

# EL TERREMOTO DE SAN FRANCISCO DE CALIFORNIA

## SUS EFECTOS I LA RECONSTRUCCION.

POR CÁRLOS HOERNING D.

---

San Francisco, California, Febrero de 1907.—Señor Encargado de Negocios de Chile.—Washington, D. C.—En conformidad con el inciso 3.º del decreto del Ministerio de Instrucción Pública número 2,584, de 28 de Mayo de 1906, tengo la honra de presentar a Ud. la primera Memoria acerca de mis estudios sobre la reconstrucción de San Francisco de California i poblaciones vecinas, i con relacion a las medidas que convendrá adoptar en la edificación de las ciudades destruidas en Chile por el terremoto del 16 de Agosto último.

A fecha 15 de Noviembre me permití solicitar de Ud. un certificado que acreditara el objeto de mi estadía en ésta. Ud. se sirvió obtener del honorable Secretario de Estado señor Elihu Root, una carta para el Gobernador de California, doctor George C. Pardee. El 2 de Enero, el infrascrito fué recibido, en el Palacio de Gobierno en Sacramento, por su Excelencia el doctor Pardee, quien tuvo la bondad de proporcionarle una carta de introduccion, a la vez para los señores Hermógenes del Canto i Domingo Calvo, arquitectos pensionados por el Gobierno de Chile.

En las comunicaciones que Ud. se sirvió dirigirme a fecha 11 de Diciembre i 3 de Enero, anuncia el próximo envío de algunos informes de funcionarios del Gobierno de E. E. U. U. sobre la catástrofe de San Francisco. Desgraciadamente, hasta ahora no los he recibido i a fin de no atrasar mas la presentacion de esta Memoria, he tenido que hacer abstraccion de los datos importantes que ellos deben contener.

Antes de entrar en la materia de esta Memoria, creo necesario hacer las siguientes observaciones:

El número de informes de corporaciones i particulares i el de artículos publicados en la prensa técnica sobre el terremoto de San Francisco i sus consecuencias es tan considerable, que no puedo en lo que sigue reproducir íntegros ni siquiera los mas importantes. Citas incompletas hacen desmerecer en gran parte su valor; sin embargo, tendré que adoptar este recurso, procurando indicar las fuentes donde se encontrará el texto entero.

En un gran número de esas publicaciones (especialmente en las aparecidas en los primeros meses después de la catástrofe) se encuentran datos erróneos o torcidos intencionalmente con el objeto de servir ciertos intereses (ver nota 1). He tratado de verificar personalmente la mayor parte de las aseveraciones i citaré en el desarrollo de esta Memoria solo opiniones autorizadas i sobre todo imparciales.

Para llegar a formarme una opinion definitiva, he debido tomar en cuenta a veces las ideas mas encontradas. No es sino después de un serio estudio i sobre todo después de discutir los puntos capitales con varios de los mas distinguidos profesionales de esta ciudad, a los cuales he tenido la suerte de ser presentado, que la espongo a la consideracion de Ud.

Finalmente, esta Memoria ha sido redactada bajo el punto de vista del ingeniero civil, dejando a los señores Calvo i del Canto el juzgar la cuestion como arquitectos. En la nota 2 se encuentra la traduccion de dos artículos referentes a la parte que corresponde al ingeniero en la construccion de una ciudad moderna, a prueba de terremotos i de incendios.

#### A.—RESÚMEN DE LOS EFECTOS DEL TERREMOTO EN SAN FRANCISCO I VECINDAD

(Como descripcion detallada, se recomienda especialmente el informe del ingeniero señor S. A. Reed para The National Board of Fire Underwriters, New York).

*Oríjen del terremoto. Efectos directos.* — Está plenamente establecido que la causa del terremoto del 18 de Abril de 1906 ha sido el hundimiento de una parte de la corteza terrestre siguiendo una línea de falla bien marcada. Esto explica la localizacion de los efectos directos. (Ver un artículo del señor J. C. Branner, profesor de Jeología en la Universidad de Stanford, *Engineering News* 17 de Mayo de 1906; otro del profesor Derleth, en el número del 28 de Junio; el informe de los profesores Lawson i Leuschner de la Universidad de California, *Engineering Record* 21 de Julio de 1906, etc).

La destruccion ha sido tanto mayor, cuanto mas próxima estaba una poblacion de la línea de falla. Palo Alto i San José, al Sur de San Francisco, recibieron sacudidas mas severas que esta ciudad, Santa Rosa, al Norte de San Francisco, sufrió, en proporcion, talvez mas que todas las demas poblaciones.

El perjuicio causado por el terremoto en San Francisco dependió principalmente de la naturaleza del terreno. La ciudad puede dividirse en cuatro zonas segun el terreno de fundacion: 1) terreno de roca, en los cerros i en parte plana; 2) terreno consistente formado por depósito natural en los valles; 3) terreno arenoso (antiguas dunas) que cubre la roca hasta una profundidad de varios metros; 4) terreno de relleno, a lo largo de la playa i en los antiguos esteros.

