

# EL TERREMOTO DE SAN FRANCISCO DE CALIFORNIA

## SUS EFECTOS I LA RECONSTRUCCION.

POR CÁRLOS HOERNING D.

(Continuacion)

---

Puede preguntarse si la diferencia en la mano de obra no fué responsable de muchos de los resultados. Si es cierto que buena obra de mano dió mejores resultados que la corriente, siempre es la opinion de la comision que fué principalmente una cuestion de proyecto. Hablando en jeneral, edificios con murallas de ladrillo i elementos interiores de madera no pueden construirse sin que sean perjudicados por un fuerte terremoto no o causa del material ni de la obra de mano, sino porque el sistema es malo.

*Daño por el incendio.*—Todos los materiales fueron destruidos cuando estuvieron, espuestos al fuego o al calor por un tiempo largo. Ladrillo, terra cotta, granito, mármol, piedra, acero, fundicion, concreto, yeso, madera, todos fallaron. La comision desea dar especial énfasis a este punto; cualquier persona interesada en algun material puede encontrar evidencia en su favor, pero la observacion imparcial conduce a la conclusion que cuando cualquier material fué sometido a lo que se considera una prueba de fuego se destruyó.

Ninguna fundacion fué dañada por el incendio.

Los esqueletos de acero fueron las partes ménos perjudicadas de las diferentes construcciones. Cuando estaban debidamente protegidos, no hubo perjuicio. Donde la proteccion fué deficiente o no la hubo, la destruccion fué completa.

Una deduccion lójica de la circunstancia de que todos los materiales fueron destruidos es que todas las partes que constituyen los elementos resistentes de un edificio, cualesquiera que sea el material de que se construyen, deben protegerse por otro material que se destruirá mas o ménos en un incendio. Esto se refiere a un esqueleto de acero, suelos de cualquier tipo, i techos. Es imposible proteger algunas partes tales como fachadas, tabiques i otras partes espuestas directamente.

Toda deduccion del incendio debe ser basada en una conflagracion jeneral i no en un incendio aislado. En vista de la destruccion de todos los materiales, es cuestion abierta lo que debe hacerse para tener un edificio a prueba de incendio. La única aseveracion que podria hacerse es que la mejor seguridad para edificios, seria la insolacion de

un distrito que no contuviera nada mas que construcciones a prueba de incendio. Una conflagracion jeneral seria entónces imposible.

De las conclusiones de la comision de agua potable, extracto sólo lo siguiente. Es necesario evitar la colocacion de las obras en la proximidad de líneas de falla. Tranques de tierra, bien proyectados i contruidos, comprobaron tener gran estabilidad. Tranques de concreto son capaces de resistir, sin perjuicio, terremotos mui fuertes.

La comision de alcantarillado en su informe se refiere a una carta del señor H. D. Connick. La conclusion mas importante es: En San Francisco, una alcantarilla de concreto armado, sobre una fundacion de pilotaje cuando el terreno no ofrece sostén adecuado, probablemente dará el mejor resultado.

#### OPINION DEL SEÑOR WM. H. HALL

(El señor Hall es un distinguido ingeniero civil que conoce San Francisco desde 50 años atras. Está retirado ahora de la profesion activa i no está ligado con ningun interes comercial: su imparcialidad está fuera de duda. Desde el dia de la catástrofe, se ocupa, con un ingeniero-ayudante, de recopilar datos i fotografias de los edificios que pasaron por el terremoto i por el incendio, i de las nuevas construcciones. Su opinion es de las mas autorizadas, pues ha dedicado todo su tiempo a hacer un estudio especial de esta materia. La obra que publicará sobre San Francisco i la reconstruccion será el documento mas valioso. Debido a la amabilidad del señor Hall puedo dar su opinion al respecto de varios puntos de esta memoria).

El efecto del terremoto indica que ustedes pueden reconstruir económicamente la ciudad de San Francisco con acero, concreto, madera o una combinacion de estos materiales, de modo que otro terremoto de igual o aun mayor intensidad no dañaria seriamente los edificios; pero que ustedes no pueden con un costo razonable construir una ciudad comercial suficientemente a prueba de terremotos, usando piedra, ladrillo o terracotta o sus combinaciones, i la introduccion de estos materiales en combinacion con los del primer grupo será siempre a costa de la resistencia contra terremotos.

#### INFORME DEL SEÑOR N. ELLERY, C. E., SOBRE LOS EFECTOS DEL TERREMOTO EN LOS EDIFICIOS DEL ESTADO DE CALIFORNIA

(El informe completo se encuentra en el anexo 4).

Refiriéndose a la Escuela Normal de San José, un edificio de ladrillo destruido por el terremoto: Es mi sincera opinion que deberia construirse un edificio completamente nuevo, ya sea de concreto armado o de acero, de modo que podamos, en cuanto sea posible, resguardarnos en contra de fuerzas horizontales o sacudimientos repentinos.

Al final del informe: En vista de la presente destruccion de las instituciones del Estado, parece que un buen edificio de acero o de concreto armado deberia erijirse siempre que se requieran mas de dos pisos. Los materiales usados deben ser de la mejor calidad. Honradez en la obra de mano i en la supervijilancia son requisitos absolutamente necesarios si queremos obtener resultados buenos i duraderos.

INFORME DE LOS SEÑORES J. C. HOWARD I J. D. CALLOWAY PRESENTADO A LA ADMINISTRACION DE MANICOMIOS DEL ESTADO DE CALIFORNIA

(El señor Calloway es un distinguido ingeniero civil, especialista en construcciones de acero. Ha proyectado varios de los scycrapers de San Francisco. Es, pues, esplicable que tenga un prejuicio a favor de esa clase de construccion. Por observaciones mui interesantes que contiene el informe, se le da cabida en esta memoria.)

«Opiniones autorizadas están de acuerdo que en un terremoto se producen dos movimientos principales en la tierra: uno vertical i otro horizontal, siendo el último jeneralmente el mayor. El resultado de la vibracion horizontal de la tierra es una tendencia de cisallar los muros segun un plano horizontal, pues la inercia de la masa del edificio le impide seguir el movimiento del suelo. El movimiento vertical de la tierra levanta una parte del edificio, rasgando los muros. El resultado final es un movimiento de vaiven en el edificio, causando la destruccion de los muros de ladrillo, la partidura del enlucido i el desplazamiento de los techos.

Es evidente que en una rejion espuesta a terremotos, un edificio deberia construirse de modo que pueda resistir las tensiones producidas por el movimiento de la tierra. Albañilería de ladrillo o de piedra, construida con hiladas horizontales i sin convenientes amarras, es la peor forma de construccion posible para el caso, especialmente si sólo se usa mortero de cal. Las juntas horizontales de mortero se parten inmediatamente i cuando esto ocurre, los muros se destruyen.

Lo que se necesita en un edificio proyectado para resistir terremotos, es una armazon continúa desde las fundaciones hasta la cúspide, que posea rijidez pero que tambien sea elástica, de manera que cuando sea deformada, vuelva a su forma orijinal sin sufrir. Albañilería de ladrillo o de piedra es mui ríjida, pero totalmente inelástica. Cuando empieza un movimiento de cualquier naturaleza, se rompen las juntas i una vez que esto ha sucedido, no hai tendencia alguna para volver a la posicion orijinal.

El movimiento de un edificio de ladrillo causa tensiones diagonales en los muros que las juntas de mortero son incapaces de resistir. En todas estas construcciones pueden verse por esta razon las rasgaduras diagonales, cruzándose en forma de la letra X i que en la mayoría de los casos han desintegrado completamente el muro.

Se presenta aquí la pregunta, si el resultado seria mejor en caso que la albañilería se fabricara con juntas de mortero de cemento. Esto dependerá de la intensidad de la sacudida. Una construccion de esta clase es prácticamente ríjida i resistirá el movimiento de la tierra por la fuerza de las juntas, sin ceder por ser inelástica. Esto se vé en el Appraisers' Bldg en San Francisco. Si las fuerzas son demasiado grandes para que sean contrarrestadas en esta forma, la destruccion que resulta es mayor que en las construcciones ménos ríjidas. Un ejemplo se tiene en la torre de St. Patrick's Academy en Menlo Park. La construccion era escepcionalmente buena. La torre central fué edificada con todas las juntas con mortero de cemento Portland, sin cal. Sin embargo fué

completamente destruida. Esto hace ver que es elasticidad i no extrema rijidez lo que debe tratarse de conseguir.

Tomando en cuenta todas las fuerzas que pueden afectar una construccion, su peso propio i las tensiones horizontales i diagonales causadas por el movimiento de la tierra o por la presion del viento, se llega a la conclusion que es sólo con una armazon de elementos verticales continuos i vigas maestras i viguetas horizontales, fuertemente ligadas entre sí i convenientemente contraventadas que puede construirse un edificio que resista el sacudimiento de un terremoto.

Una solucion del problema de hacer una construccion que resista terremotos se presenta en los edificios de madera. Aquí los montantes verticales pueden resistir esfuerzos horizontales cuando están debidamente contraventados con diagonales. Comparativamente pocos edificios modernos de esta clase fallaron i en la mayoría de los casos ello fué debido a malas fundaciones o a hundimientos de la tierra.

