en los ángulos Suroeste i Noreste de las casas.

Milne ha estudiado en detalles los efectos del temblor del 3 de Marzo de 1879, sobre los diferentes muros del palacio Akasaka entónces en construccion en Tokio i llegó a las mismas conclusiones.

El gran temblor de Assam de 12 de Julio de 1897, venia del Noreste para Calcuta cuyas casas son jeneralmente orientadas Este Oeste, para aprovechar lo mas posible la brisa marítima del Sur, que lleva cierto frescor. Asi fueron los muros de la fachada Norte i Sur los que sufrieron mas.

En el temblor de 31 de Agosto de 1886, a Dutton no le costó mucho trabajo descubrir que el número de los muros derrumbados que presentaban la cara al Norte i al Sur, eran mucho mas numerosos que los que miraban al Este i al Oeste. Se notó tambien que los deterioros o daños en las construcciones tenian cierta relacion con la direccion de las calles. Se puede bajo cierto punto de vista dividir la ciudad en dos partes por la calle de Beaufain, de cada lado de la cual las calles forman dos redes de vías de ángulo recto, pero de diferentes direcciones.

El predominio del número de muros derribados dando frente al Norte o al Sur, es bien marcado en la division meridional—donde la direccion de las calles lonjitudinales es lijeramente inclinada al Noreste i, en consecuencia, las trasversales un poco al Suroeste—i él es aun mas acentuado en la division setentrional (siempre con relacion a la calle Beau-

fain)—donde la direccion de las calles lonjitudinales i trasversales es, respectivamente Oeste 30° Norte i Este 30° Sur. El número de las casas aisladas era mui considerable en muchos barrios de la ciudad i la aptitud para el derrumbamiento dependia únicamente del plano de la casa i de la direccion que traia la fuerza perturbadora. El temblor de Charleston presenta esta circunstancia del todo escepcional, haber tenido dos epicentros simultáneos, lo que no impidió a los investigadores distinguir la influencia del uno i del otro sobre las construcciones mas próximas, lo que hace aun mas instructivo la confirmacion, en este caso mui complicado de la influencia de la direccion de los muros principales sobre los daños esperimentados por el derrumbamiento o la agrietadura.

Para una localidad determinada de un pais de temblores se sabe ordinariamente de donde vienen los seismos desastrozos. No habiendo mas que una sola direccion peligrosa, será necesario siempre que se pueda dar una orientacion a los muros de la fachada, de manera que ellos trabajen a la compresion i a la estension, entre tanto que los muros de division interior i los piñones trabajarán al reves. El conjunto de daños seria así notablemente disminuido.

Se ha propuesto tambien orientar los edificios, de tal manera que las diagonales se encuentren en la vertical seísmica peligrosa. En este caso todos los muros trabajarán igualmente, tanto dándose vuelta como a la compresion i a la estension. Se obtendrá así, i esta es la verdad, una cierta simetría en los deterioros, resultado que no parece absolutamente deseable en sí, i probablemente ménos ventajoso que el que consite en dejar los muros de division, soportar solos el esfuerzo del trastorno. En el fondo se trata ahí de una discusion mas bien teórica, pues segun lo que precede, la direccion de la vertical seísmica del lugar, define simplemente una direccion siguiendo la perpendicular por la cual el esfuerzo de trastorno predomina sin restrinjirlo esclusivamente.

Sea de esto lo que se fuere, será tambien preciso, siguien-

do la vertical seismica del lugar, orientar las calles lonjitudinales en las ciudades que se elevan espontáneamente, por decirlo así, siguiendo una red rectangular como en Estados Unidos; sin embargo, hai poca esperanza de que los constructores se ciñan a esta precaucion, tanto mas, cuanto que en el *Far-West* las rejiones seismicas son aun imperfectamente conocidas. Esto supondria la investigacion previa de la rosa seismica del lugar, es decir la curva obtenida caminando al rededor de un punto centro i tomando, en los diversos azimutes lonjitudes proporcionales a los números i a las intensidades de los seismos, viniendo de estos diversos azimutes i considerar como direccion peligrosa la del sector máximo si se manifiesta en él uno al cabo de una serie bastante larga de años de observacion. Solo queda de esto que el constructor tiene a su disposicion un nuevo medio que no deberá descuidar para disminuir de una manera sensible los daños seismicos, a saber: colocar los muros largos o de fachada en el plano de la vertical seismica del lugar.

CAPITULO IV

EFECTOS DE LOS TEMBLORES SOBRE LOS DIVERSOS ELEMENTOS DE LAS HABITACIONES, I MEDIOS DE PREVENIRLOS

1, 3. Cimientos ordinarios; cimientos sobre pilotes; cimientos movibles o seísmicos.—4. Aberturas de muros. Puertas i ventanas. Fachada Perry.—5. Pisos-techos.—6. Cielos. — 7. Chimeneas de habitaciones.—8. Balcones.—9. Cornisas i balaustradas de coronamiento.—10. Muros de division.—11. Cascos de escaleras.—12. Basamientos.—13. Pilares o contrafuertes.—14. Angulos de las casas.—15. Terrazas.—16. Pórticos de entrada con columnatas. Cariátidas.—17. Bóvedas i cúpulas. - 18. Techos i coberturas.

Cimientos

En todos los casos los cimientos constituyen un elemento de solidez de la cual depende en gran parte la de un edificio cualquiera. Sucederá por la fuerza lo mismo en los paises de temblores, pues es esta parte la que las ondas seísmicas ponen ante todo en movimiento. Así en todos los paises donde los desastres son bastante graves i frecuentes para tener necesidad de reglamentos especiales de edilidad, se les consagra una atencion particular.

1.—*Cimientos ordinarios*

Pownal establece que la resistencia bien conocida de los monumentos romanos i su estado a menudo perfecto de conservacion despues de tantos siglos depende en gran parte de la excelencia de sus cimientos que llegaban hasta la misma roca sólida i eran hechos con cemento a la *puzzolana*.

El reglamento edil de Manila prescribe hacer cimientos con hormigon hidráulico siempre que el suelo esté húmedo, calculando la composicion de tal suerte que los muros sean siempre demasiado impermeables para resistir a la desagregacion progresiva bajo la accion permanente de su contacto con el agua. Se ha recomendado mui particularmente el empleo de cimientos continuos i únicos para todas las partes del edificio, no permitiendo sean separados por los pilares i los contrafuertes haciéndolos de dimensiones convenientes, i está demostrado que resultará una gran economía. La solidez del hormigon hidráulico, la homojeneidad de su masa i la perfecta consistencia de todas sus partes deben hacerlo preferible a toda especie de materiales. Es sin embargo permitido por este reglamento construir cimientos por medio de blocs cuadrados de toba volcánica en lechos horizontales i tocándose entre sí a condicion de que, llegado el caso, los conos diagonales se proyecten mas allá de la línea jeneral de la fundacion en vez de ser incluidos, última disposicion

que deja un vacío triangular que debe evitarse. En todos los casos las dimensiones serán a lo ménos el doble de lo que ellas serian en un pais estable.

Las reglas de Ischia prescriben colocar los cimientos sobre el suelo mas sólido. Se ha recomendado, en suelo húmedo, edificar sobre una plataforma de cemento desbordando los muros de 1.50 m. i 0.70 o 1.20 de espesor segun se trate de uno o de dos pisos.

En el Japon esperiencias seismométricas han manifestado que en el fondo de los pozos de 3 a 8 m. de profundidad el movimiento seísmico rejistrado es notablemente mas débil que en la superficie del suelo. Temblores lijeros sentidos en la superficie no alcanzaban al fondo, observacion que ha sido hecha tambien en las minas en los casos de seismos aun demasiado fuertes. Si un edificio, pues, se eleva de una cierta profundidad sobre una plataforma continua de cemento, por ejemplo, en medio de los muros libremente sobre la superficie del suelo, el conjunto de la construccion recibirá ménos el movimiento seísmico que si ella se elevase directamente desde la superficie del suelo. Este principio resultado aquí de esperiencias habia sido adivinado i presentido por los miembros de la comision de Ischia. Se le ha aplicado a diversas construcciones en la Universidad de Tokio, que han resistido con éxito a varios choques severos miéntras que otros bien construidos tambien respecto de la albañilería han sido agrietados i tan fuertemente precipitados que habria sido menester reconstruirlos en ciertas partes. Cuando el gran temblor del Japon central de 28 de Octubre de 1881 cuyo epicentro estaba a 200 millas de distancia las largas ondulaciones de este seismo no produjeron ninguna agrietadura en el Colejio de Injenieros, al contrario, un taller a 20 m. solamente de distancia de este último fué de tal manera maltratado que fué necesario rehacer el techo i reducir la altura.

Milne hace, sin embargo, observar con razon que para los seismos locales con fuerte movimiento susultorio o vertical, el sistema de cimientos profundos i libres no dará todo

su efecto que es el de utilizar la disminucion del movimiento ondulatorio u horizontal en el fondo con relacion a la superficie.

De todos modos, los cimientos deben formar un todo continuo; la esperiencia ha demostrado en efecto, que entónces el edificio sufre ménos que si ellos estuviesen establecidos de tal manera que sus diversas partes pudieran moverse simultáneamente en direcciones diferentes, lo que por otra parte, es evidentemente, conforme al buen sentido.

Es preciso renunciar absolutamente a erijir edificios de madera sobre pilares de ladrillos, sistema mui peligroso, como lo ha demostrado el temblor de 31 de Agosto de 1886, en las casas de campo de la circunscripcion de Charleston.

Se ha constatado en Melfi, que cuando el desastre de 14 de Agosto de 1851, que las casas sobre declives, cuando ellas no habian sido tumbadas, habian sido las mas dañadas del lado de la colina, de donde Mallet ha deducido la conclusion de que es útil dar a los cimientos una inclinacion en sentido contrario, como se hace para los escarpes o los revestimientos, i será a esta disposicion juiciosa que el Monasterio de San Miguel en Montiechio habria debido entónces en parte su inmunidad. I se ha tenido ya ocasion de citar el buen efecto para la villa Belliazzi en Casamicciola, en el temblor de 28 de Julio de 1883.

2.—*Cimientos sobre pilotes*

La necesidad imperiosa de tener cimientos que constituyan un bloc único, cuyas partes todas se muevan simultáneamente en una sola direccion resultante i no cada una por su propia cuenta, conduce a establecerlos sobre pilotes todas las veces que no sea posible disponer de suelo sólido. Deberá aun mejorarse el sistema completándolo por una plataforma de hormigon hidráulico, sumerjiéndolo entre las estacas.

Las observaciones confirman estas presunciones en favor de los cimientos sobre pilotes. Es a causa de ellas que el 31 de Agosto de 1886, el gran almacen de algodon de Charles-

ton debió no haber visto agrietados sus muros. El 29 de Julio de 1880 las casas del barrio de Smirna i el barrio mismo sufrieron ménos que los otros cuarteles de la ciudad. La construccion sobre pilotes habia sido empleada ahí porque se trataba de un suelo conquistado parcialmente al mar que —circunstancia cuyo error no ha sido descuidado tampoco —se trataba de construcciones nuevas relativamente cuidadas i no conmovidas por temblores anteriores.