Una parte del barrio comercial está fundada en terreno de la clasificacion 4, pero la gran mayoría de los edificios importantes se encontraban en terreno de mejor calidad (Ver el plano anexo al informe del señor Reed).

Edificios situados en las zonas 1 i 2 no sufrieron en general mas que la caida de las chimeneas de ladrillo, muros cortafuegos, cornizas i ornamentos pesados i de parte del

enlucido de yeso en los cielos. En el terreno de las antiguas dunas el perjuicio fué mayor. El daño máximo fué causado naturalmente en el terreno de relleno; aquí no sólo la oscilacion fué mui fuerte sino que se produjeron hundimientos, levantamientos i grietas en el suelo.

El monto exacto de la destruccion causada por el terremoto no se puede fijar, porque la zona que mas sufrió fué consumida enteramente por el incendio que se estendió tambien a partes poco dañadas por el terremoto. Se calcula que este perjuicio es solo un 5 a 10% de la destruccion total en San Francisco.

La destruccion de las diferentes canalizaciones: agua potable, alcantarillado, gas, correspondió a hundimientos del suelo o formacion de grietas.

Cabe mencionar aquí tambien la formacion de corta circuitos eléctricos, el desplazamiento de líneas de ferrocarril, etc.

*Efectos indirectos del terremoto.* — El terremoto ocurrió a las 5¼ A. M., hora a la cual la mayoría de los hogares estaban apagados. Sin embargo, a los pocos minutos estallaban varios incendios, causados por la caída de lámparas (en hoteles), por corta circuitos eléctricos, por el fuego mantenido en las calderas de algunas fábricas, etc. En San Francisco la corriente eléctrica no fué interrumpida inmediatamente; en Oakland fué cortada al instante; no hubo en esta ciudad sino un solo incendio.

A causa de la ruptura de las cañerías matrices de agua potable i de los numerosos incendios simultáneos, el cuerpo de bomberos, a pesar de su espléndida organizacion i de sus heroicos esfuerzos, fué incapaz de impedir la propagacion del incendio jeneral. Se recurrió al uso del agua de pozos, del agua acumulada en los estanques de varios edificios i finalmente a la dinamita; esto último debe tomarse mui en cuenta por el efecto sobre varios de los edificios importantes: perjuicios causados por la dinamita se han atribuido al terremoto o al incendio i viceversa.

El incendio de San Francisco duró tres dias durante [los cuales no hubo vientos fuertes. Ha sido el mas grande de los tiempos modernos. El área destruida es de cerca de 3 000 acres (como 1 200 hectáreas) que contenian quinientos veinte bloques i mas o menos veinticinco mil edificios.

Fuera de San Francisco, Santa Rosa sufrió gran destruccion por un incendio.

*Efectos del terremoto sobre las construcciones en San Francisco i vecindad.* — (Se ha dicho que los edificios situados en terreno sólido, poco o nada sufrieron por el terremoto. En lo sucesivo se hará referencia solo a construcciones situadas en zonas que fueron sometidas a fuertes sacudidas i en donde será indispensable tomar precauciones especiales para el caso de terremotos).

Podemos distinguir entre edificios 1) de madera únicamente, 2) con murallas de ladrillo o de piedra, pilares i vigas de madera o de metal, 3) con esqueleto metálico, murallas de relleno, tabiques i suelos de construcciones diferentes, 4) enteramente de concreto armado. Edificios de adobe casi no habia; en San Francisco la antigua Mision Dolores, fundada en 1789, nada sufrió.

*Construcciones de madera.* — Eran i son mui comunes en San Francisco i vecindad. Su ventaja consiste en el costo reducido, por la abundancia de madera de buena calidad

en la parte occidental de Norte América, i en la rapidez de construccion. Su desventaja principal, en el peligro de incendio. Las características de las construcciones de madera en California son las siguientes: sobre los montantes de los muros se clavan tabloncillos moldurados para formar el paramento exterior; el paramento interior se obtiene colocando listones de madera i sobre ellos un revestimiento de yeso; el mismo método se usa para los tabiques i cielos; no se emplea relleno de adobe. La union entre los montantes i las vigas de los suelos se obtiene a menudo clavándolos simplemente. No siempre se colocan suficientes diagonales entre los montantes. Las fundaciones consisten en muros de ladrillo o de concreto, pero con frecuencia solo en vigas de madera colocadas directamente sobre el terreno. La cubierta de los techos casi siempre es de madera.

Algunos edificios de madera se cayeron con el terremoto; ello se atribuye a las malas fundaciones. Pero la mayoría de estas construcciones poco sufrieron, fuera de la caída de las chimeneas de ladrillo, que fué jeneral, i en algunos la partidura del revestimiento de yeso.