Otra solucion consiste en la armazon de concreto armado. Propiamente proyectada, una construccion de esta clase tiene pilares verticales i viguetas horizontales que le permiten resistir un terremoto. El material es elástico. Algunos ejemplos existen, tal como Roble Hall i la parte antigua del Museo en la Universidad de Stanford i una fábrica en Alameda que pasaron por el terremoto sin perjuicio material.

En la opinion de los informantes, sin embargo, la mejor construccion para resistir terremotos es la con esqueleto de acero, combinado con suelos i muros de concreto armado. Esceptuando los muros, que eran de ladrillo, habia cerca de 20 edificios de esta clase en San Francisco i Oakland que resistieron el terremoto sin serio perjuicio.»

Hablando de los edificios del Asilo de Insanos en Agnews: «Muros de concreto debajo de las casas están intactos, esceptuando algunas rasgaduras insignificantes». Los muros de ladrillo sobre este concreto se partieron jeneralmente.

No podemos recomendar la reconstruccion de los edificios con ladrillo. Es probable que aunque la obra de mano hubiera sido mejor, no se habrian salvado los edificios, pues el defecto está en el tipo de construccion. Volver a construir con ladrillo no seria sino provocar análoga destruccion en el futuro.

Si el asilo es reconstruido con madera, pueden aprovecharse las fundaciones. En opinion de los informantes, edificios de madera son completamente inadecuados, escepto como meras construccion temporales. Tales construccion son mas baratas, pero el gasto de conservacion i de seguro, su rápida deterioracion i el peligro de incendio parecen consideraciones suficientes para no tomarlas en cuenta en una institucion pública permanente como es la de Agnews.

Recomendamos como tipo de construccion que debe adoptarse para los edificios del Asilo, el con una armazon completa de acero, debidamente unida i contraventada, en combinacion con suelos i muros de concreto armado. Los tabiques deberian hacerse sólidos de mortero de cemento colocado sobre una armazon de montantes de acero i tela de alambre.

Recomendamos seriamente a ustedes la adopcion del tipo indicado como el mas

ventajoso. La experiencia ha hecho ver que es poco perjudicado en un terremoto, que es prácticamente «fire proof» aun en una conflagracion jeneral a la cual los edificios del Asilo no están espuestos, i que es superior a todos los demas tipos bajo el punto de vista de la hijiene. Existe la impresion errónea que esta clase de construccion es mui costosa. En mui pocos casos el costo excede en mas de 10 a 15% el de un edificio con murallas de ladrillo i suelos de madera. En el caso del Asilo, que tenia todas las murallas divisorias de ladrillo maciso, creemos que el tipo propuesto habria sido tan barato como el que se empleó. Es posible que el ladrillo viejo que está a mano, si se chanca, pueda usarse para el concreto, efectuando así un ahorro considerable.

Edificios de concreto armado sin amazon de acero podrian usarse, pero como habia pocos ejemplos de esta clase de construcciones que fueron sometidas al terremoto, no consideramos este tipo como comprobado (as a sertled one). Si tal tipo se adopta, debe tomarse especial cuidado en la eleccion del profesional. Este tipo es relativamente nuevo i miéntras numerosas personas pretenden ser especialistas en esta clase de construccion, solo mui pocas son competentes, ya sea por experiencia, ya sea por estudio, para proyectar i ejecutar debidamente tales construcciones. Gran cuidado debe prestarse a la fabricacion i colocacion del material. Esto no debe interpretarse como intencion de desacreditar el concreto armado, sino como una sujecion en caso que se emplee. (ver páj. . . ).

FOLLETO PUBLICADO POR THE CALIFORNIA PROMOTION COMMITTEE. (TESTO ÍNTEGRO EN EL ANEXO 1) DICIEMBRE 1906

«Ya puede veise que el concreto armado tendrá estensa aplicacion en la reconstruccion de San Francisco.»

Las personas entendidas en concreto armado aseguran que ninguna otra construccion resistirá un incendio i un terremoto mejor que una de concreto armado. Segun las investigaciones hechas por The California Promotion Committee, parecé que los hechos confirman esa conclusion. (Se describen brevemente varios edificios en construccion en San Francisco; los efectos del terremoto en Stanford Univ.; el caso de un edificio de concreto armado en el incendio de Baltimore; el Auditorium de Los Angeles, Cal., el teatro de concreto armado mas grande del mundo; etc.)

Los informes citados se refieren principalmente a los efectos del terremoto. Ver tambien la nota 5. Una comision compuesta de los distinguidos profesionales señores H. A. Schulze, J. D. Galloway i J. B. Leonard presentó al Consejo de Administracion de la Universidad de Stanford un interesante informe respecto de las medidas que convendria adoptar en la reconstruccion de los edificios; no se ha dado todavía a la publicidad.

Las citas a continuacion se refieren especialmente a conclusiones deducidas del incendio.

INFORME DEL SEÑOR REED (VER PÁJ. ...).

Algunas de las lecciones mas importantes deducidas de este incendio, respecto los medios de combatir una conflagracion, son:

1) La importancia de proteger las ventanas de las fachadas, costados i parte posterior de los edificios, en lo posible con disposiciones a prueba de incendio, pero que en todo caso retarden su propagacion.

2) La importancia de fomentar la proteccion individual de los edificios por sus ocupantes.

3) La importancia de tener techos resistentes a un incendio i cerchas i claraboyas bien protegidas.

4) La importancia de tener un servicio de agua abundante i suficiente presion.

5) La importancia de que el cuerpo de bomberos disponga de una considerable reserva de mangueras.

6) La importancia de que el cuerpo de bomberos disponga de aparatos de mayor alcance i calibre. Tales aparatos no necesitan limitarse por las mismas condiciones que exige la rápida atencion en caso de alarma;

7) Restriccion en uso de explosivos;

8) En caso de usar ladrillo hueco para edificios «a prueba de incendio», la importancia de tener secciones perfeccionadas;

9) La importancia de ligar mejor el ladrillo hueco en tabiques i la importancia de tener tragaluces i puertas que retarden el progreso del incendio.

10) La importancia de mejor proteccion del entramado de acero en las buhardillas;

11) La importancia de usar buena albañilería de ladrillo con mortero de cemento i no de cal;

12) Las posibilidades alentadoras del concreto armado i la importancia de buena ingeniería en su aplicacion;

13) La importancia de adoptar tipos-modelos para la proteccion de los pilares.

OPINION DEL SEÑOR W. H. HALL

Los sistemas de proteccion contra incendio (fire proofing) deberian ser en lo posible «a prueba de demolicion». Por lo ménos en el subterráneo i en los primeros pisos deberian poder resistir las influencias que produjeron la destruccion en San Francisco.

El único material que parece haber resistido la prueba, es el concreto. Por lo que el autor ha observado, muros de concreto, peldaños i pórticos, suelos de concreto armado i la proteccion de concreto para pilares i vigas de acero no han sido perjudicados seriamente por el calor o por la llama i en casos contados han sufrido seriamente por acciones demoledoras.

## OPINION DEL SEÑOR R. L. HUMPHREY, JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DEL U. S. GEOLOGICAL SURVEY, ST. LOUIS

(Su informe sobre la catástrofe de San Francisco será publicado próximamente.)

Admite que ladrillos arcillosos (terracotta) pueden resistir la acción de un incendio, pero niega en absoluto que ello suceda con la terra cotta del comercio, tal como se fabrica i se usa hoy día.

## COMENTARIOS

1) Talvez la conclusion mas interesante de los informes citados, es la condenacion unánime de los edificios de ladrillo, aun en el caso de buena ejecucion, como sistema de construccion para resistir terremotos.

En el informe Howard-Galloway se explica la causa de la destruccion de un edificio de ladrillo. En efecto, tal construccion presenta forzosamente juntas horizontales. La fuerza adherente entre ladrillo i mortero o la cohesion del mortero deben resistir esfuerzos de cizalla i de traccion, pero no son capaces de hacerlo en condiciones corrientes. Puede remediarse el defecto, dando considerable espesor a los muros, proyectando numerosas murallas transversales i colocando amarras metálicas; pero el costo de la construccion resultará igual o mayor que el de una del tipo «jaula» i ella no presentará la misma seguridad: la ventaja que se obtiene con juntas de mayor espesor, se pierde por el aumento de la inercia de la construccion i por consiguiente tambien del peligro de destruccion; en condiciones prácticas solo pueden colocarse refuerzos metálicos horizontales i son precisamente los refuerzos verticales los que darian mayor estabilidad transversal a la construccion.

En la página 6 se ha citado el caso de dos edificios de ladrillo en San Francisco que resistieron el terremoto, gracias a precauciones especiales. Es evidente que con métodos de construccion modernos se habrian obtenido edificios de igual o mayor estabilidad con menor costo.

2) La catástrofe de San Francisco hace ver que el incendio causado por un terremoto puede ser incomparablemente mas destructor que el terremoto mismo i que en la reconstruccion de la ciudad hai que tomar precauciones contra ambas causas.

Edificios de madera, debido a la lijereza i al sistema de construccion, en jeneral resistieron el terremoto. Pero no deben deducirse conclusiones muy jenerales de este hecho. La madera con el tiempo se destruye i es atacada especialmente en los ensambles, es decir se forman puntos débiles en las partes mas espuestas en una sacudida por un temblor. La resistencia depende de la edad.