3.—*Cimientos movibles o aseísmicos*

A primera vista las dos palabras cimientos i movibles aparecen contradictorias. I no es ménos verdadero que se llega justamente a esta justaposicion, como se verá:

Se ha creido por mucho tiempo que las casas indíjenas del Japon habian sido desde una remota antigüedad, combinadas espresamente en todas sus partes para resistir a los temblores. Este era un error como se demostrará mas adelante, sin embargo, como sus cimientos tienen por objeto hacer reposar los montantes de sus armaduras de madera sobre gruesas piedras redondeadas i como en casos de temblores se ve demasiado a menudo limitarse el daño al cambio de lugar de la armadura, que se conforma con abandonar los soportes, los constructores europeos han partido de ahí para sistematizar este modo de hacer cimientos. El primero que tuvo esta idea fué David Stevenson (Trams. soc. of. Arts. Scottland. t. VII, 1868, p. 557) quien la aplicó a dos faros desmontados i destinados a ser trasportados al Japon; pero los cuales no llegaron a su destino por un naufrajio, de modo que el esperimento se malogró desgraciadamente.

Mas tarde, en Tokio, Milne hizo su dormitorio de un anexo de su habitacion, cuya armadura reposaba sobre cimiento de pilares por intermedio de bolas de fierro, colocadas en cajas de fierro tambien. A causa de los violentos tifones tan frecuentes en este pais, esta pieza era verdaderamente inabitable por exceso de movilidad. Se remedió esto disminuyendo el diámetro de las bolas, lo que introdujo un aumento en el

frote. Para temblores que no alcanzaran a producir desastres sino simplemente severos o fuertes, esta construccion, en razon de su inercia, no participaria del movimiento oscilatorio seísmico de los pilares. Milne piensa que un sistema de rodillos de fierro fundido, colocados en dos series octogonales sobre una capa de hormigon llenaria el mismo objeto, pero que, sin embargo, el uno i el otro sistema, bolas o rodillos, no parecen llevar seguridad en casos de movimientos francamente verticales o susultorios de grande intensidad, i que, en todo caso, no puede aplicarse sino a edificios de mínima importancia. Esta última objecion, puede ser circunscrita a su exacto valor, si se toma en cuenta la facilidad con que ahora se cambia de lugar, sobre todo en Estados Unidos, a las casas de mayor tamaño. Se puede, por otra parte, citar el hospital jeneral de Yokohama, edificado sobre cimientos movibles, hace ya muchos años, por el Dr. W. van Heyden

4.—*Apertura de muros. Puertas i ventanas. Fachada Perry*

Los daños en las fachadas de las habitaciones no son cualquier cosa i siguen leyes demasiado precisas en particular en lo que concierne a la abertura de los muros, es decir a las puertas i ventanas.

Una prolija estadística en este sentido ha sido hecha en Tokio en el barrio europeo o de Ginza a raiz del temblor de 25 de Octubre de 1885. Las casas eran todas de un mismo modelo. Las ventanas de los pisos rectangulares sobrepuestas en tres bóvedas de ladrillos adelgazados i estando los piés rectos en ángulo agudo miéntras que las puertas i ventanas del primer piso estaban formando arcos. 330 fueron sometidas a investigacion. Las ventanas i las puertas del primer piso que no estaban bajo de balcones quedaron intactas miéntras que todas las otras quedaban agrietadas en la llave. En cuanto a las ventanas de los pisos ellas estaban trizadas en el ángulo de los montantes con los dinteles o las bóvedas rebajadas. Salvo pocas escepciones la observacion ha sido hecha en muchos temblores, las grietas se forman en las fajas ver-

ticales correspondientes a las aberturas i no a los entrepaños, es decir que un muro de fachada se encuentra mas o ménos en la condicion de una hoja perforada de estampillas de correo.

Es, pues, manifiesto que las puertas i las ventanas determinan en un muro puntos de debilidad i aun de líneas de menor resistencia, puesto que se ven a menudo las trizaduras seguir una línea vertical de ventanas pasando sucesivamente de la una a la otra.

Una primera conclusion se impone, pues, en los paises de temblores las ventanas a pleno arco son mucho mas ventajosas. No bastará coronarlas de pequeñas bóvedas sobrebasadas en ladrillos i estando los montantes en ángulo agudo. La observacion señala entónces que ellas se rasgan en los nacimientos.

Se ha propuesto conservarlas rectangulares, reforzando la union de los montantes i de los dinteles por medio de armaduras metálicas; es un paliativo insuficiente.

Se puede admitir pequeñas bóvedas rebajadas a condicion de que ellas se enlacen tanjencialmente con los montantes o piés derechos. Segun numerosas observaciones a continuacion del temblor del Japon central del 28 de Octubre de 1891, Conder ha llegado a esta conclusion que la bóveda sobrepuesta en la abertura debe tener todo el espesor del muro. Admite tambien, i es una conclusion que debe quedar a plena luz porque es válida para todos los casos, que una bóveda mas rebajada resiste ménos al temblor. El arco del canasto de pan es mas ventajoso que el dintel, lo seria ménos que el arco neto, el mismo ménos resistente que la ojiva. Seria pues justo recomendar esta última, pero ella tiene el inconveniente de debilitar mucho el cuerpo del muro dividiendo su solidez entre las líneas horizontales de las ventanas. No se podrá, pues, emplearla mas que en circunstancias del todo particulares. Las relaciones de los temblores citan pocos ejemplos de monumentos góticos para que se pueda afirmar por la esperiencia las ventajas de la ojiva, sin embargo se puede hacer en su favor la observacion de

que muchas construcciones han resistido hasta el presente en rejiones seismicamente inestables en la hoya del Mediterráneo.

Apesar de sus inconvenientes los dinteles horizontales deben ser dificilmente abandonados en los paises inestables, a causa de su simplicidad. Deberá pues tratarse de hacerlos lo ménos dañoso posible i para esto darles soltura en las estremidades. De esta manera podrán vibrar i oscilar libremente sin aumentar la destruccion del muro, pues tal parece ser la causa que produce las trizaduras de sus ángulos con los montantes tanto abajo como arriba. Como para las bóvedas, parece que deberia dárseles tambien todo el espesor del muro. Se puede tambien alejar los dinteles por medio de una pequeña bóveda de ladrillo que se sobrepone a ellos, o de descarga, aunque no se conoce observacion especial a esta disposicion tan frecuentemente usada.

El hecho de que las hileras de abertura formen dos series de líneas de menor resistencia horizontales i verticales, estas las mas peligrosas, fué puesto en evidencia por la observacion hecha varias veces en el Japon, de que el muro de fachada sobre la calle es ordinariamente mas maltratado, que sus ruinas dificultan las calles, de donde se desprende un gran peligro para sus habitantes si son estrechas, porque no dejan espacio para huir, i en fin la fachada sobre el patio con menor número de aberturas queda en pie. Perry, uno de los colegas de Milne en la Universidad de Tokio ha creido contrarrestar este peligro haciendo corresponder las aberturas de un piso con la parte sólida de lo que está mas arriba. De esta manera las líneas de menor resistencia seran las líneas diagonales inclinadas sobre el horizonte. Este sistema no parece haber sido aplicado i sin embargo es jeneralmente aprobado por varios seismólogos; su éxito no ha pasado de una buena presuncion. Se puede objetarle que en una fachada ordinaria las líneas de menor resistencia no son solamente las líneas horizontales i verticales de las aberturas sino tambien las diagonales en un grado menor sin embargo; en el sistema Perry son las líneas diagonales que pasan por el

primer plano i las horizontales i verticales que llegan a ser líneas secundarias de menor resistencia. La fachada Perry i la fachada ordinaria serán pues mas o ménos ventajosas segun el predominio imposible de prever de las componentes verticales u horizontales de un temblor determinado, pero en tésis jeneral importa poco que la tendencia al agrietamiento se manifieste en un sentido o en otro. La simetría de los descalabros que parece debiera asegurar la disposicion en cuestion no es un objetivo útil de investigar. Es efectivo ademas que la fachada Perry no será jamas a causa de su rareza aceptada por el público, salvo para las construcciones en que la estética arquitectural no importa, como en las fábricas, en los almacenes, por ejemplo.

5.—*Pisos-techos*

La construccion de los pisos-techos debe ser motivo de gran preocupacion. Mallet i despues Conder han constatado que constituyen un peligro por si mismo porque no vibran al unísono con los muros i facilitan el volcamiento hácia el esterior. Es preciso, pues, disponerlos de tal manera que ellos esten rijidamente fijos a las murallas o bien en solucion inversa, que no estén fijos, i probablemente mas recomendable será darles bastante juego para que puedan vibrar i oscilar horizontalmente por su propia cuenta. Las observaciones comparativas que permiten dar la preferencia al uno sobre el otro sistema son las de Conder que concluye en favor de la rijidez. Parece con todo que hai necesidad de confirmacion no siendo absolutamente concluyente por su escaso número.

Es preciso, si se adopta la independencia, que la parte aplicada de las vigas sea demasiado estensa para que en un instante dado las estremidades no salgan del muro corriéndose en el momento en que la amplitud del movimiento vibratorio hácia el esterior llega al máximun, efecto que será aun mas de temer si al mismo instante el piso-techo alcanza el máximun de su movimiento hácia el interior en cuyo caso el piso-techo caeria en el interior de la construccion. Es una

forma de perjuicio demasiado frecuente, i se ha visto casas vaciarse de arriba a abajo. En el temblor de Liguria de 23 de Febrero de 1887, Tarameilli i Mercalli citan un ejemplo en Onejlia de una casa de la plaza Victor Manuel, que perdió sus tres pisos-techos derribados los unos por los otros i se transformó en una especie de pozo constituido por los muros esteriores.

Se ha aconsejado establecer diagonalmente los entarimados en relacion a la amarra de los techos para darle al conjunto mas solidez i tambien de alternar estas amarras de un piso con las de los otros que lo comprimen.

Los enladrillados deben evitarse por la facilidad con que se desorganizan, pero se les puede reemplazar ventajosamente por medio de una superficie de cemento, de hormigon, de asfalto o de otros materiales formando un todo contínuo cuyo grietaje fuera fácil de reparar.

No se poseen observaciones relativas a las series de pequeñas bóvedas de ladrillo o de albañilería descansando en ángulo agudo sobre las alas de fierro de doble T, que se emplea mucho hoi para sostener los pisos-techos sobre todo cuando ellos tienen una gran inclinacion. Pero *a priori* segun lo que precede debe suponerse que esto debe ser mui defectuoso cuando mas no fuere a causa del ángulo agudo en cuestion.

En Murshidabad el 12 de Junio de 1897 los techos del palacio nuevo del Nawab descansaban sobre bóvedas de ladrillo mui bajitas que iban de muro a muro. No quedaron en pie mas que las murallas, miéntras que el viejo palacio sufrió mui poco.

Despues del temblor de 16 de Febrero de 1716 el Dei de Arjel ordenó que los techos de los pisos superiores descansasen sobre vigas de cedro de manera que sobresaliesen varios pies de los muros a fin de evitar que se hundieran aun en los casos en que éstos se separaran notablemente de la vertical. Se ignora si esta disposicion ha dado ulteriormente buenos resultados, a pesar del debilitamiento producido en el muro así ahuecado de parte a parte.