*Construcciones con murallas de ladrillo o de piedra, pilares i vigas de madera o de metal.* — Han sido las mas perjudicadas por el terremoto. En gran parte es debido al uso de mezclas muy pobres i a la mala obra de mano, pero tambien es debido al sistema (ver mas adelante).

En Santa Rosa todos los edificios de ladrillo, excepto dos, se cayeron. En San José todos los edificios de ladrillo sufrieron considerablemente. En Agnews, el Asilo de Insanos fué destruido casi por completo, etc.

Hai en San Francisco dos ejemplos notables de edificios de ladrillo que resistieron el terremoto: el Palace Hotel i el Appraisers' Building. Citando las palabras del profesor Derleth. (Eng. News, Mayo 3, 1906). El Palace Hotel es un excelente ejemplo de un edificio de ladrillo. La albañilería de los muros principales i trasversales, todos reforzados con barras de fierro, resistió el terremoto tambien como cualquier edificio de acero, pero no debe clasificarse como un edificio de albañilería corriente. El Appraisers' Building (la Aduana) tiene una excelente fundacion i pesados muros de ladrillo, de tres pies de espesor (0,914 m). Se dice que está reforzado con barras de fierro.

El infrascrito puede agregar que el Palace Hotel de siete pisos, fué especialmente construido para poder resistir terremotos. Los muros eran de fuerte espesor, la mano de obra fué muy bien ejecutada, el número de muros trasversales era considerable, los refuerzos i anclajes metálicos eran tan fuertes, que ha sido muy difícil derribar los muros (a fin de dar lugar a un edificio moderno). El Appraiser's Building, de cuatro pisos, descansa sobre una fundacion maciza de concreto i los muros del subterráneo están sólidamente anclados a la fundacion. No he podido verificar la exactitud de la aseveracion de que los muros tienen refuerzos metálicos.

Edificios con muro de piedra en toda su masa i altura habia muy pocos; por ejemplo el Correo, pero tiene un esqueleto metálico. La Moneda es un edificio de tres pisos, con muros exteriores muy gruesos de granito i ladrillo, tiene abundantes muros trasversales, reforzados con fuertes anclajes i barras metálicas, se dice que está fundado sobre pilotaje. No ha sufrido sino ligeras partiduras.

Casas de bloques huecos de concreto se derrumbaron en Santa Rosa i en Palo Alto, cuando habian sido construidas sin refuerzos metálicos. Dos edificios erijidos en esta forma en Santa Rosa nada sufrieron.

Como el tipo de construccion indicado en el encabezamiento de este párrafo es mui comun en Chile i ha sido sometido a prueba en el terremoto del 16 de Agosto último creo innecesario describir la forma en que fallaron estos edificios en California.

Me permito llamar la atencion sobre la influencia de techos pesados en la destruccion de los muros laterales. Cuando las cerchas descansaban simplemente sobre los muros laterales, se ha solido observar un desplazamiento de toda la techumbre, por ejemplo, en algunos edificios de la Universidad de Stanford, pero sin dañar los muros. Cuando los techos estaban intercalados en los muros, es decir, la muralla corta-fuego llegaba a mayor altura que los apoyos de las cerchas, casi invariablemente la oscilacion de la techumbre ha causado la destruccion de los muros. Esto hará talvez necesario una revision de la lei de murallas corta-fuego en Chile, si no se toman precauciones especiales, el papel de ellas es nulo i aun contraproducente en caso de un incendio causado por un terremoto, desde que se caen ántes de prestar servicios i destruyen los techos.

*Edificios con armazon o esqueleto metálico, tipo jaula.*—Este método moderno se usa principalmente en edificios de altura considerable (skcrapers), pero tambien para otros de altura corriente, por ejemplo: en San Francisco el Correo de tres pisos, el edificio de la Casa Calwa C.<sup>o</sup>, de dos pisos, dos edificios de la Pacific States Tel. & Tel. C.<sup>o</sup>, de tres pisos cada uno, etc.

Contrario a lo que pudiera parecer, los edificios de gran altura resistieron el terremoto en jeneral con ménos desperfecto que las demas construcciones. Esto es debido al sistema de construccion i al hecho de que tratándose de edificios que representan la inversion de un capital considerable, pocas veces ha habido mezquindad en la calidad de los materiales o en la mano de obra. Además, la altura de los edificios exige tomar precauciones especiales para resistir la presion del viento i la accion de un terremoto es comparable en su efecto con un temporal de viento. Las fundaciones se han cuidado especialmente, por ejemplo: el Call Bldg, de diezinueve pisos, el edificio mas alto de San Francisco, está fundado sobre un emparillado completo de vigas de acero cubiertas de concreto. Además, todos los edificios de esta clase, excepto el Mutual Life Insurance i el Aetna Bldg i el Correo, están situados fuera de la zona de terrenos de relleno.