Construcciones de madera son destruidas completamente en caso de incendio. Su uso queda escludido para edificios importantes, sobre todo para edificios públicos, edificios en que habita o se reúne un número considerable de personas, etc. Constituyen tambien un serio peligro para la destruccion de una ciudad entera por un incendio. Si

las poblaciones están formadas únicamente por casas quintas, la separación de los edificios por jardines disminuye el peligro; pero en ciudades azotadas por fuertes vientos siempre es posible una conflagración general.

Construcciones con muros de ladrillo e interior de madera no presentan mayor seguridad contra incendios interiores que edificios enteramente de madera. En un incendio aislado los muros de ladrillo serán una buena medida para impedir su propagación; pero en el caso de un terremoto seguido por un incendio, prestan muy poca utilidad.

3) La experiencia i la teoría indican que el problema de tener un edificio «a prueba de terremotos i de incendios» se resuelve por la construcción de un edificio tipo «jaula» suficientemente contraventado para soportar fuertes oscilaciones i con todos los elementos protegidos contra incendios. Es evidente que un edificio no puede ser absolutamente seguro contra terremotos o incendios de intensidad extraordinaria, pero se puede construir de modo que salve de una catástrofe como la de San Francisco.

Parece ya fuera de discusión la superioridad del concreto como protección contra incendios. No es porque el concreto presente mas resistencia contra la acción de la llama i de gases calientes que la terracotta o el ladrillo; por el contrario, estos materiales por estar calcinados ya, superan al concreto. Pero la eficacia de una protección contra incendio no depende solo de la temperatura que es capaz de resistir; depende mas de los choques i descenso repentino de temperatura (por efecto de un chorro de agua) que puede experimentar sin destruirse; tambien es de gran importancia que la protección se dilate igualmente con el material protegido. Mientras el concreto, sin satisfacer en absoluto estos requisitos, los cumple prácticamente, lo contrario sucede con el ladrillo arcilloso hueco. Ya antes del terremoto el concreto habia encontrado en San Francisco mas aplicación que la terracotta; ahora su uso será general.

El esqueleto del edificio será, pues, enteramente protegido por medio de concreto.

Pasando a los demas elementos de la construcción:

*Suelos, techos i divisiones.* — Bajo el punto de vista de resistencia contra terremotos, ningun método de construcción supera al concreto armado. En efecto, no presenta juntas; con refuerzos apropiados puede soportar las mayores sacudidas; es de fácil anclaje a los elementos de la jaula. Suelos, techos i divisiones de concreto armado constituyen ademas contravientos adicionales del edificio, lo que es de mucha importancia.

Algunos ingenieros sostienen que suelos de concreto pierden su resistencia por el calor. Las experiencias hechas en Hamburgo en 1894 (ver Kidder, Pocketbook, páj. 734) i los efectos del incendio de Baltimore (ver Taylor and Thompson, A. Treatise on Concrete, páj. 433) hacen ver que ello no es efectivo. Lo mismo puede decirse de pilares i vigas de concreto armado, siempre que el metal no quede muy próximo de la superficie.

*Muros de fachada.* — El incendio demostró que todas las piedras se destruyeron a una temperatura elevada; el ladrillo, la terracotta i el concreto resistieron.

En atención al peligro de terremotos, no son de recomendar los muros de albañile-



ría. Como para las divisiones, la mejor solución es el concreto armado. Pero por consideraciones de ornamentación, suele ser deseable colocar ladrillo o terracotta en las fachadas, formando una cubierta que deberá anclarse sólidamente al cuerpo del muro, lo que es fácil hacer si éste es de concreto armado. Una buena solución es usar piedra artificial, de cemento; puede fabricarse en cualquier forma i colorido, presenta gran resistencia contra la intemperie i contra incendios, i sobre todo pueden incrustarse en ella armaduras metálicas que permiten un perfecto anclaje con el muro.

*Fundaciones.* — Para la resistencia de un edificio contra terremotos, parece que la fundación monolítica debajo de toda la construcción dará el mejor resultado, ejemplos se tienen en el Call Bldg, en el Correo i en el Appraisers' Bldg. Esta solución es costosa i comunmente se sustituye por fundaciones aisladas, ligadas entre sí por «vigas de fundación»; se consigue de este modo una base unitaria. (Ver notas 7 i 8). Cuando el terreno es muy bueno, pueden suprimirse las ligazones. El pilotaje en combinación con el tipo de fundación indicado es recomendable cuando el terreno es de mala calidad.

La fundación debe permitir un sólido anclaje de la «jaula».

El mejor sistema para realizar estas condiciones es el emparrillado, ya sea de concreto armado propiamente tal, ya sea de vigas doble T o de rieles cubiertos de concreto. Si se emplean pilotes, hai gran conveniencia en que sean de concreto armado, pues no se destruyen como los de madera i permiten mejor ligazón con la base de fundación.

*Armadura o esqueleto* — La mayoría de los ingenieros están de acuerdo en que fundaciones, suelos, tabiques, muros i techos deberian construirse de concreto armado; pero hai diverjencia de opiniones en cuanto al material que formará el esqueleto: si debe ser acero o concreto armado.

Creo conveniente manifestar la dificultad que hay en encontrar una opinión imparcial i autorizada al respecto. Los mas distinguidos profesionales están ligados jeneralmente con intereses comerciales que favorecen uno u otro sistema. Pero es justo decir que mientras los profesionales que son partidarios del acero durante toda su carrera se han preocupado casi solo de construcciones de esta clase i como ellas dan buenos resultados, prefieren continuar con lo conocido, los ingenieros i arquitectos de fama que hoy favorecen el concreto armado han tenido que proyectar en un principio construcciones de acero, pues el uso del concreto armado para edificios en Estados Unidos data de pocos años atras, i pueden ellos juzgar con verdadero conocimiento de los méritos de una i otra construcción.

Bajo el punto de vista de resistencia contra incendios, los dos sistemas son casi iguales, pues en ámbos la protección consiste en una capa de concreto. Pero por la menor sección de las barras metálicas en el concreto armado, la protección no necesita tener el mismo espesor que cuando forma la cubierta de vigas de acero. Tambien en el primer caso hai mas solidaridad entre la protección i el elemento protegido.

En lo que se refiere a resistencia contra terremotos, la objeción corriente de los partidarios del acero en contra del concreto armado es que los altos edificios de acero soportaron la prueba con poco daño i que no está demostrado que edificios de concreto armado puedan hacer otro tanto, desde que no existian en San Francisco i vecindad construccio-

nes de esta clase de mucha altura; pero ella tiene mas valor aparente que real, i en todo caso se refiere solo a los «scyscrapers».

En efecto, todos los ingenieros reconocen la ventaja de emplear un material elástico en la construccion. Pero tambien es necesario procurar que todos los elementos del edificio estén firmemente ligados entre sí para que pueda aprovecharse la elasticidad del material, pues si las uniones son débiles, el edificio fracasará a causa de ellas.

El profesor Derleth dice: Lo único que podemos hacer es erejir nuestras construcciones de modo que en un terremoto actúen como verdaderas unidades i debemos empeñarnos en conseguir conecciones las mas ríjidas posibles.

Comparando ahora un edificio con esqueleto de acero i demas elementos de concreto armado con uno enteramente de concreto armado, tendremos: El acero i el concreto armado son materiales elásticos pero el primero aventaja al segundo. Mientras un edificio enteramente de concreto armado constituye efectivamente una sola unidad, esto no sucede en caso de tener un esqueleto de acero: los suelos, muros, tabiques i techos tendrán siempre el carácter de elementos intercalados en la armazon. Las uniones en una construccion de concreto armado pueden hacerse mas ríjidas que en una construccion de acero i se consigue perfecta continuidad en todo sentido; en un edificio con esqueleto de acero la continuidad vertical es perfecta, pero no la horizontal, a no ser que se recurra a disposiciones costosas.

Segun el valor que se conceda a cada una de estas consideraciones, los profesionales favorecerán uno u otro de los dos tipos indicados. Es en realidad una cuestion de apreciacion.

A medida que aumenta la altura del edificio, la consideracion de mayor elasticidad ganará en importancia, es decir, será mas ventajoso el esqueleto de acero (esto es fuera de consideraciones económicas que por ahora no se han tomado en cuenta). La opinion del profesor Derleth es: Creo que un edificio de concreto armado, debidamente proyectado, con detalles i conecciones bien estudiadas, es tan capaz de resistir las vibraciones de un terremoto como un edificio de acero, pero no considero conveniente usar ese tipo de construccion para edificios de mas de unos seis u ocho pisos.

Los partidarios del concreto armado creen admisible una altura mayor (ver el editorial Eng. Record 7 de Julio 1906; las notas 7 i 9 i el anexo 3 con la interesante descripcion del Ingalls Bldg, Cincinnati, de quince pisos, i observaciones sobre las ventajas económicas del concreto armado, sus posibilidades arquitectónicas, etc).

Para edificios bajos, los argumentos a favor del concreto armado parecen tener mas valor que los a favor del acero.

En vista del interes que esas opiniones tienen para Chile, el infrascrito cree innecesario preocuparse de las ventajas que ámbos sistemas tienen para edificios altos; acepta que para edificios de seis a ocho pisos, el esqueleto de acero i el de concreto armado son igualmente admisibles bajo el punto de vista teórico.