6.—*Cielos*

La caida de los yesos de los cielos no presenta gran peligro para la vida de los habitantes, pero causa mucho espanto i deteriora mucho los departamentos. Para un gran edificio considerado al abrigo de los temblores, por el cuidado que se ha tenido en su construccion, por ejemplo, el Hotel Imperial de Tokio i que especula precisamente con esta inmunidad, el agrietamiento i la caida de los yesos de los cielos i de los muros puede equivaler a su ruina financiera aunque las obras vivas hayan podido resistir airosamente.

No hai remedio especial que sujerir sobre el particular. Se deberá solamente tener cuidado con las latas i emplear yeso de mui buena calidad i perfectamente adherente. Se evitarán los adornos pesados, molduras, etc., de yeso, tanto mas cuanto que los procedimientos modernos permiten emplear rosetones i otros adornos lijeros de carton-pasta, pero que deberán fijarse con cuidado.

7.—*Chimeneas de las habitaciones*

La caida de las chimeneas de las habitaciones alcanza, aun con los seismos no destructores, proporciones que es difícil de imajinarse, si uno no hubiera sido testigo de ello; i su facilidad de romperse es tal que en la escala de las intensidades, dice Rossi Forel, que este jénero de perjuicios sirve para caracterizar el grado 8.º o ante penúltimo, el grado 10.º corresponde a los seismos desvastadores, es decir, que los del grado 8.º son relativamente moderados i no importan para las construcciones mas que algunos perjuicios fácilmente reparables.

Por ejemplo, en Charleston, el 31 de agosto de 1886, sobre catorce mil chimeneas solo quedaron en pie ménos de cien, i el 95% habian sido cortadas en el punto de union con el techo.

Esta última observacion muestra bien que esta enorme

destruccion de las chimeneas, debida, sin réplica posible, a la no sincronizacion de sus movimientos con los de la techumbre, i que su contacto inmediato debe ser severamente proscrito. Es Bertelli el primero que, en Europa al ménos, señalaba en 1887 esta causa de destruccion, pero los seismólogos japoneses la conocian desde mucho tiempo atras. Milne cita a este respecto un hecho bien demostrativo: un poco ántes del temblor de 22 de Febrero de 1880 un gran incendio habia destruido las partes de madera i en particular las techumbres de un gran número de casas de Yokohama. Despues de este seismo todas las chimeneas que se habian reparado i por consecuencia puestas en contacto con el techo reconstruido habian sido dislocadas miéntras que todas las otras habian quedado intactas. La sola ligazon, con el techo aparecia así como la única causa eficiente de su destruccion. Un propietario habia creido consolidar la parte esterior de una chimenea ligándola a la inclinacion del techo por medio de una barra de fierro que la rodeaba completamente; ella fué exactamente cortada a la altura de esta banda. Habia resultado, bien a pesar suyo, una excelente i mui sujestiva leccion de cosas.

La conclusion se impone: es preciso que las chimeneas sean arregladas de tal manera que ellas no participen del movimiento de la techumbre, i reciprocamente, lo que se vuelve a decir, que es menester colocarlas con toda independencia mutual. Por esto es que se han dictado las reglas de Ischia.

La esperiencia ha demostrado a los propietarios japoneses que las chimeneas deben ser tan cortas i sólidas como sea posible, que es necesario dejarlas pasar libres al traves del techo i que es mui peligroso cargar el estremo alto con adornos de piedra. Despues del temblor de 22 de Febrero de 1880 mejoraron mucho en ese sentido la situacion de las chimeneas, i el 15 de Enero de 1887 no sufrieron nada, al contrario de las establecidas ántes de 1880, que no tenian la esperiencia del pasado. Mas tarde, aunque algunas chimeneas fuesen por acá i por allá arrojadas por temblores no tan vio-

lentos se llegó gradualmente i con indiferencia a los antiguos procedimientos i con un motivo arquitectural se volvió a construir los pesados coronamientos ornamentales que fueron volcados en 1894, el 20 de Junio. En el Japon las cajas de ladrillo de las chimeneas terminan en el techo i a partir de ahí se continúan por una superstructura de fierro a las cuales se da forma i color conveniente para que sea difícil distinguirlas de las antiguas. Segun Milne, aunque se pueda argüir que este modo misto de construccion debe hacer temer una ruptura en el punto de union de las dos clases de materiales, esto que puede ser parcialmente exacto a causa de la diferencia de sus inercias no es ménos verdadero que este acomodo debe ser mirado con confianza.

Respecto de las chimeneas de las habitaciones no nos resta por hacer mas que dos observaciones de desigual importancia. El 31 de Agosto de 1886 las dos chimeneas de la Casa Gregg a los alrededores de Charleston fueron volcadas en direcciones converjentes, de suerte que los dos montones de escombros correspondientes casi se tocaban. No hai ahí ninguna conclusion que deducir en cuanto a la construccion de las chimeneas. Es simplemente, ademas, un hecho en apoyo de la no sincronizacion de los movimientos de diversas partes de un edificio, sea que a un mismo instante fueran accionadas por ondas seísmicas distintas, bien sea que en instantes diferentes lo sean por la misma onda, que, propagada desde mas léjos, presenta una face diferente.

La observacion relatada por Faidiga respecto del temblor dálmata de 2 de Julio de 1898, en Sinj en el cual, salvo pocas escepciones, las chimeneas volcadas estaban unidas a los muros que miraban al Norte, miéntras que las que estaban fijadas a los muros que miraban al Sur eran todavía demolidas desde la base, prueba solamente que hai que tomar en cuenta tanto la vertical seísmica cuanto la orientacion de los muros, así como se la ha visto precedentemente. I en efecto las chimeneas seguirán naturalmente la suerte de los muros a los cuales están adheridos, para trabajar sea en el sentido jiratorio o en el de la compresion

i de la estension. El hecho precedente manifiesta que vale mas fijarlas en los largos muros orientados en la vertical seismica, a fin de que no trabajen en forma jiratoria, porque es fácil reparar la parte superior destrozada, único daño al cual estarán espuestas, salvo el caso de temblores, felizmente mui raros, que todo lo trastornen.

8.—*Balcones*

El exámen de varios centenares de casos del barrio europeo de Ginza, en Tokio, despues del temblor de 22 de Febrero de 1880 ha demostrado que los muros estaban ordinariamente agrietados en los puntos en que ellos eran atravesados por las vigas que soportan los balcones, esto mismo cuando las estremidades descansan sobre columnas o pilares, formando de éste modo una entrada monumental a las habitaciones.

Las bóvedas a pleno arco con puertas situadas debajo eran agrietadas en la llave o cerca de ella. En los casos en que no hubiera aberturas debajo, las trizaduras tomaban nacimiento en las vigas.

Se ha insinuado en Ischia que los balcones no deben proyectarse mas de 0.60 metro fuera del muro, i que debe formar un cuerpo con él. Las reglas de Manila prescriben hacerlos lijeros i perfectamente unidos al resto de la construccion, haciendo que sean soportados por la prolongacion de las vigas del piso correspondiente.

La opinion de Milne es que los balcones deben ser suprimidos en las construcciones destinadas a resistir temblores i será prudente adherirse a ella.

9.—*Cornisas i balaustradas de coronamiento*

Fouqué piensa, i es preciso conformarse con su parecer, que las cornisas i los adornos de que se sobrecarga a menudo la parte superior de los edificios, privados o públicos, deben ser severamente proscritos. Casi todas las construcciones lujosas i las ricas villas de la colonia inglesa de Lixuri i

de Argostoli estaban adornadas en su parte superior por enormes cornisas que se han destrozado con fracaso el 11 de Febrero de 1867 arrastrando con ellas las porciones contiguas de las murallas. Los campanarios de las iglesias, sus fachadas, las del Banco i del Palacio de Justicia de Argostoli deben a esta causa la mayor parte de los daños que han soportado.

Los mismos efectos han sido observados en San Francisco el 21 de Octubre de 1888. Por esto se emplea desde entónces i con éxito cornisas mui lijeras de pasta de carton.

Una importante causa de los daños soportados en Calcuta el 12 de Junio de 1897, sobre todo en las casas antiguas, se ha manifestado en las pesadas i débiles balaustradas i cornisas de que estaban adornadas. Estas balaustradas tenian un guarda-cuerpo superior hecho de ladrillos i mortero con un blanqueado de yeso, i soportado por una serie de delgadas columnitas de alfareria mas o ménos adornadas i molduradas, i cuyo interior estaba, algunas veces solamente, lleno de mortero. Estos soportes estaban ligados por mortero al resto de la albañileria de la construccion, lo que agregaba poco a su solidez propia.

Cuando tuvo lugar el temblor de tierra ellos no pudieron resistir a la inercia del guarda-cuerpo i se rompieron en sus partes mas estrechas produciendo la caida del todo i rompiendo o volcando lo que se encontraba en su camino, balcones, corredores, etc.

Las mismas casas de Calcuta están tambien, tanto al interior como al esterior, ornados de cornisas de ladrillos i yesos recubiertos de estuco mal ligadas al muro. Ellas se rompieron en grandes estensiones i se proyectaron léjos, a mas de cinco piés de la Town Hall, causando numerosos accidentes i perjuicios.

Mallet, i con él otros observadores, han señalado que las agrietaduras debidas a la sobrecarga i a la inercia de las cornisas o de los coronamientos se alargaban progresivamente hácia la base, contrariamente a aquellas producidas por el ir i venir de los muros.

La sola ventaja que se les puede acordar a las cornisas i otros dispositivos, que pasan notablemente la altura del pié de la techumbre, seria quizás el de detener, al pasar, la lluvia de tejas que las sacudidas hacen caer en las calles hiriendo i aun matando a muchas personas que arrancaban precipitadamente de sus habitaciones i se creian salvadas. Pero cuán ilusoria será esta esperanza si la presencia misma de la cornisa hace desplomarse la parte superior del muro, como se acaba de demostrar la probabilidad. El solo sistema ornamental admisible en este sentido seria la techumbre con bordes tan curiosamente realzados de la arquitectura chinesca.

10.—*Muros de division*

Wahner i Von Prudnik han dado muchos ejemplos de la poca resistencia que los muros de division han mostrado en el temblor de Agram de 9 de Noviembre de 1880, en particular en la Escuela de Cadetes, en el Palacio del Estado Mayor de la Plaza, en el presbiterio de Sestina, etc. La razon, ha estado como para muchos otros seismos en el poco cuidado, puesto en la ligazon con las murallas principales i en las vibraciones destructoras de los pisos contra ellos.

Las reglas de Manila recomiendan hacer los tabiques interiores por medio de hojas metálicas, i proscriben absolutamente construirlos con ladrillos. Con mas poderosa razon los tabiques con ladrillos de campo son ellos, de todos modos inadmisibles.

11.—*Cascos de escaleras*

Hai pocas observaciones precisas relativas a los cascos de escaleras. Cuando los escalones están embutidos por un solo lado en las murallas i por consecuencia, sus estremidades opuestas son llevadas en falso contribuyen a agrietamientos mui complicados en los muros que aumentan la desorganizacion i la destruccion. Así se recomienda embutirlas en las dos estremidades. No teniendo los inconvenientes de esas,

las escaleras de mamposteria serian evidentemente dignas de recomendar.