El principio de construccion de los edificios con esqueleto de acero es el siguiente: el esqueleto soporta toda la construccion; las murallas i tabiques son simplemente de relleno i no reciben el peso de los pisos superiores. Los pilares i las vigas metálicas forman, en jeneral, rectángulos o cuadrados; como estas figuras no son indeformables, hai que proveer contravientos, si no en todos los paños, por lo ménos de suficiente fuerza i número para evitar la deformacion permanente de la construccion. Este punto no siempre se ha cuidado debidamente.

Casi todos los edificios con esqueleto de acero presentan en el primer piso partiduras en los muros i el cisalle de remaches en las uniones ha sido frecuente. Esto se explica por la inercia de la construccion: el primer efecto del terremoto tiende a desplazar la

base del edificio, mientras la parte restante tiende a quedar en su posición i en consecuencia es en el primer piso i en el subterráneo donde se hace sentir mas la acción del terremoto. Una vez que el edificio ha tomado un movimiento oscilatorio, son los pisos superiores (pero no los últimos) los que mas deben resistir. En el Call Bldg por ejemplo, en el 13.º piso la dobladura de contravientos i el cisalle de remaches fué notable; sin embargo este edificio puede considerarse como ejemplo de buena ejecución i de conveniente disposición de contravientos.

Existían en San Francisco mas de cuarenta edificios con esqueleto de acero i la mayoría de ellos pasaron por el incendio (ver mas adelante).

Se ha dicho en los primeros días despues del incendio que el perjuicio causado por el terremoto en los edificios con esqueleto de acero era casi nulo. Esto es inexacto: la verdad es que estos edificios sufrieron, pero mucho ménos que los con murallas continuas i que gracias al sistema, la destrucción de una parte del edificio poco afecta las adyacentes o superpuestas. Es por esto que aun cuando en muchos de los edificios los ensambles en el primer piso sufrieron considerablemente, la construcción permaneció en pié. En el futuro deberán cuidarse mas las uniones i los contravientos.

La caída de cornisas pesadas i mal ancladas ha sido frecuente. En casos de ejecución mui pobre (por ejemplo la torre del City Hall, el edificio de la Municipalidad) toda la albañilería entre la azmazon metálica se desprendió. En edificios con escasos contravientos, la albañilería de relleno presenta las características partiduras en forma de X. La falta de suficiente anclaje entre la piedra o el ladrillo de la fachada con el cuerpo de muro es causa de muchas rajaduras.

Como edificio que fué sometido a la mas seria prueba, se puede citar el Correo, que está fundado sobre un emparrillado de vigas de acero i concreto (no sobre pilotaje, como se ha dicho) colocado encima de una capa de arena con que se rellenó un antiguo estero que existía ahí, es decir el terreno de fundación es mui malo. Por las fotografías que se envían, puede juzgarse de las sacudidas que ha sufrido: todo el terreno adyacente está desplazado. Es indudable que la buena fundación i el esqueleto de acero salvaron el edificio; solo presenta grietas en la fachada S. O.

La mayoría de los edificios con armazon metálica son de la clase llamada *fire-proof* (ver páj. ...). Los pilares i las vigas se protejen con ladrillos especiales (*terra cotta hollow tile*) o con concreto i los suelos i las divisiones son de estos mismos materiales, salvo que el concreto es jeneralmente armado. Como casi todos los edificios de esta clase en San Francisco tuvieron que resistir el incendio, es difícil decir hasta que punto el perjuicio en la protección de pilares i vigas i en los suelos i divisiones es debido al terremoto o al incendio. En dos edificios que salvaron del incendio, el Correo i el Ferry Bldg las partes de concreto nada sufrieron, mientras las de ladrillo fueron destruidas (ver Anexo núm. 1 i Nota núm. 3).

Bovedillas de ladrillo lleno entre vigas doble T, para suelos, poco se usan en edificios modernos. En el Appraisers Bldg los suelos son de esta clase (luz de las bovedillas: 0,91 m. 3'). Ya se ha dicho que este edificio no sufrió por el terremoto.

*Edificios de concreto armado.*—En San Francisco no había ántes del terremoto

ningun edificio enteramente de concreto armado porque la lei de construccion no los permitia (ver nota núm. 4). Es digno de mencionarse el hecho de que los primeros constructores que favorecieron el concreto armado en Estados Unidos, Jackson i Ransome; empezaron a trabajar en San Francisco, pero no fué en esta ciudad donde pudieron poner en práctica ampliamente sus ideas.

En San Francisco solo un edificio, por permiso especial, se empezó a constuir con pilares i vigas de concreto armado: el de la Bekins Van & Storage C.<sup>o</sup> El concreto armado nada sufrió por el terremoto, a pesar de estar colocado solo desde poco tiempo; los muros de ladrillo fueron destruidos por el terremoto.