Se han hecho algunas otras objeciones en contra de edificios de concreto armado como las siguientes:

*No poder resistir desnivelaciones del terreno.* — Basta considerar el caso del edifi-

cio de la Société des Minoteries Tunisiennes (Eng. Record 3 de Noviembre 1906, Le Béton Armé, Setiembre 1906, etc. tambien anexo 6) para convencerse de lo contrario

*No soportar vibraciones.*—En numerosas fábricas con pesadas maquinarias que producen fuertes i continuas vibraciones ha quedado establecido precisamente la superioridad del concreto armado.

*Dificultad de reparaciones.*—Es cierto, pero lo mismo sucede en un edificio de acero con sus elementos protegidos. En varios edificios de esta clase en San Francisco las reparaciones continúan hasta la fecha.

*Falta de uniformidad en los métodos de cálculo.*—Por datar sólo de pocos años atras el estudio científico del concreto armado, es natural que existan todavía diferentes opiniones, pero los numerosos ensayos que en la actualidad se hacen en varios países de Europa i en Estados Unidos tienden cada vez a uniformar mas las ideas. Tambien las diferencias a que conducen los varios métodos de cálculo son poco importantes en vista de consideraciones prácticas.

### C. CONCLUSIONES PARA CHILE

En realidad, en la descripción de la catástrofe de San Francisco i en los informes citados están ya indicadas las conclusiones para Chile. A fin de agruparlas, se da mas adelante un resumen de ellas.

En el capítulo anterior se hacia ver que el tipo de construccion mas recomendable para una rejion espuesta a terremotos es el llamado de «jaula» i que para edificios de hasta unos ocho pisos, el acero i el concreto armado darán probablemente los mismo resultados. No se tomaban en cuenta consideraciones económicas.

Como en Chile es poco probable que sea necesario construir edificios de mas de seis a ocho pisos, el tipo de construccion mas recomendable será el que dentro de este límite ocasiona el menor costo.

El costo de una construccion dependerá principalmente del precio de los materiales<sup>s</sup> i de la obra de mano; la mayor rapidez de ejecucion será tambien un ahorro.

*Materiales.*—Es conveniente emplear en lo posible materiales del país, tanto por la economía que resulta, como por el interes de que el capital nacional se invierta en Chile.

El concreto armado es formado por cemento, arena, roca o cascajo i barras de acero, que no forman sino al rededor del 1% del total. Todos estos materiales se encuentran en el país, excepto el acero. Arena, roca i cascajo de la mejor calidad pueden obtenerse fácilmente en casi toda la zona central; el costo de la arena i del cascajo resulta jeneralmente sólo de los gastos de transporte. Cemento de buena clase se fabrica no léjos de Santiago i de Valparaiso: el recargo de precio por el flete será reducido. Sólo habrá que adquirir acero en el extranjero, i talvez cemento si no basta la produccion nacional; pero en todo caso hai suficiente materia prima para que la fabricacion del cemento pueda tomar un rápido desarrollo en un futuro no lejano.

Para una construccion de acero, en cambio, habrá que importar todo el material.

*Obra de mano.*—La escasez de obreros de oficio en Chile hace conveniente recurrir

a un sistema de construcción que permita emplear trabajadores sin preparación especial. El concreto armado, construido según el método norteamericano, usando maquinarias para la mezcla i agregando gran cantidad de agua, hace posible reducir a un mínimo el número de obreros entendidos; lo indispensable es tener inspectores competentes i activos.

*Rapidez de ejecución* —Depende naturalmente de la organización del trabajo, pero en gran parte de la prontitud de entrega de los materiales. A este respecto, el concreto armado aventaja por mucho al acero. Para una construcción de esta clase hai que confeccionar los planos con todos los detalles ántes de poder encargar el material i en seguida hai que esperar que la fábrica entregue los perfiles pedidos. Las barras para el concreto armado, en cambio, se encuentran prontas en el comercio o si hai que encargarlas, bastará fijar su longitud i aproximadamente su diámetro; por el número de barras se consigue la cantidad necesaria de metal.

Sin necesidad de entrar en mas detalles, esas consideraciones justifican la conclusión que una construcción de concreto armado en Chile resultará mas económica que una de acero. Naturalmente convendrá hacer un presupuesto comparativo en casos dudosos.

Para edificios de poca altura (uno a tres pisos) la economía del concreto armado resultará aun mayor que para edificios altos.

En resumen, la opinión del infrascrito es que una construcción enteramente de concreto armado será la solución preferible para Chile; pero a la vez con recomendarla, debo señalar su peligro.

En el informe Howard-Galloway (páj. 32) se llama la atención hácia la necesidad de elegir un profesional verdaderamente competente. El concreto armado es un sistema aun poco conocido por el público en jeneral i se presta por eso a muchos engaños.

El peligro mas grande está en la manera como se contratan jeneralmente obras de esta clase, en especial por particulares. Existen numerosos «sistemas» patentados i los inventores se encargan de proyectar i ejecutar una construcción por una suma alzada. Si esto suele ser recomendable en caso de concursos como se efectúan en Europa i Estados Unidos para construcción de puentes, por ejemplo, en que una comisión técnica juzga de los méritos de los proyectos bajo el punto de vista de resistencia i de economía, este sistema resulta desastroso en la mayoría de los casos para un propietario que sólo atiende al menor costo. En efecto, el contratista se compromete a construir un edificio, según planos de disposición aceptados por el propietario, por una suma total que comprende el trabajo de proyectar la parte de ingeniería i el de ejecutar la construcción. Esto significa que el propietario queda enteramente a merced de la buena fe del contratista, quien para reducir el costo, con frecuencia reducirá los factores de seguridad del cálculo (esto si algo calcula; en muchos casos hará el proyecto «según datos prácticos adquiridos por su propia experiencia i que no está en su interés comercial dar a la publicidad») hasta que la construcción resulta un experimento de desastrosas consecuencias. Indudablemente hai contratistas que merecen plena confianza, pero no por ello el sistema de contrato es recomendable. En una ley de edificación será conveniente exigir

la presentacion de planos i cálculos a la autoridad ántes de otorgar el permiso de construir.

En una obra de concreto armado, el material principal, el concreto, se fabrica en el sitio mismo de la obra; una vez colocado es difícil verificar la calidad. Debe ejercerse estricta vijilancia durante la fabricacion.

Es del caso mencionar la posibilidad de emplear ladrillo chancado para el concreto. En jeneral es preferible el empleo de roca o cascajo, pero cuando el concreto no necesita resistir fuertes cargas, puede usarse el ladrillo, a condicion de mojarlo suficientemente. Es de desear que se hagan ensayes con los ladrillos usados en Chile ántes de autorizar su empleo.

#### RESÚMEN DE LAS CONCLUSIONES PARA CHILE

a) En una rejion espuesta a terremotos, los edificios deben construirse segun metodos que permitan resistir no sólo los efectos directos, sino tambien los indirectos (incendios).

Un servicio de incendio bien organizado es de mucha importancia, pero la probabilidad de incendios simultáneos i de ruptura de las cañerías de agua potable hace conveniente que los edificios sean protegidos por su propia construccion. Para archivos, bibliotecas, etc., ello es indispensable; el mayor gasto que exigen las precauciones contra incendio queda compensado de sobra por las ventajas que acarrearán.

El peligro de una conflagracion jeneral es maximo en una ciudad en que reinan fuertes vientos. Se recomienda para la parte comercial de Valparaiso, perfeccionar el servicio de incendio con agua de mar. Para los intereses comerciales es conveniente limitar un barrio en que solo se permitan edificios «a prueba de incendio».

b) Las leyes de construccion que deberán dictarse no pueden ser jenerales, sino que tomarán en cuenta la naturaleza del terreno de fundacion i la importancia del perjuicio por incendio en los diversos barrios, es decir, se fijarán zonas a las cuales se aplicarán diferentes reglamentos

A la vez con restringir la ereccion de edificios de clase inferior, es conveniente fomentar construcciones segun principios racionales; una medida justa i eficaz es fijar la contribucion no en proporcion directa con el valor del edificio, sino segun diferentes categorías i dentro de ellas en proporcion con el costo.

c) Buen proyecto, buenos materiales i buena ejecucion son condiciones inseparables para el éxito de una construccion.

Una lei de edificacion deberia exigir la presentacion no sólo de planos, sino tambien de cálculos (por lo ménos tratándose de métodos nuevos o de cargas estraordinarias) ántes de otorgar el permiso para construir.

Representantes de la autoridad deberian poder examinar en cualquier tiempo la calidad de los materiales i el modo de ejecucion. Terminado el edificio, se someterá a una prueba de resistencia.

d) Edificios de ladrillo con los elementos interiores de madera i construcciones enteramente de madera deberian evitarse en lo posible.

El tipo de construccion recomendable para una rejion espuesta a terremotos es el llamado «jaula», en que toda la carga es recibida por el esqueleto i los muros i tabiques no soportan sino su propio peso en cada piso.

Un edificio de este tipo i enteramente de concreto armado será la solucion mas ventajosa en Chile.

No es conveniente usar murallas continuas en toda la altura del edificio; si se recurre a ellas, el concreto armado será siempre preferible a la albañilería.

e) Deberian evitarse pesos considerables en la parte superior de los edificios (acumulacion de mercaderías, cornisas pesadas, etc).

f) Chimeneas i murallas corta-fuego, sin amazon metálica, deben prohibirse.