12.—*Basamientos*

Los basamientos presentan en jeneral los inconvenientes de los muros en piedra tallada, es decir, miéntras con mas cuidado sean hechos mas fácilmente se destruirán, a consecuencia del desligamiento de las hiladas las unas sobre las otras.

Conder cita un caso mui interesante en el temblor de Japon central de 28 de Octubre de 1891. El almacen de pólvora de la ciudadela de Nagoya fué casi el único edificio que no sufrió daño. Su construccion habia sido mui vijilada por las autoridades militares; pero sus basamientos presentaban una particularidad, que ciertamente ha jugado un rol en su inmunidad. Consistian en dos hileras de piedras talladas descansando sobre cimientos con hormigon i cuya superficie de union presentaba a las piedras de la hilera inferior una arista triangular que se incrustaba en una muesca de la misma forma en las piedras de la hilera superior. Esta disposicion habia sido imajinada para impedir el acceso a la humedad. Para colmo se mostró mui ventajosa en los temblores i se la debe evidentemente recomendar.

13.—*Pilares o contrafuertes*

Los pilares o contrafuertes son mui peligrosos en casos de temblores, a causa del no sincronismo de sus vibraciones con las del edificio, del cual ellos facilitan la destruccion en vez de consolidarlo. Su empleo debe ser pues, rodeado de muchas reservas i en todo caso su ligazon con el edificio debe ser tomada en cuenta mui particularmente.

Las reglas de Manila no los admite mas que para el piso bajo.

14.—*Ángulos de las casas*

Se ha visto anteriormente que los seismos tienen a menudo por efecto, agrietar los muros mas fuertemente en sus es-

tremidades i que de ahí resulta el desprendimiento de un tetraedro del ángulo superior del edificio. Este efecto ha sido frecuentemente señalado para que sea necesario insistir en él, i en seguida la obligacion de reforzar los ángulos de las construcciones i cojinetes estremos.

Mallet ha constatado que a menudo las grietas son mas anchas en la estremidad del muro que es la primera que recibe el choque. Sujiere él que esto es debido a una diferencia real entre las rapideces de dos semi-fases de la onda seísmica siendo la segunda de estas descrita con una rapidez lijeramente inferior a la de la primera. Pero, hai ahí una consideracion puramente teórica, poco interesante bajo el punto de vista práctico, único que aquí se contempla. Por otra parte, la sujestion misma no concuerda exactamente con las esperiencias japonesas sobre la manera como vibran las diversas partes de un edificio. En todo caso no seria dado admitir la conclusion práctica, que se impondria, de reforzar los ángulos de las construcciones del lado mas peligroso para la localidad, cuando se le conoce; razones de simetria se oponen a esto.

Las reglas de Ischia i de Norcia han tenido, pues, razon de prescribir el aumento del ancho de los cojinetes estremos.

Las reglas de Manila recomiendan el empleo de contrafuertes en los ángulos interiores o esteriores segun el carácter arquitectural del edificio.

En el temblor de Istria de 27 a 28 de Febrero de 1870 la destruccion fué favorecida en gran manera por la circunstancia de que en Klana i sus alrededores, por una deplorable costumbre, los ángulos de las casas son hechos con muros gruesos de piedras grandes mal escuadradas, sin que estas especies de pilares de albañilería, con mortero de mala clase, sean ligadas a otros muros de albañilería lijera i mal construidos por otra parte. Los techos descansan casi esclusivamente sobre estos pilares de ángulos que sacudidas moderadas bastan a tumbarlos, de donde viene como consecuencia el hundimiento del techo.

15.—*Terrazas*

Las casas de la hoya mediterránea están frecuentemente sobre cubiertas de terrazas que sirven a los habitantes para tomar el fresco en las tardes i recojer el agua de las lluvias. Ellas están lo mas amenudo sostenidas por medio de espesas i pesadas bóvedas cuyos pies derechos son los muros mismos de la habitacion. Esta disposicion es la mas defectuosa. Las sacudidas abren las bóvedas i su peso, en el momento en que los muros oscilan, basta para mantener el apartamiento, i en consecuencia, la caida.

Las reglas de Ischia las prohiben formalmente.

16.—*Pórticos de entrada con columnas. Cariátides*

Las columnas de los pórticos de entrada monumental se han mostrado inestables i peligrosas, tanto en Charleston el 31 de Agosto de 1886 como en Calcuta el 12 de Julio de 1897. Será prudente no admitirlas en los paises de temblores, pues la necesidad de dar a las columnas un diámetro mui considerable en relacion con su altura, les quitaria todo carácter arquitectural artístico. Ahí, todavía, el no sincronismo de las vibraciones juega un rol nefasto.

Las cariátides son tambien peligrosas.

17.—*Bóvedas i Cúpulas*

La bóveda es un elemento de construccion, cuyo empleo es tan frecuente como peligroso en los paises seismicamente inestables. Es que está destinada a resistir un esfuerzo continuo de arriba a bajo, la pesantez. Se le pide entónces oponerse a esfuerzos bruscos horizontales i verticales de abajo arriba, el temblor.

En principio, la bóveda debe estar prohibida en estas rejiones; es talvez el elemento de construccion mas inestable que se pueda imajinar bajo la accion de los seismos, i como esto es del todo contrario al carácter de fuerza que le presta su misma forma, es necesario establecer irrefutablemente la

necesidad de su prohibicion, insistiendo para esto en los mismos hechos de observacion que las justifican.

En Menton, el 23 de Febrero de 1887, los deterioros fueron en verdad considerables, sobre todo en la nueva ciudad, pero no hubo víctimas que deplorar, porque no se habia empleado bóvedas como en las antiguas casas de la Liguria, donde el 90% de las personas muertas o heridas lo fueron por la caida de las bóvedas de las habitaciones privadas i de los edificios públicos. En las iglesias con bóvedas de gran porte, en Bajardo, Castellaro, Aurigo, el desastre fué completo, miéntras que las iglesias de tres naves separadas, de Pompeyano i de Diano-María, quedaron en pié. En ciertas ciudades de la Riviere, por ejemplo, en Taggia, se ven calles estrechas aquí i allá por un gran número de bóvedas sobrepuestas, mui antiguas, llamadas Pontini i aparentemente destinadas a dar apoyo mútuo a las casas que están frente a frente. G. Martini (Taggia i suoi dintor ni) cree que muchas de estas bóvedas remontan mui léjos i han sido erijidas para reparar los daños debidos al temblor de 25 de Diciembre de 1222. Sea de esto lo que fuere, estos Pontini se han manifestado desastrosos el 26 de Mayo de 1831 i el 23 de Febrero de 1887. En ámbos seismos muchos habitantes encontraron la muerte bajos sus escombros.

En su estudio del desastre napolitano de 16 de Octubre de 1857, Mallet dice que no hai elemento arquitectural mas atacable por los temblores que las bóvedas i las cúpulas a causa de su inercia considerable i de la gran elevacion de su centro de gravedad mas arriba de los muros de soportes. No solamente se rompieron por su propia cuenta sino que sus movimientos oscilatorios de va i viene producian a poca costa inevitablemente el apartamiento de los piés derechos de las bóvedas i el de los muros de contorno de las cúpulas. Es, dice, a la accion de los temblores de los siglos V i IX sobre las bóvedas de gran tamaño i sobre las cúpulas macisas de los antiguos monumentos de Roma, tales como las termas de Caracalla, Neron i Tito, a lo que se debe su destruccion mucho mas que a la depredaciones de los bárbaros. El mis-

mo seismólogo cita en Polla (16 Diciembre de 1857) el ejemplo interesante de una bóveda de puerta a pleno arco i con piedras talladas; la llave fué arrojada hácia arriba al traves de una ancha grieta subiendo por la bóveda, i él esplica el hecho no como se le creia en Polla por un movimiento susultorio de abajo arriba, sino porque el movimiento oscilatorio i horizontal habian hecho deslizar la llave sobre los planos inclinados de sus costados, ascendiendo por consecuencia.

Las llaves no suben siempre como se acaba de ver; esto depende de las circunstancias. En el temblor de Orciano de 14 de Agosto de 1846, en la iglesia entónces en construccion, Santa María del Socorro, en Libourne, una llave se hundió algunas pulgadas, mostrando así que la bóveda se habia roto, pero que la hendidura, cerrándose casi al mismo tiempo, habia tenido, sin embargo, el tiempo de alcanzarlo, por decirlo así, la llave al vuelo en el primer instante de su caida. Habia, pues, tenido lugar, ahí apartamiento momentáneo de los piés derechos, movimiento que el resultado relatado dió a conocer.

Conder, a propósito del temblor del Japon central de 28 de Octubre de 1881 cita el caso de una bóveda de ladrillos que perdió por proyeccion o espulsion hácia afuera del plano de nacimiento el ladrillo superior de uno de los piés derechos i un paquete de cinco ladrillos, a poco mas o ménos, en la mitad de la distancia entre el nacimiento i la llave. Un acto análogo se produjo en otra parte pero horizontalmente en el acto del volcamiento.

En el temblor de Cachar de 10 de Enero de 1869, la aserradura de Cochela, entónces abandonada, pero en perfecto estado de conservacion, salvo la ausencia del techo de las puertas suministra un ejemplo interesante tambien. Era un gran rectángulo cuyos muros de contorno eran de todos lados compuestos de grandes arcadas que descansaban sobre pilares de albañilería. Despues del temblor se vió a estos arcos como rebajados o achatados sobre el plano horizontal i era menester aproximarse a ellos para percibir que los

piés derechos i arcos aunque habiendo conservado sus formas habian sido desagregados por el choque al caer al suelo, al fin de la catástrofe. El rebajamiento habia sido sencillamente un poco brutal. En este caso la conservacion de los arcos, tanto como en las bóvedas, era debido a la ausencia de todo sobrecargo de la supertructura. Los cuatro ángulos de la construccion habian quedado en pié. Se ve cuanta diversidad en la destruccion de las bóvedas ocurre segun las circunstancias.

En el temblor de 12 de Junio de 1897 se ha observado en toda la Bengala, situada, sin embargo, a una gran distancia de la rejion epicentral, el Assam, que las estructuras que sufrieron mas fueron las bóvedas. En Bardwan se notó que ellas fueron tanto mas maltratadas cuanto eran mas rebajadas. En la torre del reloj de Monghyr un pequeño cambio de lugar del muro occidental ocasionó la destruccion de los pequeños arcos de las fachadas Norte i Sur, mientras que las de las caras Este i Oeste soportadas por arcos-estribos quedaron intactas. De otro lado, series de arcadas como las de los edificios públicos de Berhampur, formando pasadizo cubierto de una manera semejante a los de la calle de Rivoli en Paris, resistieron perfectamente cualquiera que fuese su posicion con relacion a la direccion del choque i aunque las vigas trasversales que ellos sostenian los hubiesen desviado de su aplomo de una manera considerable. Esto se debió a que las arcadas se daban mútuo apoyo. Los estremos solo cedieron.