La Academia de Ciencias, edificada por Ransome en 1887, tenia suelos i balcones de concreto armado construidos segun métodos todavía imperfectos; estas partes nada sufrieron por el terremoto i mui poco por el incendio.

Fundaciones de concreto armado habia en los edificios de la Pacific States Telephone & Telegraph Co., en el Rialto Bldg, en la Casa Calwa Mine Storage Co., etc. En este último edificio existian suelos de concreto armado con viguetas del mismo material entre vigas maestras de acero; una de ellas fué volada a dinamita; el suelo sin embargo se sostuvo i aun despues de haber sido consumido el edificio por el incendio.

En San Francisco, numerosos muros i techos de concreto armado resistieron el terremoto. A continuacion citamos las palabras del ingeniero civil señor Wm. H. Hall (ver páj. ...).

«Muros de concreto armado resistieron el terremoto donde muros de ladrillo o de ladrillo i piedra, bien hechos segun se entiende en California, han sido parcial o totalmente destruidos.

«Fundaciones de concreto armado i murallas de subterráneo, de las que existia un gran número, no sufrieron por lo que sabemos, absolutamente nada o en unos pocos casos muestran fisuras del espesor de un filo de navaja que no afectan su integridad. Lo mismo puede decirse de muros de sostenimiento.

«Hai casos de muros de concreto, no reforzados i desprovistos de juntas de dilatacion, que tienen partiduras mas considerables. Pero ningun muro de concreto bien construido ha sufrido seriamente por el terremoto.

«Techos i suelos de concreto armado pasaron triunfantes por el terremoto i tales suelos sostuvieron algunos edificios de ladrillo bajo la accion del terremoto los que, a juzgar por edificios de la misma clase sin dichos suelos, habrian sufrido considerablemente por las sacudidas. . . .»

El infrascrito ha podido confirmar lo que dice el señor Hall; ha examinado, entre otros, un muro de sostenimiento de concreto armado en Nob Hill: tiene 0,15 m. (6") de espesor en la cresta, 75 m (25') de altura i pequeños contrafuertes cada 3 m (10'). No ha sido dañado, mientras dos muros de sostenimiento de piedras contiguos, están partidos.

En Berkeley i en San Mateo habia dos casas de habitacion de concreto armado que nada sufrieron. En Alameda, el edificio de The Alameda Borax Works tenia suelos de concreto armado (Ransome 1888) entre vigas metálicas; algunas de ellas se cayeron

pero los suelos se mantuvieron. En Napa, una construcción de 4 pisos, enteramente de concreto armado, soportó el terremoto sin perjuicio.

El caso más interesante de edificios de concreto armado se presenta en la Universidad de Stanford, en Palo Alto. En esta ciudad el terremoto fué más intenso que en San Francisco. (Fotografías i descripción de los edificios se encuentran en varias revistas técnicas, por ejemplo, Eng. Record, Mayo 1906). Durante la visita que el infrascrito hizo a la Universidad de Stanford, los profesores Marx i Wing tuvieron la amabilidad de acompañarlo en la inspección de los edificios i llamarle la atención sobre los puntos más importantes.

De especial interés es el edificio del Museo. La parte principal (antigua, construida hace diecisiete años) está en excelente condición. Un examen cuidadoso ha demostrado que los perjuicios sufridos fueron insignificantes. Los suelos son de concreto armado (Ransome) i los muros de concreto, pero solo reforzado a la altura de los suelos. El mármol colocado en la entrada da pruebas evidentes de los severos sacudimientos a que fué sometido este edificio. La parte nueva del Museo, de ladrillo, sufrió mucho.

Roble Hall, el dormitorio de las estudiantas, tiene muros de concreto, armados en la misma forma que los del Museo. La caída de dos chimeneas (de concreto, sin refuerzo metálico) ha perjudicado los suelos, pero la parte principal del edificio nada sufrió, lo que es tanto más notable si se considera que las ligazones transversales son muy débiles, es decir los muros exteriores están poco menos que aislados.

En la General (Old) Library, también había una parte de concreto armado que nada sufrió.

Los demás edificios de la Universidad eran de ladrillo con un revestimiento de piedra en la fachada. La nueva Biblioteca tenía una torre con armazón de acero. El efecto del terremoto sobre algunos de estos edificios se puede ver en las fotografías anexas.

La inspección de los edificios de la Universidad de Stanford no puede dejar duda acerca de la considerable influencia que ejercen los refuerzos metálicos en una construcción para resistir un terremoto.

*Efecto del terremoto sobre otras obras.*—Ya se ha mencionado el efecto sobre cañerías de agua potable, gas i alcantarillado.

Las obras de fortificación en el puerto de San Francisco, construidas de concreto formando un monolito i con algunos refuerzos metálicos, nada sufrieron.