Las conclusiones siguientes se refieren en especial a edificios del tipo «jaula» i a prueba de incendio.

### 1. Fundaciones

Deben actuar como una sola unidad. La mejor solucion es una fundacion monolítica, cuando el terreno es de composicion uniforme. Fundaciones aisladas bajo pilares se ligarán entre sí.

Las fundaciones se haran de concreto armado propiamente tal o con vigas metálicas o rieles cubiertos por concreto. En caso necesario se recurrirá ademas al pilotaje.

Para el cálculo de las fundaciones se tomará en cuenta la posibilidad de desnivelaciones del suelo, tanto por hundimientos progresivos como por ondas de terremoto.

### 2. Esqueleto

Podrá ser de concreto armado o de metal.

Cada edificio tendrá el esqueleto independiente de la construccion contigua.

Deberá anclarse sólidamente a la fundacion.

Los pilares serán continuos en cuanto sea posible. En todo caso se evitará que la solucion de continuidad de todos los pilares resulte en un mismo piso.

No conviene alterar la seccion exterior de los pilares con la altura. Si son de concreto armado, se disminuirá el diámetro o el número de las barras o la importancia de las espirales (*béton fretté*). Si son de acero, los pilares enrejados permiten realizar mejor esta condicion que las secciones llenas.

La union entre pilares i vigas será lo mas ríjida posible. Esto se consigue mui bien con el concreto armado. Si el esqueleto es metálico, deberán preferirse los ensambles con remaches a uniones con pernos. Pilares de fundicion no permiten ni una buena continuidad vertical, ni un ensamble suficientemente ríjido con las vigas; su empleo no es recomendable.

Todo el esqueleto quedará debidamente protegido contra incendios por medio de una capa sólida de concreto. Se cuidará especialmente la proteccion en el subterráneo cuan-

do se encuentran acumulados ahí objetos inflamables. Si el esqueleto es de acero, la proteccion de concreto deberá ligarse al metal de trecho en trecho por medio de anillos de alambre. Si es de concreto armado, la capa protectora no se tomará en cuenta para la resistencia; su espesor estará relacionado con el diámetro de las barras. Conviene chafanar los ángulos de la proteccion.

### 3. *Contravientos*

Se proyectarán suficientes contravientos para resistir la accion de un terremoto. Los contravientos continuos en toda la altura del edificio son preferibles i no deberian sacrificarse a la exigencia de tener grandes espacios libres en el piso inferior. Por lo ménos deberán contraventarse los ángulos entre vigas i pilares en los puntos mas espuestos.

Para el cálculo de los contravientos se considerará una fuerte presion de viento (150 kg. por metro cuadró, mínimo) sobre toda la superficie de cualesquiera de los costados del edificio, es decir no se tomarán en cuenta las construcciones vecinas.

### 4. *Pilares*

Dentro de la proteccion de los pilares no se permitirá la colocacion de cañerías de ninguna especie. En caso de ser los pilares de concreto armado pueden colocarse cañerías en su interior, a condicion de que alteraciones o reparaciones se harán bajo la vijilancia de la autoridad.

### 5. *Suelos*

Serán de concreto armado, sólidamente anclados a las vigas. Se evitarán luces excesivas i se consultará una suficiente proteccion debajo del metal.

El espacio entre el entablado de madera i el concreto se rellenará con un material incombustible, en caso de ser las vigas de metal.

### 6. *Cielos*

Podrán ser formados por la parte inferior de los suelos.

Cielos falsos constituidos por un enlucido sobre tela metálica anclada al suelo proporcionan una proteccion adicional contra incendios, si el enlucido tiene suficiente espesor.

### 7. *Muros i tabiques*

Los muros del subterráneo i los tabiques serán de concreto armado. Es tambien la mejor solucion para muros de fachada. Un revestimiento exterior con otros materiales (ladrillo, piedra artificial) es lícito si se ancla debidamente al muro.

Alrededor de todas las aberturas deben colocars: refuerzos especiales.

### 8. *Techos*

Se recomienda hacerlos de concreto armado con una capa aisladora contra los rayos solares (fieltro especial, arena, concreto de escoria, etc.)

### 9. Puertas i ventanas exteriores; claraboyas

Para la proteccion del edificio contra incendios, conviene reducir sus dimensiones en lo posible. Se recomienda usar vidrio con tela de alambre incrustada, proteger los márcos de madera con una lámina de metal i colocar contra-ventanas metálicas.

El empleo de dicha clase de vidrio encontrará objeciones en edificios públicos i particulares, pero siempre será posible disponer contra-ventanas metálicas.

### 10. Puertas i ventanas interiores; tragaluces

Conviene defenderlos igualmente contra incendios.

Es de gran importancia conseguir espacios aislables en el interior de un edificio, a fin de limitar la destruccion por el fuego.

### 11. Escaleras

La caja de escalera debe construirse en tal forma que pueda aislarse del resto del edificio (por medio de puertas contra incendio). Los tabiques aisladores deberán ser de concreto armado, pues es necesario que no se derrumben i obstruyan el uso de la escalera. Conviene que ésta sea tambien de concreto armado.

### 12. Cajas de ascensores; patios de luz

Deben poder aislarse. Este punto merece especial atencion, pues en casos de incendio se forman en ellos verdaderas chimeneas que llevan el fuego a todos los pisos.

### 13. Otras precauciones contra incendios

Ya en el plano del edificio deberá considerarse la conveniencia de obtener espacios aislables.

La decoracion interior debe ser en lo posible de materiales incombustibles.

Es de importancia que en el edificio mismo se encuentre una reserva de agua para incendio.

Apagadores automáticos son mas recomendables para fábricas i edificios comerciales que para construcciones públicas i privadas.

---

Las conclusiones anteriores se refieren al único tipo de construccion que el infrascrito considera *recomendable* para un pais espuesto a terremotos. Hai otros tipos *admisibles*, como ser edificios con muros continuos de concreto armado i elementos interiores de madera, con fundaciones de concreto armado i con buena ligazon entre los muros por medio de los suelos.

Es evidente que una buena construccion será mas cara que otra que no lo es. Pero para edificios importantes, el tipo que se recomienda, aun cuando exija mayor costo inicial, resultará una solucion económica, pues la disminucion de los gastos de conservacion



i de seguro, compensa el aumento en el costo de construccion. Debe tenerse presente la circunstancia de no existir seguros contra terremotos i que un pequeño ahorro inicial por el abandono de ciertas precauciones, puede ocasionar una pérdida incomparablemente mayor.

#### D. RECONSTRUCCION DE SAN FRANCISCO

Una comision de vecinos encargó al distinguido profesional señor Don H. Burnham, la confeccion de un plano que consultara las exigencias modernas de facilidad de traslacion de un barrio a otro i a la vez el embellecimiento de la ciudad. El proyecto del señor Burnham es mui interesante pero, desgraciadamente, no se ha puesto en práctica. Fuera del ensanche de unas pocas calles, San Francisco se reconstruirá segun las mismas líneas que ántes.

El servicio de agua potable hasta la fecha no se ha restablecido debidamente. Desde tiempo atras se pide la instalacion de un servicio de incendio con agua de mar para el barrio comercial, pero aun nada se ha hecho.

Se trabaja en la actualidad en la reparacion del servicio de alcantarillado.

#### LEI DE EDIFICACION

Habria preferido no tocar este punto, pero como se ha publicado en Chile una traduccion de esta lei i es posible que se considere como modelo, creo debe, decir algunas palabras al respecto.

Para poder juzgar del valor i del espíritu de las diversas disposiciones, es necesario tener conocimiento de las condiciones políticas en esta ciudad. La Legacion de Chile en Washington, estará seguramente informada al respecto i podrá ahorrar una explicacion difícil. (Al final de la nota 5 se hace referencia a esas condiciones).

No deseo hacer una crítica detallada de dicha lei. Diré solo que no es un modelo ni en sus disposiciones jenerales, ni en la reglamentacion puramente técnica. Se impone una pronta revision.

No se encuentra en esa lei ninguna disposicion que se refiera directamente al peligro de terremotos, a no ser que se considere como tal la admision del concreto armado i la limitacion de altura para las diferentes clases de edificios; pero no se toma en cuenta la naturaleza del terreno de fundacion.

Si se desea tener un modelo de prescripciones para evitar una conflagracion jeneral, el infrascrito recomendaria la última edicion del Código propuesto por el National Board of Fire Underwriters, New York. No considera exigencias especiales para un pais espuesto a terremotos i algunas de sus disposiciones netamente técnicas, son por lo ménos discutibles; pero siempre es superior a la lei de San Francisco.

En esta ciudad, la autoridad no dispone de un personal suficientemente numeroso para vijilar el estricto cumplimiento de la lei. No es pues de estrañarse que no en todos los edificios se apliquen buenos principios de construccion. Se menciona esta circunstancia para llamar la atencion hácia la necesidad de adoptar en Chile medidas administra-

tivas mas eficaces; está demostrado que no puede esperarse solo de la prudencia i del interes propio de los propietarios que favorezcan la construccion de sus edificios segun principios racionales.

#### EDIFICIOS EN CONSTRUCCION

En el anexo número 5 se encuentra una carta del señor Horgan, Inspector Jeneral de Edificios de esta ciudad que contiene algunos datos solicitados por el infrascrito. Habria deseado obtener una informacion oficial mas detallada, pero en la Direccion de Obras Municipales no se lleva un registro mas completo.