Se ve, pues, que conforme a lo que se ha dicho, las bóvedas presentan un gran peligro para las construcciones en los paises de temblores. Con mas razon las bóvedas complicadas, de aristas oblicuas u otras deben ser severamente prohibidas.

Sin embargo, las reglas de Ischia i de Norcia las permiten para las bodegas. Es parece, una imprudente concesion a los hábitos locales, i será en verdad mas prudente abstenerse de ellas, reemplazándolas por vigas de fierro aderezadas como las de los techos de los pisos, de manera de no agravar

la destruccion de los muros por sus propias vibraciones. Todo lo que se podria decir en favor de las bóvedas para bodegas seria la disminucion del movimiento seismico debajo del suelo. ¿Es, sin embargo, bastante para justificar su empleo? Es poco probable. Parece bien verdadero que una bóveda es tanto mas resistente cuanto su flecha es mas considerable con relacion a inclinacion. Es a esta razon que se ha atribuido, Ibarra, en particular, una cierta inmunidad a los edificios góticos. Es bastante difícil, en el estado actual de las observaciones, formarse una opinion firme a este respecto. Se debe, sin embargo, alegar, en contrario, que segun Aucapitain, en el temblor de 5 de Febrero de 1855, de Guenzet, cerca de Beni Sala, en Cabylye, las ojivas moriscas fueron todas destruidas en el ángulo superior.

Naturalmente las cúpulas son aun mas inestables que las bóvedas simples. Por centenares podrian citarse las destrucciones de los coros de las iglesias.

Hai un jénero de monumentos indús que muestran bien el peligro de las cúpulas. Estas son cúpulas circulares sostenidas por un cierto número de arcadas abovedadas en número de ocho haciendo el contorno del edificio. La altura es ordinariamente dos o tres veces mas ancho. A esto solo se reduce la estructura de estos edificios de gran inestabilidad. Han sufrido particularmente en varias ocasiones por los temblores, por ejemplo, el altar de Siva, en Sherpur, en el de Cachar, el 10 de Febrero de 1869, i la torre de guardia del amurallado de la prision de Bhagalpur, con ocasion del Assam el 12 de Julio de 1897. Su destino mas frecuente es el de templos i los ingleses han tenido gran razon para copiar la disposicion de ellos como en el primer caso.

18 — *Techos i coberturas*

El techo de una construccion en un pais de temblores ayuda a menudo a su destruccion, si no está juiciosamente establecido, i Conder hace observar que en el Japon, a lo ménos, los arquitectos, aun en los casos en que las partes de un edi

ficio se han estudiado lo mejor posible, no dan lo mas a menudo mas que el plan del conjunto del techo dejando así a los contratistas subalternos el cuidado de calcular los elementos o detalles de él, i asumiendo por esta causa una grave responsabilidad. ¿Este error es especial al Japon?

Sea de esto lo que fuere, el techo por su gran inercia i su posicion en la parte alta de los muros, hace que bajo la accion del movimiento oscilatorio seísmico éstos se desprendan del envigado i entónces, si la amplitud es demasiado considerable, el envigado, incompletamente sostenido, o no siéndolo sino en parte, caerá en el interior, arrastrando todo el maderámen del techo, i bajo este impulso, resultante hácia el esterior, el muro será completamente tumbado sin poder tomar su posicion primitiva despues de la semi-oscilacion hácia el esterior, pues la techumbre será obstáculo a esta vuelta i aun ayudará a su ruptura. Se sigue que la techumbre debe no solamente reinar sobre toda la lonjitud de los muros sino aun apoyarse, sobre todo su espesor, o bien ser invariablemente fijo en su parte superior; será fácil a los constructores obtener este resultado por medios cuya descripcion detallada no entra en el plan de esta obra. Milne dice que entónces las partes inferiores del muro vibrarán solas libremente, de suerte que podrá tener lugar ahí ruptura entre las partes superiores que no pueden seguir a las inferiores, puestas en movimiento mas rápido. Esta conclusion parece sujeta a debate i no está corroborada claramente por hechos de observacion. El mismo seismólogo cita el caso de techos de gran vuelo, que, descansando *libremente* sobre los muros, i habiendo soportado sacudidas en el espacio de veinte años, 1880 a 1900, no han podido jamas arrastrarlo en los movimientos horizontales de los muros, como por ejemplo, en la antigua escuela de injenieros de Tokio, llamada Kobudaigato. Por otra parte, aun, él cita algunos techos pesados pudiendo hacerlos ir i venir sobre los muros por intermedio de bolas de fierro, disposicion que es preciso atribuir a B. H. Brunton. La insuficiencia de reseñas impide pronunciarse sobre un sistema incontestablemente racional

pero que encontraria obstáculo para su éxito en su orijinalidad misma.

No hai necesidad de insistir mucho sobre la necesidad de hacer techos lijeros si no fuese mas que para evitar el sobrecargo de los muros, peligro ya muchas veces señalado.

La techumbre debe estar combinada de manera que constituya triángulos invariables, principio de construccion bien conocido, i es en este sentido que se han concebido la mayor parte de los tipos de techos europeos. Asi sus armaduras están jeneralmente en buena condicion para resistir, a los movimientos susultorios, que son sobre todo, los de temer. En efecto, los movimientos verticales a los cuales están sometidos no tienen jamas una amplitud tal que puedan deformarlos sensiblemente cayendo sobre sus propios apoyos.

No sucede lo mismo para los movimientos lonjitudinales que no deberian destruir un techo si está bien hecho. Es así que Conder cita el ejemplo de varios techos a la europea construidos en las provincias de Mino Owari, que el 28 de Octubre de 1891 fueron maltratados de curiosa manera, habiendo tomado el seismo una forma ondulada i gondolada mui acentuada, porque las vigas estaban insuficientemente adheridas entre sí por amarras; las mas habian quedado en su lugar, i las otras habian sido inclinadas, de suerte que despues del temblor el techo presentaba una sucesion a manera de vientres i de espaldas, segun las líneas de mayor inclinacion i correspondientes a diferentes vigas, segun que el seismo las habia inclinado o no.

En resúmen, se puede afirmar que, salvo el caso de la caida de los muros, un techo bien construido i con triángulos invariables resistirá tanto como su armadura, a los temblores aun los mas fuertes, i si todas las ensambladuras son ejecutadas con cuidado; esta condicion de exijir triángulos invariables, debe estenderse a todas las direcciones que se pueda considerar en una pirámide hueca que es la armadura del techo.

Los techos piramidales, cónicos o en bóvedas, en resúmen aquellos que no presentan en plano una dimension mas con-

siderable que otra, parecen dar una cierta seguridad, a condicion de ser siempre, se entiende, construidos segun las reglas del arte.

En el temblor de 9 de Noviembre de 1880, el techo del coro de la capilla de Kasina presentó un ejemplo notable. Ocurrió lo mismo en el castillo vecino de Nikola, cuyo techo quedó en su sitio intacto, aunque un buen tercio del edificio se derrumbó debajo de aquel.

Con ocasion del temblor dálmata de 2 de Julio de 1898 Faidiga cita el ejemplo, en Kôsute, de una armadura de techo, pobremente establecida, sin embargo, que se derrumbó con los muros de la habitacion; pero conservando su forma intacta, despues de haber—es verdad—perdido todos los materiales de cubierta, i esto a pesar de la violencia del choque que ella debió soportar al llegar al suelo. Este hecho es mui interesante porque él muestra cuan susceptible es de dar resistencia a la armadura de madera de un techo aun con poco cuidado, i una perfecta indeformabilidad bajo la accion del seismo mas severo. Este ejemplo es probablemente único, pues se ve jeneralmente despedazarse las techumbres sobre los montones de escombros que ellas recubren i es frecuente la destruccion cuando los muros se despedazan.

Queda el peligro mui real de la caida de los materiales de cubierta, accidente que basta muchas veces a hacer un temblor mucho mas terrificante que no le corresponderia por su verdadera intensidad, por el fracaso, los muertos i los heridos que son la consecuencia. Será menester, pues, en un pais seísmicamente inestable cuidar de todo particularmente de la union de las tejas con el techo. Esto es tanto mas necesario cuanto en las construcciones ordinarias nada, en el asiento de las tejas tiende a oponerse al movimiento vertical de abajo arriba, movimiento que ha sido mencionado en observaciones probablemente bien hechas, por ejemplo, en Agram el 9 de Noviembre de 1880. Bajo este punto de vista las tejas de fabricacion mecánica i aderezadas de manera de engancharse las unas en las otras presentan serias ventajas i deben ser preferidas. Necesitando por otra parte mucho ménos

recubrimiento de las unas con relacion a las otras, que las tejas hechas a mano, chatas o semicilíndricas, la techumbre tendrá que ser mas lijera tanto mas cuanto que las primeras no tienen necesidad de ser albañiladas entre sí, como se hace tan a menudo con las otras, sobre todo en los paises lluviosos.

Será menester disminuir lo mas posible la pendiente de los techos para impedir la caida de las tejas.

Se ha preconizado en las Filipinas las coberturas metálicas en zing acanalado o no. Resultan con este sistema techos mui lijeros, pero en este pais no seria lo mismo que en muchos otros del Japon, por ejemplo; ahí los tifones que reinan levantan con la mayor facilidad estas hojas metálicas despedazando las junturas cuando no se ha premunido contra este modo de destruccion por un sistema especial de amarra. Pero es fácil de remediar este peligro. Queda para los paises tropicales el grave inconveniente de la acumulacion del calor bajo los aleros. Se ha propuesto el medio de obstaculizar esto por disposiciones convenientes de aereacion no dando sin embargo a los grandes vientos o a los ciclones la posibilidad de entrar por debajo, en cuyo caso la cobertura seria fácilmente levantada, i se ha propuesto sobreponer dos i aun tres de estas techumbres con cierto espacio entre sí.

Hai casos en que la colocacion de los tijerales no es indiferente. Es así que en la iglesia de Bhagalpur debió en parte sus deterioros, el 12 de Junio de 1897, al hecho de que los tijerales de la techumbre de la nave principal descansaban justamente sobre las llaves de las arcadas incrustadas en el muro separándola de las naves laterales. La menor reflexion habria debido hacer impedir una disposicion evidentemente peligrosa.

En el capítulo de la descripcion de los diversos tipos de habitaciones en los paises de temblores, se volverá sobre los sistemas particulares de techos o de coberturas para señalar los mas ventajosos i defectuosos, nota, por otra parte, aplicable a todos los elementos de construccion pasados en revista hasta aquí.

CAPÍTULO V

EFECTOS DE LOS TEMBLORES DE TIERRA SOBRE LAS DISPOSICIONES DEL CONJUNTO DE LOS EDIFICIOS

1. Plan de un edificio.—2. Número de pisos. —3. Disposicion interior de las habitaciones. —4. Conexion entre las diferentes partes de un edificio. —5. Union de antiguas i de nuevas construcciones. Antetechos. Lonjitud de los muros.—6. Casas en serie o en agrupacion.