De interés ha sido el comportamiento de los tranques para el agua potable de la ciudad. Los tranques de tierra resistieron bien el terremoto. El enorme tranque de concreto en Crystal Springs, situado paralelo a la línea de falla, ha debido soportar la más severa prueba; sin embargo no presenta la menor partidura. (Ver Eng. News, 17 de Mayo de 1906, artículo del profesor Derleth).

Algunos estanques de agua situados sobre torres de albañilería, se derrumbaron.

#### EFFECTOS DEL INCENDIO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES EN SAN FRANCISCO

*Edificios de madera* fueron consumidos naturalmente del todo i contribuyeron a esparcir rápidamente el incendio.

*De edificios de ladrillo con pilares, vigas i suelos de madera* puede decirse lo mismo.—Construcciones del mismo tipo con pilares i vigas de metal, sin proteccion, no presentaron mayor resistencia; mas bien ha sucedido lo contrario.

Es creencia vulgar que el metal por ser incombustible es «a prueba de incendio» (fire proof). No hai que olvidar que el efecto de un incendio no sólo es debido a la accion de la llama, sino tambien al calor desarrollado. El fierro o el acero, por ser buenos conductores del calor, se dilatan considerablemente; consecuencia es que o bien desplazan los elementos adyacentes de la construccion, destruyéndolos, o no pudiendo hacerlo, se tuercen i se doblan arrastrando consigo las partes del edificio que descansan sobre ellos. Basta una temperatura relativamente poco elevada para producir estos efectos. El incendio de San Francisco presenta numerosos ejemplos de construcciones de esta clase que han sido completamente destruidas.

Madera de fuerte escuadría arde con cierta lentitud debido a que la capa exterior carbonizada actua como aislador. Cuando se consume, no ejerce una influencia tan destructora como el metal calentado; naturalmente fallan tambien las partes de la construccion que se apoyan sobre la madera, pero no se produce ni el desplazamiento ni el arrasamiento de las partes adyacentes, característicos en la destruccion de un edificio con elementos metálicos no protegidos.

Las consideraciones espuestas deberian tomarse en cuenta para la construccion de escaleras, en caso de incendio: siendo de metal, basta el calor de un incendio para que se haga imposible su uso; una escalera de madera de fuerte escuadría, en cambio, puede usarse aun en caso de estar ya en contacto con las llamas. Mejor seria, por cierto, una escalera de fierro protegido o de concreto armado.

El ladrillo mismo es un buen material para resistir un incendio, pero el efecto de las murallas de ladrillo para atajar su propagacion no ha correspondido en San Francisco a las esperanzas cifradas en ellas. Esto no quiere decir que su efecto haya sido nulo, sólo se refiere a que el fuego tuvo entrada a los edificios por las brechas abiertas por el terremoto i que las murallas cortafuego, a mayor altura que el techo, no alcanzaron a prestar servicios.

La piedra, especialmente el mármol i el granito, son incapaces de resistir la accion de un calor considerable. Esto ha quedado plenamente establecido en San Francisco. No deberian usarse como zócalos de columnas que contribuyen a la estabilidad de un edificio, ni en otras partes vitales de la construccion. Siempre deberán evitarse los ángulos pronunciados, pues invariablemente la piedra se salta ahí.

*Edificios a prueba de incendio* (fire proof). (Esta espresion significa en realidad «edificios con una proteccion racional contra incendios»). Material de construccion absolutamente a prueba de un incendio de la intensidad del de San Francisco en que se desarrollan temperaturas estraordinarias, no se conoce). La mayoría de estos edificios en San Francisco era del tipo de jaula de acero; en ellos es necesario, i obligatorio por las leyes de construccion, proteger el metal. Habia tambien algunos edificios sin esqueleto de acero, con suelos i tabiques «fire proof».

En resúmen, los métodos i los materiales empleados ántes del incendio en edificios

de la clase indicada en San Francisco eran: para pilares i vigas, como proteccion: ladrillo refractario hueco (terra cotta hollow tile); concreto formando una capa sólida; dos capas de mortero colocadas sobre tela metálica, dejando entre sí un espacio aislador; combinacion de concreto i ladrillo refractario. Ladrillo comun se empleaba mui poco por su peso considerable; un ejemplo se tiene en el Johnson Bldg, en el subterráneo.

Para suelos: ladrillo refractario hueco, formando bovedillas entre vigas metálicas concreto armado entre vigas del mismo material o de metal. Bovedillas de ladrillo comun poco se emplean en edificios modernos, por ser un sistema costoso: exige muchas vigas metálicas, porque las bovedillas pueden tener solo luces reducidas, i el peso propio es considerable. Ademas la proteccion de la suela inferior de las vigas se hace difícil i por eso jeneralmente se omite: resulta así ilusoria la resistencia de este sistema contra incendios; en efecto, el metal está espuesto directamente al calor i se doblará fácilmente destruyendo todo el suelo.