Segun esos datos i agregando otros referentes al mes de Febrero, resulta:

Permisos de construccion otorgados hasta el 28 de Febrero:

	Número	Valor
Clase A (con armazon de acero i a prueba de incendio).....	24	5 269 005
Clase B (de concreto armado i a prueba de incendio).....	53	3 399 300
Clase C (con muros continuos de concreto armado o de ladrillo).....	680	16 144 961
Construcciones de madera.....	3 989	18 188 745
Alteraciones.....	2 096	4 926 735

(El número se refiere a los permisos otorgados i no a los edificios en construccion. El valor es el declarado por el propietario.)

En los datos recojidos no se indica si en todos los edificios de la clase A los muros de relleno i los suelos serán de concreto armado; pero en todos los edificios actualmente en construccion se emplea este sistema. Tampoco se indica cuántos edificios de la clase C tendrán los muros de concreto armado i cuántos de ladrillo.

Los edificios de la clase B son enteramente de concreto armado (segun la lei, pueden entrar en esta clase otros tipos de construccion, pero hasta ahora, por lo que el infrascrito sabe, no se han usado.)

Por los datos anteriores se ve que los edificios de madera forman la gran mayoría de las construcciones. Ya en páj. 5 se hacia referencia a la abundancia de estos edificios en California. Muchas de las construcciones son mas bien provisorias i su empleo se justifica por la necesidad de obtener un pronto alojamiento para la poblacion i local para negocios. Pero tambien queda en evidencia la rapidez con que se han olvidado las duras lecciones del incendio.

Han vuelto a usarse nuevamente muros de ladrillo, empleando a veces el material de edificios destruidos. Si la obra de mano dejaba que desear ántes del terremoto, a la fecha no ha mejorado. Jeneralmente se trata de edificar lo mas pronto posible i la calidad de la obra es consideracion secundaria.

Si la reconstruccion de San Francisco ofrece oportunidad para estudiar lo que con-

vendrá hacer en Chile, también permite observar los peligros que allá deben evitarse. El único remedio es la estricta aplicación de una buena ley de edificación. De otro modo las nuevas construcciones resultarán menos capaces de resistir un terremoto que las edificadas antes de la catástrofe.

Por los datos citados se puede ver que el número de construcciones proyectadas enteramente de concreto armado es más del doble de las con jaula de acero; su valor total sin embargo es inferior. La razón está en la limitación de altura para los edificios de la clase *B* a 102 pies o prácticamente a ocho o nueve pisos, mientras los edificios de la clase *A* pueden tener una i media vez el ancho de la calle por altura. En el barrio comercial, donde el terreno es muy valioso, está en el interés del propietario edificar lo más alto posible, es decir le convendrá adoptar un edificio de la clase *A*. Con el aumento de altura resulta también un aumento de costo i por eso los veinticuatro edificios de la clase *A* representan mayor inversión de capital que los cincuenta i tres de la clase *B*. El hecho que varios propietarios hayan renunciado a la ventaja comercial de tener un edificio de mayor altura que nueve pisos a fin de poder adoptar el concreto armado, demuestra la confianza que se tiene en este sistema.

Ya se ha mencionado la ventaja de la aplicación del concreto armado para suelos i muros en edificios con armazón de acero. En la torre del Ferry Bldg, la albañilería se ha reemplazado por concreto armado (ver anexo 1). En el edificio de la Humboldt Savings Bank, de 17 pisos, proyectado antes del terremoto con muros de albañilería entre la armazón de acero, se emplea ahora el concreto armado. En el Crocker Bldg. se reemplazan los suelos de ladrillo especial por otros de concreto armado, etc.

Sería muy largo dar una descripción detallada de los treinta o más edificios cuya construcción tiene especial interés para el infrascrito. En jeneral puedo decir que se aplican las recomendaciones indicadas en las págs. 49 a 53.

Las fundaciones en la gran mayoría de los casos son de concreto armado o de vigas doble T o de rieles cubiertos de concreto. En el terreno de relleno se usa además el pilotaje.

En cuanto a edificios de concreto armado, en Norte América los «sistemas» empleados se refieren más a la clase de barras que a la forma i disposición de los estribos en que se funda la mayoría de los «sistemas» europeos. La manera de colocar el concreto en jeneral es diferente de la que se usa en Europa. Se emplea un concreto muy líquido; no es posible apisonarlo i el trabajo se limita a espulsar las burbujas de aire. En Europa se emplea un concreto más seco i hai necesidad de apisonarlo cuidadosamente. Se asegura que el método norte-americano no da resultados inferiores al europeo. Es más ventajoso cuando no se tienen obreros especialmente preparados.

En los edificios en San Francisco se emplean principalmente barras Ransome (twisted bars), barras Johnson (corrugated bars), barras lisas i barras Kahn (trussed bars). Para suelos se usan también alambrados especiales (Clinton, American system, etc.)

Para el concreto debe usarse solo cemento de primera clase i nunca cal. Se prefiere roca i cascajo a ladrillo chancado; éste en ningún caso se usa para pilares i vigas.

La construcción de los moldes i la organización del trabajo dependen del criterio del contratista. Deben evitarse moldes muy débiles, el descimbramiento ántes de tiempo i la circulación de operarios encima del concreto fresco; hai que cuidar que éste no se seque con demasiada rapidez i que las barras se coloquen conforme al proyecto.

En todos los edificios importantes se fabrica el concreto a máquina.

El concreto armado ha encontrado tambien mucha aplicación en las poblaciones vecinas a San Francisco.

En Santa Rosa se construyen cuatro edificios enteramente de concreto armado i dos con armazón de acero i demás elementos del material indicado. En la Universidad de Stanford, las reparaciones en varios edificios se hacen colocando barras metálicas entre el muro de ladrillo i el revestimiento de piedra; cada piedra recibe un anclaje que penetra en el concreto con que se rellena el espacio intermedio. En Oakland ya está concluido un edificio de concreto armado de seis pisos; en Alameda uno de tres. En Burlingame se construye un chalet enteramente de concreto armado. En Berkeley i en San José hai varios edificios en construcción, etc.

#### SISTEMAS DE CONTRATO

Este punto es de mucha importancia durante un período de inestabilidad en el precio de materiales i de salarios. En estas circunstancias el contrato a precio alzado resulta por lo jeneral en perjuicio del propietario: o bien el contratista, para quedar seguramente a salvo contra pérdidas, hace una propuesta excesivamente alta i el propietario gasta mas de lo necesario; o bien el contratista hace una propuesta justa, i cuando por el alza imprevista del precio de materiales i salarios prevee una pérdida segura, tratará en muchos casos de salvar el déficit a costa de la calidad de la obra de mano i de los materiales. Como el concreto armado permite falsificar mas fácilmente el material que en otros métodos de construcción, es especialmente en obras de esa clase que el contrato a precio alzado puede dar los peores resultados.

Para obviar estos inconvenientes, desde años atrás se usan en Estados Unidos, con ventaja, los siguientes sistemas de contrato:

- 1) Costo mas un tanto por ciento.
- 2) » » una suma fijada de antemano.
- 3) » » un premio, dependiente de la reducción en el costo i en el tiempo de construcción.

(Discusiones detalladas sobre las ventajas de estos sistemas se encuentran en Eng. News i Eng. Record 1906 i 1907).

Convendrá estudiar en cada caso el sistema de contrato mas ventajoso i pedir según él propuestas públicas.

Los dos primeros sistemas se aplican estensamente en San Francisco.

## ESTUDIOS PRACTICADOS POR EL INFRASCrito

En compañía con los señores Calvo i del Canto, o separadamente, he visitado la mayor parte de las construcciones destruidas por el terremoto o por el incendio en San Francisco i vecindad. He seguido las reparaciones en varios de los edificios salvados parcialmente de la catástrofe, i con especial interes, las nuevas construcciones. Debido a la amabilidad de varios profesionales distinguidos he podido imponerme de los planos i detalles de varios edificios i de las ideas fundamentales adoptadas por los ingenieros al proyectar i calcular las construcciones. Ha sido necesario naturalmente hacer un serio estudio teórico de las construcciones en acero i en concreto armado, especialmente de las últimas.

Deseo dejar constancia del reconocimiento que debo sobre todo a los profesores Marx i Wing, de la Universidad de Stanford; Derleth i Hunt, de la Universidad de California; a los ingenieros civiles señores Wm. H. Hall, John B. Leonard, Charles List i James Rae; a los arquitectos señores Charles F. Whittlesey i Albert Pissis; a los jefes i al personal de la Woodruff Co. i en jeneral a todos los profesionales i contratistas a quienes me he dirigido para recojer informaciones i obtener permiso para visitar los edificios.

---

En vista del carácter jeneral de esta memoria, he prescindido de consideraciones netamente técnicas.

He procurado presentar la opinion que me he formado mas bien por intermedio del juicio de profesionales de fama que por aseveraciones personales. Es natural que por la diversidad de pareceres respecto a algunos puntos, haya citado de preferencia opiniones que concuerdan con mi propia conviccion.

Es cuanto tengo que decir en cumplimiento de mi deber.

Saluda respetuosamente al Señor Encargado de Negocios.