1.—*Plan de un edificio*

Es difícil aconsejar disposiciones ventajosas para una cuestion tan vaga como la del plan jeneral de un edificio. ¿Por esto el problema no habrá sido abordado por los seismólogos que se han ocupado de los deterioros producidos por los temblores? Se citará, sin embargo, la opinion mui juiciosa de Conder despues de su inspeccion a las provincias de Mino i Owari en el Japon central, desvastadas el 28 de Octubre de 1891. Bajo el punto de vista del temblor, dice, que parece importante que el plan de una construccion sea tan simple i compacto como sea posible, en caso contrario las partes anexas tienden a separarse del cuerpo principal. Es así que en la fábrica de algodon de Osaka las torres cuadradas laterales fueron desligadas por el choque. No se podria hablar mejor. Ahí, aun, el no sicronismo de las vibraciones de las partes contiguas ha jugado su rol destructor.

2.—*Número de pisos*

Es una mui antigua i corriente la observacion de que en los pisos superiores el movimiento de lámparas, de cuadros i otros objetos suspendidos i movibles es mucho mas considerable que en los pisos bajos de las habitaciones, de tal manera que sobre el suelo escapan de numerosos seismos lijeros i son mui notablemente resentidos en los pisos superiores. Por esto las reglas de Norcia i de Ischia limitan el

número de ellos a uno, en todo caso a dos como máximum. El olvido de esta sabia i prudente prescripcion ha sido, el 23 de febrero de 1887, fatal a numerosas casas de especulacion de la Liguria i de la costa de Niçois. La necesidad de limitar la altura es realmente marcada en la opinion pública de Centro América donde reina la creencia, lejendaria, es verdad, de que el gobierno colonial español habia, en otro tiempo, dictado la pena de muerte para aquellos que construyeren con varios pisos. En efecto i para no citar mas que un ejemplo, en Quetzaltenango, el 18 de Enero de 1902, las habitaciones europeas con varios pisos sufrieron mucho mas que aquellas de indíjenas con un solo piso, a pesar de una construccion mucho menos cuidada. La misma observacion puede hacerse respecto de Klana el 27 al 28 de Febrero de 1870, i con la misma circunstancia en cuanto al cuidado relativo empleado en las construcciones. Los peruanos trataron de locura homicida la construccion de casas con varios pisos, en Lima, por los primeros conquistadores españoles, que no tardaron de tener la esperiencia de su error el 17 de Junio de 1578.

Para avaluar con precision la diferencia de los movimientos en los distintos pisos de las habitaciones se han instituido en el Japon esperiencias con este objeto en 1883. Se elijió para esto, cerca del Colejio Imperial de Injenieros, en Tokio, las casas de los profesores Milne i Alexander, situadas a 20 metros solamente la una de la otra.

La del primero era de ladrillos con estructura interior de madera i un pesado techo de teja; la del segundo de madera recubierta con yeso al esterior. Los seismógrafos empleados fueron idénticos, desde el 30 de Noviembre de 1883 hasta el 11 de Junio de 1884, i fueron movidos por veintisiete seismos de intensidad variada. Llamando 1 el movimiento rejistrado en el primer piso de la casa de ladrillo, los del primer piso superior de la misma, primer piso i primero superior de la segunda fueron respectivamente por término medio 1,6—2—3,4. Se ve que la naturaleza de los materiales

empleados muestran la influencia de sus propias elasticidades, lo que era natural de esperar.

3.—*Disposicion interior de las habitaciones*

A raiz de su exámen de las ruinas de la Cefaliona, despues del temblor de 11 de Febrero de 1867, ha parecido a Fouqué que las piezas numerosas i pequeñas separadas por tabiques de piedra sólidamente construidos, como los muros esteriores, ofrecen el modo de distribucion mas conveniente bajo el punto de vista de los temblores de tierra, porque los tabiques interiores sostienen i consolidan las murallas impidiéndoles ceder bajo el esfuerzo de las sacudidas cualesquiera que sean las direcciones de éstas, i porque ellos no ofrecen por si mismos ningun acrecentamiento de daño, como lo ha probado la perfecta conservacion de viejas casas que presentaban este jénero de distribucion al lado de bellas villas destruidas a pesar de su construccion aparentemente mucho mas cuidada.

Esto no autoriza, sin embargo, a decir que se prohiba absolutamente las grandes salas. Se les ha visto en Zante el 31 de Enero i el 17 de Abril de 1893 resistir en la casa de Foster i en la oficina telegráfica, como se ha tenido la ocasion de señarlo; pero será prudente tomar precauciones particulares sin exajerar las dimensiones, i quizás mas sabio no fiarse en eso demasiado.

4.—*Coneccion entre las diferentes partes de un edificio. Union de antiguas i de nuevas construcciones. Ante-techos*

Los ante-techos de los edificios o los anexos de las construcciones principales son a menudo los únicos destruidos. Esto depende evidentemente de la diferencia de los periodos de oscilacion i de vibracion i tambien de la gran masa del resto del edificio que obra sobre la parte débil. Conder i Mercalli han dado varios ejemplos de esto a continuacion de los temblores de 28 de Octubre de 1891 en el Japon Cen-

tral, i de la Liguria el 23 de Febrero de 1887 respectivamente.

En Calcuta, el 12 de Junio de 1897, la capilla baptista fué deteriorada i su pórtico dado vuelta. Este último era un agregado ejecutado en 1890 Despues de la encorvadura de una de las vigas metálicas del pórtico—vigas que habian reemplazado en la construccion a otras vigas de madera podridas—mostró mui claramente que habia sido sometida en un momento dado de estremo a estremo a un esfuerzo de compresion debido al movimiento de la construccion principal, fenómeno que determinó la caida de esta construccion accesoria.

En Charleston, el 31 de Agosto de 1886, la parte primitiva de la iglesia unitaria quedó intacta, miéntras que las adiciones modernas fueron dañadas i desorganizadas. Lo mismo pasó en el colejio. Esto manifiesta que es peligroso unir nuevas construcciones a las antiguas.

No alcanzaria a ser ni paliativo reforzar con ligazones las partes de importancia desiguales; es preciso resignarse al aislamiento i a la independencia, esta es al ménos la opinion de Conder i todo prueba que el está en la verdad.

5.—*Lonjitud de los muros*

Las reglas de Manila prescriben que el largo de un muro no debe pasar dos veces de su altura si no está sostenido por contra-fuertes, cuyos intervalos no excederán tampoco del doble de esta misma altura. Se ha visto ya, en contra de la segunda parte de esta prescripcion que los contra-fuertes casi no deben aconsejarse.

6.—*Casas en serie*

Es una observacion corriente i antigua que las casas estremas de una serie son siempre las que sufren mas. Desde el siglo XVIII el Dey de Arjel, Aly, despues del temblor de 16 de Febrero de 1716, habia ordenado reconstruir las casas

de manera que las unas se apoyasen en las otras. Fouqué ha constatado que las iglesias, las mesquitas i otros edificios públicos habian, en igualdad de condiciones i a causa aun de su aislamiento, sufrido notablemente mas que las casas unidas entre sí, en los temblores del 11 de Febrero i 6 de de Marzo de 1867 en Cefalonia i en Metelin respectivamente. La misma observacion ha sido hecha en todo Bengala a causa del temblor de 12 de junio de 1897 relativamente a las casas inglesas mejor construidas pero aisladas, en relacion con las habitaciones pobres de los indíjenas, que se apoyaban las unas con las otras.

Es que en caso de temblores los muros estremos de las últimas casas se encuentran en condiciones desfavorables por la libertad de movimiento, cuyo peligro ya se ha señalado al hablar de los bordes de los rios, de los canales, de los barrancos, etc. Se puede tambien recordar que si se empuja el primero de una serie de varios objetos mas o ménos elásticos, los intermediarios parecen no recibir el movimiento miéntras que el último se separa violentamente de su vecino.

CAPÍTULO VI

CONSTRUCCIONES CON ARMADURA DE MADERA I FIERRO. LADRILLOS I ALBAÑILERÍA. BARRACAS.

De una manera jeneral, las casas con armadura resisten mui convenientemente a los temblores cuando ellas son construidas estrictamente segun las reglas bien conocidas especiales a este jénero de construcciones. En efecto la madera se presta admirablemente a formar bastidores verticales para las paredes horizontales para los pisos i los cielos, inclinados para los techos, bastidores que pueden fácilmente i deben ser combinados de manera de constituir en todas direcciones triángulos indeformables. Ligando en seguida sólidamente todas las partes de situaciones diferentes se llega a

construir una especie de caja mui elástica i casi absolutamente invariable bajo la accion de, no importa qué fuerza. Este resultado se obtiene con tanto ménos peligro cuanto que la madera es una materia bastante rijida i al mismo tiempo bastante elástica para que toda espectativa de ruptura sea fácilmente alejada.

Un ejemplo típico i sorprendente de la seguridad de las casas con madera se ha hecho remarcar en Casamicciola, el 28 de Julio de 1883, en el pequeño teatro de la plaza de Baños que dice la comision de informaciones, ha sido un verdadero oasis de salvacion a pesar de sus imperfecciones.

Por su poca conductibilidad para el calor, las habitaciones con armadura de madera son utilizables bajo todos los climas, en los mas frios como en los paises tropicales, donde la madera abunda i no cuesta cara. Por otra parte, se puede hacer paredes dobles i aun triples, siendo un colchon de aire el mejor de los aisladores. Estas habitaciones son desgraciadamente difíciles de preservar de los incendios. Se puede remediar esto en cierto modo con el empleo de maderas inyectadas de sustancias diversas, operacion que las hace ménos combustibles i al mismo tiempo mas durable, ventaja preciosa en los paises cálidos; la causa de destruccion aumenta con la disminucion de la latitud. Se ha recurrido tambien a los betunes o blanqueos ignífugos.

El inconveniente mas grande es en suma que este jénero de construccion se presta mal a la ereccion de grandes edificios públicos.

El temblor de Charleston de 31 de Agosto de 1886, ha permitido, en razon del gran número de casas de campo con armadura de madera, estudiar atentamente cómo estas habitaciones se conducen bajo el efecto de grandes seismos en todas las circunstancias variadas que puede presentar este modo de construccion.

Dutton i sus colaboradores han llegado a esta conclusion que una casa de armadura de madera, si está bien ensamblada i si todas sus partes están bien enclavijadas en su conjunto, forma un todo compacto i elástico, que puesto en os-

cilacion i vibracion tiende rápidamente a volver a su estado normal desde que la fuerza perturbadora cesa de obrar, es decir, en un tiempo mui corto. En la mayor parte de los casos se producen desplazamientos cuyas consecuencias materiales no han podido ser descubiertas mas que por un minucioso exámen, aunque este temblor haya sido mui destructor para las construcciones con albañilería de la ciudad de Charleston. Los deterioros serios se han localizado sobre todo en las partes accesorias que no pueden por su naturaleza estar sólidamente ensambladas al resto del edificio i que no forman, por así decir, parte de él, tales como las graderías, escalas de acceso, corredores, etc. Un pequeño número habia quedado inhabitable, pero en casi todas ellas se pudo constatar fácilmente defectos graves o mal hechura en la construccion. I no faltó alguna que resultó indemne del desastre, i se cita el caso de una familia de color que no se apercibió del suceso hasta el dia siguiente por la mañana. A pesar de una inmunidad en apariencia completa, muchas de estas casas de campo habian sufrido seriamente en las emsambladuras, pero la vuelta elástica a la posicion primitiva habia bastado a enmascarar las averías, que no se habria tenido la idea de repararlas sino hubiese sido por un cierto desplome, por aquí i por allá, i sobre todo por los estremecimientos con el paso de carruajes por la vecindad. Va sin decir que las chimeneas habian pagado fuerte tributo.