Para tabiques: ladrillo refractario hueco; mortero colocado sobre una rejilla de alambre, entre montantes metálicos; concreto armado.

Los cielos eran constituidos a veces por la parte inferior del suelo de encima, pero en la mayoría de los casos, por una capa de yeso colocada sobre una rejilla metálica suspendida del suelo. Un cielo en esta forma constituye una proteccion adicional del suelo.

En los techos, la cubierta era de metal, pizarra, teja o concreto. La cubierta debe ser incombustible i la cercha debe estar protegida contra incendios. En el Call Bldg la cúpula es de ladrillo refractario colocado i firmemente amarrado en una armazon de acero. La proteccion de cerchas metálicas complicadas es difícil; en jeneral es necesario que el cielo del último piso sea a prueba de incendio, es decir forme un verdadero suelo que aisle la cercha del resto del edificio. Los techos de concreto armado ahorran este suelo inútil i realizan mui bien la condicion de proteccion de la cubierta i de la cercha. Han tenido frecuente aplicacion en San Francisco.

Las fachadas eran jeneralmente de piedra, ladrillo refractario o ladrillo aparente, ligados a un muro de albañilería de ladrillo comun o de ladrillo hueco.

Puertas i ventanas exteriores i claraboyas en la mayoría de los casos eran de madera i vidrio comun i no tenian contraventanas metálicas.

Por efecto del incendio, todos los materiales empleados como proteccion sufrieron mas o ménos. En jeneral el concreto dió el mejor resultado (ver nota 3). Ladrillo arcilloso de buena calidad i bien colocado, resistió en algunos casos, por ejemplo en el nuevo Chronicle Bldg, pero en este edificio, por falta de abundante combustible, la temperatura se elevó poco.

El infrascrito se permite llamar especialmente la atencion hácia el informe del señor Reed ya mencionado. Se encontrará en él una descripcion completa del desarrollo del incendio en San Francisco i de sus efectos, acompañada de numerosas fotografías.

Habia en San Francisco 54 edificios «fire proof» que el señor Reed clasifica como sigue:

1)	Edificios con esqueleto de acero, suelos de ladrillo refractario hueco.....	8
2)	» » » de acero, suelos de concreto.....	29
3)	» » pilares, vigas i suelos de concreto armado.....	2
4)	» » esqueleto de acero no protegido.....	6
5)	» » muros continuos de ladrillo, suelos «fire proof».....	9

Un análisis imparcial de la crítica del señor Reed hace ver que mientras el ladrillo hueco falló en la mayoría de los casos, lo contrario pasó con el concreto sólido. Tal vez en ningún otro edificio se ha presentado mejor ocasión para comparar los dos materiales que en el Aronson Bldg. En efecto, es de capital importancia que los materiales sean sometidos a prueba en idénticas condiciones para que los resultados tengan verdadero significado.

Copio literalmente las observaciones del señor Reed:

«Aronson Building, N. W. cor. Mission and Third Streets. Erected 1905-1906  
Clothing and other mercantile, 10 stories, 9 350 sq. ft. area.

Frame	Steel	Apparently sound except as below
Floor arches	R. I. concrete	» » » » »
Ceilings	Open	
Columns (protec)	Hollow tile	Extensive damage
Girders (tion)	Concrete solid	Apparently sound except as below
Beams	» » »	» » » » »
Partitions	Hollow tile	Extensively wrecked
Exterior fronts	Stone below;	Some extensive cracks
	» rears (brick and terra cotta above)	Local damage

Two basement columns with hollow covering buckled, tiers above, sunk 1 foot, caused by fire. Other basement columns with solid concrete protection no damage, Tiers above failed, columns subsided straight, adjacent floor slabs disturbed, not broken».

Es decir, mientras los suelos de concreto armado i la protección de concreto sólido en las vigas i viguetas casi nada sufrieron, la protección de ladrillo hueco en los pilares i las divisiones formadas por este mismo material, fueron extensamente destruidas. La prueba mas evidente de la superioridad del concreto sobre el ladrillo hueco se presentó en el subterráneo de dicho edificio: dos pilares distantes 4 50 m uno del otro estaban protegidos el uno con ladrillo hueco, el otro con concreto, mientras el primero falló completamente, el segundo no presenta daño aparente.

El señor Reed, comentando los efectos del incendio, dice: Suelos de concreto armado. El excelente comportamiento de este tipo de suelo fué notable. Protección de pilares. Los resultados en la Bush Street Telephone Exchange pueden considerarse como decisivos en cuanto a protección de concreto sólido para pilares, como también respecto a suelos de concreto armado. Las temperaturas en este edificio no sólo fueron extremas,

sino tambien de larga duracion. Hasta un monton de clavos de alambre se fundió en una sola masa. Sin embargo, la proteccion de los pilares se encontró en perfecto estado i los suelos resultaron aparentemente ilesos.