CÁRLOS HOERNING D.,  
Ingeniero civil.

---

*Nota 1.*—Chile a vast amount of literature has appeared on the subject of the seismic disturbances and consequent conflagration which visited the city of San Francisco several months since, much has been written of them that upon examination and investigation has not only been found to be misleading, but untruthful as well.

Directly after the calamity there sprung up in our midst a multitude of experts, each and every of whom rushed into print with his views and reasons, deducted in many cases from a very casual, superficial examination and in many others from no examination whatsoever. — *W. W. Breite, C. E.*

*Nota 2.*—Engineering versus Arquitectural Requirements by J. T. Calsh.  
(A paper read before the Structural Association of S. F. July 26. 1906).

El proyecto i la construccion de cualquier obra son influenciados en primer lugar por el objeto que ella debe cumplir. Habilidad de parte del propietario, del arquitecto del ingeniero i del contratista son necesarias a fin de conseguir los mejores resultados.

La habilidad del propietario, jeneralmente una persona entendida en cuestiones financieras, se ejerce en este sentido: el talento del arquitecto interviene en la disposicion jeneral i en la supervijilancia; el ingeniero está interesado en los problemas relativos a resistencia i estabilidad, i el contratista en la ejecucion de la obra. Cada uno es un especialista, pero en conjunto todos ellos trabajan por la realizacion de un mismo fin. Esto es conforme a la idea moderna de especializacion, sin la cual seria imposible crear i ejecutar con éxito los grandes proyectos por los cuales este pais tiene justa fama.

El arquitecto competente de hoi dia ya no es un constructor como lo era en años atras. Condiciones en continua variacion, han causado la subdivision del trabajo, hasta tal punto que ahora es prácticamente imposible para un hombre estar familiarizado en detalle con todos los problemas que se presentan al proyectar i construir un edificio moderno.

Probablemente hai pocas otras profesiones que requieren un conocimiento mas vasto que la de la arquitectura, i el arquitecto que emplea su talento en el sentido de supervijilancia jeneral i que realiza que los mejores resultados se obtienen sólo empleando personas que tienen preparacion especial, es el arquitecto que construye bien i que gozará de justa reputacion.

La educacion del arquitecto en los tiempos modernos consiste principalmente en habilitarlo para hacer proyectos de buena apariencia i distribucion i muchas de nuestras construcciones modernas son la creacion de hombres conocidos mas bien por su talento artístico que por su conocimiento de materiales i de construccion.

Los varios órdenes clásicos con los cuales el arquitecto está tan familiarizado, desempeñan un papel importante en el dibujo de fachadas i detalles de edificios aun en la época presente i no es raro ver edificios contruidos en conformidad con las proporciones clásicas, pero en los cuales la idea fundamental que es la base de estos proyectos, se ha olvidado por completo.

La resistencia de los materiales fué la idea principal que influenció los primeros tipos de arquitectura. Los antiguos constructores adquirieron sus conocimientos por la esperiencia, trabajando con estos materiales, i no como algunos arquitectos lo hacen hoi dia, consultando manuales.

Los antiguos griegos encontraron que una platabanda de ciertas dimensiones podia cubrir sin peligro una cierta luz. Esto determinaba el espaciamento de las columnas i en consecuencia se desarrolló un tipo de construccion. Los romanos desearon edificios mas grandes e inventaron el arco con ese fin. Estos dos casos son ejemplos de la idea fundamental que dió orijen a dichos tipos de arquitectura.

El arquitecto moderno tiene mucho mas libertad al proyectar que los antiguos griegos i romanos, porque él tiene a su disposicion los mismos materiales con que ellos trabajaban i ademas otros que, considerados bajo el punto de vista de la resistencia, son mui superiores a los usados por los antiguos constructores.

El arquitecto, apegándose a las proporciones clásicas, con frecuencia llega a soluciones que consideradas bajo el punto de vista de la ingeniería, son del todo contrapuestas a la idea fundamental, por ejemplo, el uso de la platabanda maciza que en sí mismo inspira la idea de fuerza, pero que en realidad depende de la resistencia de una viga de acero oculta; la colocación en la fachada de imponentes columnas de piedra las cuales, en lo que se refiere a efectos de resistencia, son inútiles, etc.

El empleo del concreto armado, que también tiene la ventaja de gran resistencia desarrollará un nuevo tipo de construcción; por lo menos este reflejará lógicamente los principios de resistencia de materiales.

El autor cree que el arquitecto tiene algunos problemas muy interesantes que resolver, particularmente en lo que se refiere a la parte artística de edificios en concreto armado. Probablemente ningún otro país está tan interesado en ello como el nuestro, y hay una gran oportunidad para los arquitectos de San Francisco para desarrollar un tipo de arquitectura que dará considerable crédito, no sólo a ellos, sino también a esta parte del país.

El acero no es capaz de ser tratado con mucho arte en un edificio muy alto, pero esto no es razón para que sea mirado como de poca importancia por el arquitecto. Es debido a ingenieros competentes que ha sido posible construir nuestros grandes edificios y es justo recordarlo.

No hay razón para que un arquitecto no pueda estar al cabo de problemas y de detalles de ingeniería, pero el saber calcular una viga con carga uniformemente repartida o un pilar bajo una carga directa, no significa ser capaz de proyectar una importante construcción de acero. Es papel del ingeniero resolver todas las cuestiones relativas a la resistencia de la construcción y el arquitecto debería vacilar antes de cambiar o alterar el proyecto del ingeniero, sin haberlo consultado. El proyecto general de cualquier edificio importante es un compromiso entre exigencias de ingeniería y de arquitectura.

La necesidad de tomar en cuenta los principios de ingeniería en la reconstrucción de San Francisco es tal que debería ser imposible que personas irresponsables proyectaran construcciones importantes. Desgraciadamente no es improbable que se construyan muchos edificios en los cuales un ingeniero competente descubrirá fácilmente una falta lastimosa de preparación y de experiencia. Falta ver si los arquitectos, que tienen casi exclusivamente en sus manos este asunto, estarán dispuestos a resguardar debidamente los intereses del propietario. En otras ciudades se han tomado medidas para que un arquitecto no pueda construir un edificio que no esté de acuerdo con las ideas de buena ingeniería. Como un proyecto de calidad inferior no dejará de revelarse, sería conveniente tomar aquí más y mejores precauciones, sino de parte de la Municipalidad, por lo menos de parte de los propietarios y arquitectos.

#### INTEGRIDAD DE LOS EDIFICIOS BAJO LA ACCIÓN DEL TERREMOTO.—(WM. H. HALL)

El autor considera este asunto bajo el punto de vista del ingeniero. En las grandes ciudades del Este y en muchas en Europa la construcción de edificios permanentes y es-

pecialmente la de los de primera clase, es reconocida como obra de injeniería en su mayor parte. Asuntos relativos a aspecto i a la conveniencia para el servicio son, por supuesto, de la incumbencia del arquitecto; pero las cuestiones concernientes a proyecto i ejecucion en cuanto a resistencia i durabilidad, en edificios importantes como tambien en otras construcciones, se reconocen ser problemas de injeniería, i desde años atras, excepto en la costa del Pacífico, han sido frecuente, si no corrientemente, resueltos i supervijilados por injenieros o por ellos en compañía con arquitectos.

La costumbre ha sido mui diferente en San Francisco i por esta razon parece necesario explicar que un injeniero no se aparta de su profesion cuando escribe sobre «La integridad de los edificios bajo la accion del terremoto».

Esto lo decimos con el objeto de indicar al lector que talvez no ha reflexionado sobre el asunto, que no sólo está dentro del campo del injeniero el estudiar las lecciones de la catástrofe en San Francisco, sino que la construccion de un edificio a prueba de terremotos i de incendios es en su mayor parte un problema de injeniería i deberá ser un campo de actividad especialmente para los injenieros.

El trabajo de arquitectura ha tenido en tiempos modernos mas i mas una tendencia hacia el engaño. Aspecto i conveniencia gradualmente han alejado la unidad i la fuerza como consideraciones dominantes. Jente ignorante ha sido inducida a construir o no ha sido impedida que edifique segun métodos que aparentan cualidades que no poseen en realidad. Mas i mas los argumentos de «aspecto», «efecto» i «economía» nos han alejado de lo jenuino, de lo seguro, de lo verdadero, para conducirnos a lo que es engañoso, peligroso i falso. Al separarnos de lo que era bueno en los métodos antiguos de construccion, siquiera se ha realizado un progreso monumental i que últimamente ha encontrado considerable adopcion en arquitectura: es el esqueleto de acero, i el tiene su oríjen en la injeniería i su caracter es científico.

El proyecto de una obra en concreto armado, que sea resistente i económica, es un trabajo claramente de injeniería.

*Nota 3.*—Suelos i divisiones de concreto resistieron mui bien el incendio. Directamente lo contrario puede decirse de esos elementos construidos de ladrillo hueco.

• Las divisiones de ladrillo hueco en el edificio del correo han sido enteramente destruidas por el temblor. En el Mills Bldg, los suelos i particiones de ladrillo hueco han sido completamente destruidas por el incendio. Tierra cotta i ladrillo no pueden compararse con el concreto para los efectos de resistencia contra terremotos e incendios. Prof. Derleth, Eng. News 17 de Mayo 1906.