Las casas de campo de Summerville, aunque de construccion idéntica, sufrieron mucho mas, no tanto a causa de la menor distancia de Woodstock, el epicentro del seismo, cuanto por la naturaleza pantanosa del suelo, habian sido construidas sobre un cierto número de pilares de ladrillos o de madera que servian para levantar el primer piso de 3 a 4 metros i aun mas sobre el nivel del suelo. Los pilares fueron gravemente maltratados i ocho de esas casas cayeron pesadamente sobre el suelo en un solo bloc desde la primera impulsion seísmica. Se concibe sin trabajo los males que resultarian de esto. Para la mayor parte de las otras

la caida no fué mas que parcial, i la construccion sometida a una especie de zozobra o trastorno fácilmente reparable. Los pilares de ladrillos fueron encontrados mas o ménos desagregados i como triturados, sobre todo bajo las partes mas pesadas como los ángulos de las casas.

Cuando ellas no estaban dislocadas sus vértices estaban rotos, agrietaduras oblícuas las atravesaban i algunas estaban enterradas en el suelo como si se les hubiese golpeado con martillo, segun la relacion Dutton. Los pilares i las vigas parecian haber oscilado en todas direcciones. Los unos i los otros, habian dejado en el suelo alrededor de ellas un vacío cónico, mas o ménos regular, pudiendo dar una idea de la amplitud del movimiento seísmico, i otras veces una depresion circular indicaba un esfuerzo de comprension producido por el enterramiento en el suelo.

El caso de la ciudadela Nagolla que quedó casi intacta en el temblor del Japon central de 28 de Octubre de 1881, manifiesta que un gran consumo de maderas, a condicion de que en todo sentido hubiese numerosas piezas ensambladas i aunque estuviesen todas en ángulo recto, podria fin de asegurar la solidez suficiente del edificio, sin que por esto la armadura de madera haya sido establecida científicamente i constituida por triángulos indeformables que habrian podido a poco costo darle la invariabilidad de forma que es necesaria.

Resulta de todas estas observaciones i de muchas otras semejantes que se podrian referir que en definitiva una casa con armadura de madera (charpente), de otra manera dicho, una barraca, responde del todo a las condiciones que hai que que exijir para las habitaciones en los paises de temblores. Pero es preciso, bien entendido, que todas las partes sean de tal manera ensambladas i ligadas entre sí que se obtenga así una especie de caja por decirlo así, indeformable.

La cuestion se complica singularmente cuando se trata del relleno de los claros de madera si no se cierran las paredes por medio de planchas.

Las reglas de Manila prescriben revestir esteriormente la armadura de madera de un muro de ladrillo. Se puede estar

casi seguro de su destruccion por las vibraciones de la misma armadura. Estas mismas reglas recomiendan el empleo de grandes canales de cemento llamadas en Inglaterra «piedras de *Victoria*» (artificiales). Es dudoso que se las pueda fijar de una manera segura a la armadura.

Las reglas de Ischia permiten el relleno de los claros verticales por medio de materiales lijeros, ladrillos huecos, albañilería de rocas volcánicas escoriáceas, pero recomiendan sobre todo el empleo de un *lattis* formando un enrejado clavado por uno i otro lado de la armadura con un relleno de arcilla, todo recubierto con un buen blanqueado, jénero de construccion mui usado en el levante i que se puede adornar con lijeras molduras.

En el Portugal se recubren las paredes así hechas de cuadrados de cerámica esmaltada del mas bello efecto, pero la manera de fijarlos a las murallas debe inspirar los mas sérios temores. Se tiene ahora en este pais tanta confianza en este sistema de habitaciones barracas que se las aplica aun a palacios de cuatro i cinco pisos.

Todas estas disposiciones diversas i otras que solo difieren en los detalles constituyen las casas-barracas, a las cuales todos los seismólogos, como los reglamentos de edilidad dan su aprobacion sin reserva. Este sistema fué hecho obligatorio por el marques de Pombal en Portugal, despues del temblor de Lisboa de 1755, i los propietarios que infrinjian esta prescripcion eran obligados a demoler sus casas para conformarse a ella.

Se probó su bondad en el temblor de 3 de Abril de 1881. En Cosenza la confianza es tal en la seguridad de este modo de construccion que, segun Artom, inspector del *Jenio Civil* los arrendatarios hacen insertar en sus contratos de arriendo la obligacion para el propietario de darles a ellos i a sus familias asilo, en casos de temblores, en las casas-barracas cuando ellas las poseen.

La corta duracion de la madera, la dificultad de emplearla en construcciones un poco considerables, sobre todo públicas ha sujerido la idea naturalmente de reemplazarla por el fe-

rro, que tiene ademas la ventaja de permitir las grandes portadas, pero cuyo alto precio aleja a los arquitectos de hacerlas para los particulares.

Las construcciones de fierro i albañilería pueden clasificarse en dos tipos segun que el esqueleto metálico esté envuelto en albañilería o que esta última sirva de relleno para los claros. No se puede decir que hasta aquí la observacion de un gran número de temblores permita dar la preferencia a un sistema sobre el otro. Se debe, sin embargo, pensar que si la albañilería engloba o envuelve el esqueleto metálico, colocada en todos los casos, exacta i sólidamente entretejida, en todo sentido, las diferencias de períodos de las vibraciones tenderán a desorganizar la muralla. Si al contrario, la albañilería no hace mas que llenar los claros i que ella es sostenida por las alas de fierro de doble *T*, disposicion frecuentemente adoptada con los ladrillos, i si ademas se establece de cada lado de la muralla un alambrado, parece mui probable que las diferencias de vibraciones no podrán desorganizar interiormente la albañilería de un modo mas o ménos serio; pero sin que haya caida de cantidad apreciable de materiales ni aun averías aparentes de gravedad. Este último sistema es mui usado en las colonias tropicales inglesas, i no parece que haya dado hasta el presente lugar a contrariedades, siempre que haya sido establecido con todas las precauciones necesarias, que se toman en jeneral porque precisamente se trata de construcciones caras, mas adaptables a los servicios públicos que a las habitaciones privadas. Es así que Vredenburg, despues de su inspeccion en las construcciones de Bengala, despues del temblor de 12 de Junio de 1897, señala la resistencia de los cuarteles de Jamalpur i de Verhanpur o, mas bien, de sus pisos superiores así edificados.

Hai aun un tercer sistema de construccion con armadura de madera i albañilería, que consiste en establecer un muro al esterior de una armadura de fierro o de madera, pero es preciso condenarlo formalmente, pues sería difícil imajinar nada mas peligroso. Las diferencias de períodos de vibracion

i sobre todo de oscilacion lo condenan casi fatalmente a la destruccion.

Se ha propuesto tambien reforzar las construcciones ordinarias de albañilería por medio de bandas, cinturas i estribos de fierro destinados a oponerse al agrietamiento especialmente en la parte superior de los muros. Este procedimiento, si se hubiese llevado hasta los últimos límites, habria conducido a hacer construcciones mistas de armaduras de fierro al esterior de la albañilería. Es tan condenable como aquel en que la albañilería es, al contrario, esterior a la armadura metálica, i para convencerse de esto basta observar que las simples llaves o las *S* que se emplean para sostener en tiempo ordinario muros debilitados o que amenazan ruina fatigan enormemente los puntos de amarra i se han mostrado peligrosos por si mismos en los temblores de Bellune de 29 de Junio de 1873 i de Agram de 9 de Noviembre de 1880. En este último caso Wähner ha visto muros así reparados anteriormente que han sido cortados netamente por la banda de fierro bajo la accion del movimiento seismico.

La Comision de Ischia entre numerosos sistemas propuestos para la reconstruccion de la ciudad no ha creido conveniente acojer varios proyectos de construcciones mistas de fierro i madera, armadura compleja que no le parece presentar ninguna ventaja.

CAPÍTULO VII

EFECTOS DE LOS TEMBLORES SOBRE DIVERSOS TIPOS LOCALES DE HABITACION EN LOS PAISES SEÍSMICAMENTE INESTABLES.

I.—Rejion del Mediterráneo

1. Villas de Menton i de la Liguria.—2. Casas españolas.—3. Casas portuguesas.—4. Casas italianas.—5. Casas de Ischia.—6. Casas dálmatas.—7. Casas de Cefalonia.—8. Casas de Zante.—9. Casas de Metelin.—10. Casas monolíticas de Santorin.—11. Monumentos monolíticos vitrificados.—12. Orden dórico.

II.—Asia

13. Isba rusa.—14. Casas armenias del Cáucaso.—15. Casas japonesas indíjenas.—16. Casas japonesas con madera i piedras talladas.—17. Templos japoneses.—18. Casas de Calcuta.—19. Casas birmanas.

III.—América

20. Casas de la Martinica.—21. Casas hispano-americanas.—22. Casas de Cliff-dwellers de Nuevo Méjico.

IV.—Oceanía

23 Casas de Filipinas.

Se va a señalar en este capítulo los defectos principales i, en el momento oportuno, las ventajas inherentes a los sistemas locales de construccion de las habitaciones indíjenas de diversos paises inestables, indicándose a los constructores de estos paises cómo podrian mejorarlos o demostrarles, en otros casos, la necesidad de abandonarlos deliberadamente. Habria bastado seguramente atenerse a todo lo que precede, pues se encuentra ahí, al ménos implícitamente, la indicacion de las causas que hacen que los temblores sean mas desastrosos, pero el objeto perseguido aquí no habria sido completamente alcanzado. Se ha adoptado un órden jeográ-

fico; la reunion en conjunto de tipos mas o ménos análogos habria sido probablemente ménos instructivo para las poblaciones interesadas. Se ha querido solo tambien, para evitar repeticiones, examinar las condiciones que no han sido espuestas por otra parte en detalle.

I.—Rejion del mediterráneo

1.— *Villas de Menton i de la Liguria*

El temblor de 23 de Febrero de 1887 no hizo víctimas en Menton, porque las casas nuevas a pesar de ser mui mal tratadas, no tenian bóvedas como las de la Liguria, i porque la distancia al epicentro salvó las antiguas que las poseian; pero los perjuicios de las casas nuevas fueron considerables. Cerca de ciento cincuenta i cinco quedaron inhabitables i debieron ser demolidas inmediatamente en todo o en parte. El doctor Prompter que las inspeccionó ántes del trabajo de la demolicion observó la semejanza de daños de estas habitaciones, de un tipo bastante uniforme, compuestas de un piso del suelo i de un primer piso, sobre montado por un kiosco o una azotea. La caida de ésta última habia arrastrado el cielo del primer piso, despues el muro maestro opuesto a la azotea miéntras las otras tres murallas quedaron de pié. Se veia así las partes avanzadas del techo i del cielo colgadas como jirones i la casa semejante a un armario sin puerta dejaba a la vista los muebles de las piezas cuyos techos no habian caido.

Una construccion precipitada, de simple negocio i la falta de trabazon habian causado todo el daño.