Por otra parte deberia citarse la esperiencia del Kamm Bldg.; aquí pilares de acero con proteccion hueca (dos capas de mortero sobre tela metálica) fallaron en el subterráneo.

El incendio obtuvo entrada a varios edificios por el techo. La torre de madera del reloj del Chronicle Bldg. (antiguo) contribuyó a la destruccion del edificio. Planchas metálicas colocadas sobre madera no ofrecen suficiente proteccion contra las brazae que caen sobre ellas: la madera entra en combustion debajo del metal. Cubiertas de pizarra i de teja son mas eficaces en caso de estar bien construidas. La conservacion del techo en caso de incendio es un punto mui importante; con su destruccion se forma un fuerte tiraje dentro del edificio. Techos de concreto armado dieron buen resultado.

La falta de proteccion de las aberturas fué causa de la destruccion de la mayoría de las construcciones, pues dentro de ninguno de los edificios «fire proof» estalló un incendio; él fué comunicado por el exterior.

Demostraciones evidentes de la importancia de proteger las ventanas para el caso de incendio se tiene en el Kohl Bldg., en la Bush St. i en la South Mission Telephone Exchange, i en el edificio de The California Electrical Works. El vidrio con tela de alambre incrustada (wire-glass) demostró ser una espléndida proteccion. Este material tiene la propiedad notable de solo trizarse bajo la accion de un golpe o del calor; no se saltan los pedazos. La temperatura de fusion es superior a la del vidrio ordinario i un chorro de agua fria sobre el vidrio caliente lo hace cristalizar entre las mallas del alambre. La proteccion de los marcos de las ventanas con una lámina de metal dió buenos resultados en el sentido de retrasar la accion del fuego i dar tiempo a las personas dentro del edificio para apagar todo comienzo de combustion de la madera. Contraventanas de fierro o de madera cubierta con hojalata constituyen una buena proteccion. Lo mismo puede decirse de apagadores automáticos (sprinklers).

En San Francisco quedó demostrado lo poco que se puede depender sobre el ancho de calles como barrera contra incendios. El fuego fué atajado en Van Ness Avenue, de 125' (38,10 m) de ancho i se ha solido atribuir esto solo a la anchura de la avenida. El hecho es que en Van Ness Ave se volaron a dinamita casi todos los edificios del lado Este, se causaron incendios intencionales con el objeto de atajar el avance del fuego (back fires) i hubo agua para combatirlo. A pesar de todo esto, alcanzaron a quemarse varios bloques del Oeste.

#### B.—LECCIONES DE LA CATÁSTROFE EN SAN FRANCISCO

Todos los profesionales de esta ciudad se han interesado en deducir conclusiones definitivas de la catástrofe de Abril último. Se formó al efecto The Structural Association of San Francisco, de la cual el profesor Wing, de la Universidad de Stanford, es el presidente i el profesor Derleth, de la Universidad de California, es el secretario. En esta asociacion se han discutido todos los puntos interesantes relacionados con la recons-

truccion racional de San Francisco Una recopilacion de las discusiones se publicará en algunos meses mas. Debido a la amabilidad del profesor Derleth puedo reproducir entretanto, en las notas adjuntas, algunos de los artículos presentados a dicha asociación.

Cito a continuacion parte de algunos informes i la opinion de eminentes profesionales.

Informe de of The San Francisco Association of Nemberg of the American Society of Civil Engineers.

(Será publicado íntegro en los *Anales* de esta sociedad técnica, la mas importante de las de Estados Unidos. Debo agradecer al profesor Marx el obsequio de una copia de las conclusiones mas importantes; se encuentra en el anexo 2. Lo siguiente es traducción de una parte de dicho informe).

*Efectos del terremoto.* — Hai suficiente evidencia para asegurar que un edificio proyectado con un sistema adecuado de contravientos para resistir la presión de viento a razón de 30 libras por pié cuadrado (casi 150 kg por m<sup>2</sup>) soportará las tensiones causadas por un terremoto de igual intensidad a la del último.

El principal requisito de una construcción es elasticidad. A este respecto un edificio con una armazón de madera o acero cumple muy bien. Lo mismo pasa con una construcción de concreto armado, con las excepciones.... Un edificio fabricado con piedra, ladrillo o bloques i que tiene juntas horizontales, no cumple en absoluto con dicho requisito. Una de las lecciones mas obvias del terremoto es que murallas de ladrillo, o murallas de ladrillo con revestimiento exterior de piedra, son enteramente inadecuadas si no tienen una armazón interior de acero. Como método de construcción en países espuestos a terremotos, tales tipos están completamente desacreditados.

Las fundaciones, por lo que se sabe, nada han sufrido. La evidencia es que fundaciones bien construidas, según métodos aceptados, son adecuadas. —(Continuará).