*Nota 4.*—No existian verdaderos edificios de concreto armado en San Francisco porque siempre hubo objecion de parte de las ligas de obreros (labor unions). Prof. Derleth, Eng. News 3 de Mayo 1906.

*Nota 5.*—Estracto de un artículo del injeniero señor C. G. Hyde sobre la catástrofe en California. Eng. Record Junio 1906.



## ARMAZON DE ACERO

Parece evidente que ningun edificio alto e importante debería erijirse en el futuro en esta rejion sin un completo esqueleto de acero o de algun material reforzado, como concreto armado, construido de acuerdo con ríjidas estipulaciones de leyes de construccion bien estudiadas.

Las vigas de acero en todos los casos deberían remacharse sólidamente a los pilares i debería darse rijidez a las conecciones, colocando refuerzos en los ángulos o adoptando disposiciones análogas. Para producir suficiente rijidez vertical, los pilares deberían interrumpirse alternativamente al nivel de los suelos. Es evidente que debería darse mayor importancia a los contravientos verticales entre pilares i a los horizontales en los suelos de lo que es costumbre en edificios en el Este. Además parece especialmente importante que toda la envoltura de albañilería sea soportada enteramente por la armazon de acero i debería anclarse a ella mucho mas firmemente de lo que es el caso en la mayoría sino en todos los edificios de este tipo en San Francisco. Naturalmente no es suficiente que la albañilería descansa en las vigas exteriores a la altura de los suelos, sino que deberían colocarse elementos verticales i horizontales para dar suficiente anclaje i rijidez trasversal a todos los muros exteriores.

*Muros de albañilería.*—El efecto producido por el terremoto i el incendio en el distrito destruido de San Francisco demostró claramente que muros de albañilería o de mampostería en edificios altos e importantes tienen poca o ninguna razon de existir a no ser que sean mui gruesos i ámpliamente reforzados vertical i horizontalmente con metal, dispuesto en tal forma que constituya un elemento integral de la construccion interior, la cual debe proyectarse cuidadosamente i de modo que preste un adecuado soporte lateral a los muros. Estos puntos parecen haberse descuidado mucho en las construcciones de San Francisco i hai numerosos casos de edificios arruinados por el terremoto porque los muros exteriores no fueron reforzados debidamente i no tuvieron suficiente soporte lateral.

*Muros interiores i divisiones.*—Deberían ser tales que no pudieran ser derribados por un terremoto. A este respecto, el ladrillo hueco, eficiente en otras rejiones, ha mostrado falta de rijidez i los tabiques han sido destruidos en la mayoría de los casos.

*Concreto armado.*—Deberá desempeñar sin duda un papel mui importante en la reconstruccion de San Francisco. Parece que para ciertos tipos de edificios no puede haber un material de construccion mas apropiado, pero hai que reconocer que el arquitecto, constructor e injeniero no especialista necesita adquirir mas conocimientos respecto al concreto armado.

Es un hecho notable que el uso del concreto armado no fué permitido en San Francisco escepto para suelos, debido a la guerra de las uniones de obreros. La razon de la actitud de parte de ellas está a la vista; pero no es una recomendacion para las autoridades que tal estado de cosas haya podido existir.

## NOTA 6

## FIREPROOFING OF THE STRUCTURAL PARTS OR SKELETON FRAME OF A FIRST CLASS BUILDING. BY F. H. MEYER

(A paper read before the Structural Association of San Francisco June 21 th 1906)

Una proteccion eficaz para pilares debe poseer las siguientes cualidades:

- 1) Debe poder ligarse fácil i perfectamente al pilar i formar una envoltura continua, libre de toda juntura.
- 2) El material debe tener resistencia, cohesion i una cierta elasticidad;
- 3) Debe ser capaz de resistir la accion del agua;
- 4) La envoltura debe tener suficiente espesor para resistir golpes repentinos o sacudidas, ya sea por objetos que caen, por terremotos o por otras causas, como tambien para poder soportar la accion de un chorro de agua o de un incendio.
- 5) Dentro de la proteccion no deben colocarse cañerías o alambres de ninguna clase.
- 6) Ningun buzón u objeto análogo debería embutirse en su superficie;
- 7) Debería evitarse en lo posible la colocacion de revestimientos de madera u otro material combustible encima o cerca de su superficie;
- 8) La proteccion debería ser capaz de fácil reparacion, suponiendo que puede ser perjudicada a lo sumo en la superficie;
- 9) El menor costo no debería considerarse si trata de una proteccion de calidad inferior;
- 10) El espacio ocupado en el suelo debería ser el menor posible.

*Conclusiones*

- 1) Para casos corrientes, una simple proteccion de concreto será la ménos costosa i la mas eficaz;
- 2) Para edificios que contienen una gran cantidad de artículos inflamables, el concreto debería protegerse a su vez por una cubierta de arcilla;
- 3) Debería prohibirse la proteccion formada por un enlucido sobre tela de alambre o metal desplegado.
- 4) Debería perfeccionarse la fabricacion del ladrillo arcilloso (terra-cotta) en cuanto a calidad i forma de modo que permita una union mejor.

## NOTA 7

REINFORCED CONCRETE CAGE CONSTRUCTION AND ITS ABILITY TO WITHSTAND  
EARTHQUAKE STRESSES BY LEWIS A. HICKS

(A paper read before the Structural Association of San Francisco, June 14<sup>th</sup> 1906)

(El señor Hicks es vice presidente de dicha asociacion).

Las conecciones entre pilares i vigas en una construccion de concreto armado son de carácter mui ríjido i jeneralmente tendrán mayor profundidad que en el caso de un armazon de acero. La deformacion de las murallas encajadas en la jaula, debida a las sacudidas del terremoto, producirá en ellas esfuerzos de corte. Es evidente por esta observacion, i a la vez lo indica la teoría, que la albañilería de piedra o de ladrillo no se presta para resistir estos esfuerzos aun cuando sea bien ejecutada. (El autor cita el caso de un edificio en Palo Alto hecho con bloques de concreto unidos con mortero de mui buena clase i que sin embargo se derrumbó).

Se ha comprobado que el esqueleto de acero, debido a su ríjidez, ha sido capaz de proteger hasta cierto punto su envoltura contra la deformacion. El autor cree que el esqueleto de concreto armado dará aun mejores resultados con cualquier clase de envoltura.

Cuando la envoltura de ladrillo es soportada por vigas de la jaula, es siempre difícil obtener una union sólida debajo de la viga superior i el muro queda cortado prácticamente en diferentes cuadros por las vigas i los pilares. Hai muchos casos en que muros de ladrillo de esta clase han sido desplazados lateralmente por el terremoto. En el caso del concreto armado, todas las barras empleadas se combinan para evitar un desplazamiento en cualquier direccion.

(El autor cita el caso de la fábrica de la Paraffine Paint C.<sup>o</sup>, construida de concreto armado. No sufrió por el terremoto mas que la partidura del concreto, hasta llegar a las barras de acero, en la union de una viga del cielo con una vigueta inclinada del techo.

En Selby, un edificio de concreto armado en construccion, en que todavía no se habia colocado el techo i en que los muros no estaban contraventados, no sufrió a pesar de que la fundacion, que consistía de un relleno de escoria sobre un terreno pantanoso, fué fuertemente remecida i rasgada).

## NOTA 7

## OPINION DEL INJENIERO CIVIL SEÑOR M. COUCHOT

Las fundaciones para edificios de concreto armado deberian ser formadas por vigas continuas que liguen entre sí los pilares, i con los emparrillados necesarios para proporcionar un soporte conveniente.

## NOTA 8

## RECOMENDACION DE LOS SEÑORES ELZNER I ANDERSON

(Carta dirigida al Profesor Derleth. Ver Anexo 3).

Refiriéndose a edificios de concreto armado: El único cambio que recomendaríamos en el caso de un edificio en vuestra ciudad, es que las fundaciones bajo los pilares se ligan entre sí. Creemos que de esta manera resistirían mejor cualquier tensión debida al desplazamiento del suelo. En realidad sería una buena idea colocar una base única de concreto bajo todo el edificio, de modo que la construcción entera formara como un cajón completo de concreto.

## NOTA 9

OPINION DEL SEÑOR F. A. KOETITZ, INGENIERO JEFE DE LA PACIFIC CONSTRUCTION CO.  
(VER ANEXO 1)

(Discusión ante la Structural Association of S. F.)

En una construcción de concreto armado propiamente tal, fácilmente puede conseguirse una buena ligazón en todo sentido, haciendo del edificio una sola masa homogénea. Es en consecuencia una construcción más rígida que una armazón de acero.

Puede asegurarse que:

- 1) Una viga o vigueta de acero, debidamente protegida contra incendios, resulta más cara que una de concreto armado de la misma resistencia;
- 2) En una construcción con jaula de acero, las vigas o por lo menos algunas de las viguetas deberían ser de acero para poder obtener una buena conexión con los pilares.
- 3) En una construcción de concreto armado, deberían usarse vigas y viguetas exclusivamente de concreto armado, desde que son las más ventajosas para obtener conexiones rígidas.
- 4) Una construcción de concreto armado, tipo jaula, es más rígida que otra de acero, suponiendo ambas debidamente ejecutadas, y por esto no hay razón válida para restringir la altura de edificios de concreto armado, con esta excepción: la sección de los pilares resulta excesiva para alturas considerables.