2.—*Casas españolas*

Los muros de las fachadas son de ladrillos o de piedras i con frecuencia para el piso del suelo solamente. Todos los demas son con armadura de madera. En la mayor parte de los casos sin cruz de San Andrés, i los intervalos de los

montantes están llenos con guijarros o cascajos mal albañilerados con piedras o ladrillos, i el todo pobremente amarrado con cuerdas de esparto. Los piés de los montantes penetran con trabajo en las piedras del cimiento.

Se concibe fácilmente la poca resistencia que puede ofrecer un modo de construccion semejante que no se vacila, aun en las provincias mas espuestas a temblores, en llegar hasta dos, tres i aun seis pisos.

3.—*Casas portuguesas*

Las reglas dictadas por el Marques de Pombal despues de la catástrofe de Lisboa del 1.° de Noviembre de 1755, no habiendo sido casi aplicadas estrictamente, mas que en las ciudades principales, no será supérfluo repetir los mas importantes de los cargos que, en 1756, Soarez dirijia a los constructores de su pais, considerándolos como si hubiesen agravado en parte las consecuencias del temblor. Lo que él dice queda válido para muchas de las habitaciones portuguesas del campo i de las pequeñas ciudades.

Los bloques de piedra de los ángulos tienen dimensiones insuficientes i no están ligados al resto de la muralla.

Los dinteles de las aberturas no tienen mas espesor que los montantes, i por consiguiente ni los unos ni los otros se adaptan íntimamente a los muros, a los cuales no están por decirlo así mas que acolados.

Los muros están construidos de piedras de diversos tamaños i los intervalos están llenos de una mala mezcla de arcilla, de arena i de agua, a menudo sin cal.

Empleo jeneral de la arena del mar en las costas.

La carpintería del techo no descansa sobre viga maestra, de manera que los tijerales descansan directamente sobre los muros que deterioran i tienden a separar.

4.—*Casas italianas*

Mallet dice con mucho juicio que las habitaciones italianas son jeneralmente demasiado mal construidas para resis-

tir a los temblores. La pobreza del mortero en cal es el defecto mejor definido, como tambien el empleo de los guijarros redondeados, que no dan ninguna adherencia. Segun la casualidad de las invasiones estranjeras mas o ménos largas, se encuentra en las diversas provincias el predominio del empleo del *pisé* a la francesa, sistema mui resistente cuando está bien ejecutado, o de los ladrillos crudos o adobes de los españoles, que no aportan ninguna seguridad.

5.—*Casas de Ischia*

Las pesadas terrazas superiores constituyen el principal defecto de las casas de Ischia. Se les encuentra por otra parte en muchas otras rejiones de la hoya del mediterráneo.

Colocadas sobre bóvedas i algunas veces sobre techos insuficientemente embutidos en las murallas, están hechas de una capa de arenillas sobre la cual se coloca una plataforma de cemento apisonado durante mui largo tiempo. Su solidez propia es considerable, pero bien supérflua, puesto que su peso trae la separacion i el derribo de los muros.

6.—*Casas dálmatas*

Se ha tenido ya la ocasion de criticar los ángulos de los muros de las casas de Istria, a propósito del temblor de *Klana* de los dias 27 i 28 de Febrero de 1870. En el de *Sinj* del 2 de Julio de 1898, las casas lugareñas i campesinas de la Dalmacia se han mostrado presa fácil del terremoto. Son construidas de ordinario con pesadas piedras mui groseramente labradas; pero la falta de cal en el mortero, cuando en todo caso la albañilería no debe ser de piedras secas, quita toda realidad a la apariencia de solidez que ellas presentan a primera vista. Los tejados están hechos de pesadas piedras planas, este pequño detalle basta a esplicar la magnitud de los daños seísmicos sobre la vertiente occidental del Adriático.

7.—*Casas de Cefalonia*

Las casas de Cefalonia ofrecen a menudo una disposicion feliz, que es bueno señalar, porque ella ha salvado muchas existencias el 11 de Febrero de 1867. Muchas casas, bien construidas por otra parte, tienen sus aberturas horadadas en los muros de afuera, cuya albañilería no llega mas que a la parte inferior del techo, es decir, hasta la altura de la sablière. Estos muros no tienen pues casi nada que soportar del peso del techo, estando lleno por la carpintería su triángulo superior.

8.—*Casas de Zante*

En Zante se edifica jeneralmente en pequeño aparejo irregular, con una toba calcárea sin consistencia; esta toba está sumerjida en un mortero que no es otra cosa que el cieno sin trazas de cal. A menudo todavía son terrones de greda o de *pisé*, pegados los unos sobre los otros, que constituyen las murallas. Sobre estos frájiles sostenes se colocan pesados techos con vigas groseramente escuadradas sin ensambladuras, i sobrecargadas de largas tejas. Las murallas caen a menudo al esterior bajo el empuje del techo.

9.—*Casas de Metelin*

Ciertas villas han sido cruelmente maltratadas el 6 de Marzo de 1867 a causa del modo defectuoso de construccion que ha sido empleado ahí. Tales son, por ejemplo, las del fondo de la bahía de Calonia i algunas de los bordes de la de Port Olivier. Los muros del piso del suelo de cada habitacion son compuestos de bloques prismáticos de lodo desecado, superpuestos, i encima de los cuales se eleva un primer piso, formando como balcon alrededor del todo o por un solo lado.

Algunas veces trozos de madera son interpuestos en el espesor de las murallas para darles mas cohesion i resisten-

cia, se dice. En realidad este paliativo se ha mostrado no solamente ineficaz sino aun peligroso, porque él rompe la homojeneidad de la muralla, si acaso cualquier cosa puede volver mas frájiles muros así tan pobremente construidos.

La primera sacudida de un temblor ha jeneralmente derrumbado i pulverizadas las murallas que forman el piso del suelo i el resto de la casa ha sido arrastrado en la caida. Con mas frecuencia la armadura del primer piso ha sido quebrada i destrozada al caer. Ha podido sin embargo observarse algunas escepciones.

10.—*Casas monolíticas de Santorin.*

Ademas de las construcciones ordinarias se encuentran en esta isla, dice Fouquet, habitaciones que ofrecen todas las ventajas deseables en los paises cálidos i espuestos a los seismos. Edificadas con una especie de argamasa o con cemento volcánico, llamado Aspe, en el pais, ellas son frescas en el verano, impermeables para las lluvias del invierno i perfectamente indestructibles para los temblores. Cada una no forma, por decirlo así mas que un bloc abovedado cuando mas espuesto a agrietarse. Así fué que el 12 de Octubre de 1856 el dormitorio del establecimiento de las hermanas de caridad se agrietó sin mas daños i pocos dias despues la pesantez habia juntado tan bien las rasgaduras que no dejó ni huellas.

No se podria desgraciadamente recomendar estas especies de cajas vueltas al reves mas que en casos especiales.

11.—*Monumentos antiguos vitrificados*

Ciertas construcciones antiguas han resistido particularmente bien a los temblores, desde la mas remota antigüedad. Muros son estos que se juntan sobre todo como murallas de fortificacion o basamientos de templos, i que, formados en seco por medio de bloques de granito o de otras rocas silicosas, eran recubiertos con madera i se les allegaba fuego.

El calor desarrollado producia un comienzo de fusion, que, aglutinando los bloques entre ellos, hacia del muro un masiso vitrificado, monolítico e indestructible. Los ejemplos son mui frecuentes en muchos paises pero sobre todo en Grecia i Asia Menor. I va sin decir que un sistema semejante es absolutamente inaplicable en el estado actual de la civilizacion moderna. El ha sido presentado tan solo para no omitir nada relativo a construcciones bajo el punto de vista de su resistencia a los temblores.

12.—*Monumentos de órden dórico*

No parecerá, sin duda, descaminado relatar aquí las observaciones de Mallet sobre las ruinas del templo de Paestum despues del temblor napolitano de 16 de Diciembre de 1897. El no ha podido encontrar ninguna huella de dislocacion. Formadas como son de bloques estremadamente macizos justapuestos sin cemento i de columnas, estas contrucciones parecen ser por su forma i su estructura mas dispuestos a soportar un impulso venido de abajo. Un exámen minucioso ha sin embargo inducido a este seismólogo a concluir que, desde sus cimientos, las ruinas de Paestum no habian sufrido en nada la accion de los temblores ni aun aberturas de junturas, prueba suficiente para desautorizar la vulgar tradicion local segun la cual Paestum habria sido abandonado despues de los temblores desvastadores. Esto es tanto ménos aceptable cuanto que seria Capaccio, villa vecina en la montaña, a donde los habitantes de Paestum habrian emigrado a la llanura, i precisamente Capaccio ha sido algunas veces bien maltratada, de tal manera que su habitantes han concluido por desertar de ahí i se han establecido en un lugar mas seguro, en Capaccio nuevo.

Era interesante señalar un jénero de construcciones bien resistentes a los temblores, cualquiera que sea, aparte de toda aplicacion actual posible.

II.—Asia

13.—*Isba rusa.*

Se sabe que la *Isba rusa* es una habitacion de madera cuyos muros consisten en rodillos horizontales superpuestos con un pesado techo sobresaliente alrededor o mas frecuentemente de un solo lado. Este resultado es obtenido de la manera mas primitiva: los rodillos superiores se prolongan i sus estremidades reposan sobre dos postes verticales. El techo de madera tambien es sostenido por las estremidades de los rodillos i de los postes, todo a la vez.

Es difícil imajinar un conjunto mas inestable i si la estabilidad séismica del suelo de la Rusia se acomoda mui bien con él, no pasa lo mismo en ciertos paises, como el Cáucaso, donde los rusos han introducido este deplorable modo de construccion, como se ha visto bien en los distritos de la alta Koura en el temblor de Archalkalaki el 19 de Diciembre de 1899.

14.—*Casas armenianas del Cáucaso*

Las casas armenianas del Cáucaso pueden apenas soportar el peso de su techo, con mayor razon son ellas incapaces de resistir a los temblores en un pais donde estos fenómenos son tan violentos como frecuentes. Para edificarlas se comienza por practicar en el suelo una escavacion rectangular de una *sagene* o *sagene* i media de profundidad i cuya superficie será la de la casa. Su tamaño es variable segun la riqueza del propietario en ganado. En todo el derredor se eleva un muro de la tierra estraida. Alguna vez se emplea ahí la arcilla, las piedras secas, mas raramente todavía piedras i mortero. Los tabiques destinados a separar el departamento de los hombres, el departamento de las mujeres i la caballeriza son construidos de los mismos materiales. Directamente sobre estos muros reposan pesadas vigas no encua-

dradas, sobre las cuales se estienden ramajes, despues una mui espesa capa de tierra o de lodo para la cobertura. Algunos pilares sostienen tambien las vigas del techo; pero no hai aqui nada de ensambladuras ni aun de hevillas o de clavos. Dos puertas bajas i algunas aberturas mui pequeñas en el techo para el acceso de la luz i la salida del humo completan una habitacion, que, por razones de inseguridad, no se puede mas que difícilmente divisar de afuera por su débil relieve encima del suelo. Pero los habitantes encuentran ahí en caso de temblores su tumba toda preparada, por ejemplo el 19 de Diciembre de 1899.

(Continuará)