



EFECTOS DEL TERREMOTO

DEL 18 DE ABRIL DE 1906 SOBRE LAS CAÑERIAS DE
AGUA I LAS ACEQUIAS DE LA CIUDAD DE SAN FRAN-
CISCO (CALIFORNIA).

POR EL

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE

Doctor en ciencias físicas i naturales, Director del servicio sismológico
de la República de Chile

Es cierto que el terremoto del 18 de Abril de 1906 no fué sumamente violento, a lo ménos en la ciudad misma de San Francisco pues que de haberlo sido i de haber sucedido a las cinco horas i cuarto de la mañana, es decir cuando la mayor parte de la jente estaba todavía en cama, las desgracias personales hubiesen sido innumerables en una ciudad que tenia entónces unos 500,000 habitantes. Al contrario, el incendio que siguió al terremoto fué la causa principal i predominante de la catástrofe; se quemaron unas 22,000 casas i edificios, o sea todos los que se encontraban en 514 cuadras enteras, lo que corresponde poco mas o ménos a la superficie de las comunas de Santa Lucía, Santa Ana, Portales, Maestranza i Universidad en Santiago. Pereció mucha jente en esta horrorosa conflagracion al quedarse o al volver a ellas para recojer i salvar sus bienes mas preciosos, muebles, joyas, papeles, etc., i a pesar de los esfuerzos de la policía para prohibir la entrada en las casas a medida que se inflamaban miéntras que el fuego reducía a cenizas las mas

vecinas. Un viento fuerte soplaba del oeste i así el azote llegó a desplegarse casi libremente durante cuatro dias sin que se hubiese podido estorbarlo por falta de agua a consecuencia de muchas roturas de las cañerías así afuera como dentro del recinto de la ciudad.

Tales incendios seísmicos son bastante frecuentes i, el 16 de Agosto de 1906, Valparaiso tuvo que sufrir tambien por el fuego, el que añadió sus daños a los tan importantes producidos por el terremoto. Desde muchos siglos, los anales del Japon nos recuerdan muchos sucesos semejantes i en este pais las pérdidas han sido a veces mucho mas grandes aun que en San Francisco, por ejemplo en las ciudades de Kyoto i de Tokyo. Bastará citar aquí el terremoto del 13 de Octubre de 1891, en las provincias centrales del Mino i del Owari, por el cual la poblacion de Kasamatsu desapareció completamente con sus 18,000 casas sin que ninguna quedase en pié para señalar siquiera en lo futuro su asiento al viajero.

A consecuencia de lo combustible e inflamable de los materiales con los cuales las casas indíjenas mas comunes se construyen en Japon, este azote llegó a ser endémico en el pais a tal punto que ha sido preciso buscar una lámpara de petróleo que cayéndose al temblar la tierra se apagará en el acto, pues el peligro ha crecido mucho en estos últimos años a medida que se ha ensanchado en el pueblo el empleo de este sistema de alumbramiento. Sin embargo en vano se han propuesto premios para este problema tan importante que parece no haber sido resuelto hasta la fecha.

Así la cuestion de los incendios que siguen a los grandes terremotos es una de las de mayor alcance de la seismología práctica.

Estas catástrofes las orijinan mas comunmente la caída de las casas i de sus materiales mas combustibles sobre los hogares que arden en las cocinas, i muchas veces tambien el derribo de las lámparas encendidas. En los edificios alumbrados por medio del gas, el peligro es todavía mas grande, porque al romperse los caños el gas llegando al contacto de

los hogares, o de las lámparas encendidas, estalla i esparce con impetu el incendio por todas partes. A su vez, los conductores de la luz eléctrica ayudan tambien a propagarse el fuego con la produccion de *cortos circuitos*. I qué decir de las máquinas a vapor i otros aparatos que se encuentran en número tan grande dentro de las ciudades modernas.

Asi todo concurre para que el incendio estalle a la vez en muchos puntos de una ciudad que un terremoto acaba de derribar mas o ménos completamente. En San Francisco el *Servicio del fuego* recibió 57 avisos de incendio durante la primera media hora despues del terremoto. Sólo a consecuencia de tamaño número, la lucha se hacia difícil, pero se hizo imposible por la destruccion de las cañerías de tal suerte que, faltando el agua, i despues de cuatro dias de esfuerzos vanos, se resolvió cortar el camino al incendio i privarle de alimento derribando con dinamita hileras enteras de edificios. A grandes males grandes remedios ¿pero cuánto mas cuerdo no hubiera sido tener de antemano cañerías aseísmicas, es decir que el terremoto no hubiese podido quebrar i destruir? Tal es el problema mui importante que vamos a estudiar en este trabajo. Al mismo tiempo se tratará tambien i subsidiariamente del alcantarillado, otro género de construccion que sufre daños semejantes por los terremotos.

Cualquiera que sea una construccion i para saber como soporta los movimientos seísmicos i por consiguiente para conocer las precauciones que podrian ponerla al abrigo de los daños en caso de terremoto, es preciso comparar entre si las que, a poca distancia i en circunstancia semejantes de situacion, han resistido o padecido mas o ménos; es decir que los arquitectos i los ingenieros deben atender sólo a la observacion de los hechos, ya que la esperiencia prueba que la teoría se muestra muchas veces un guía mui engañoso en tales cuestiones.

Hasta el terremoto de San Francisco las observaciones sobre cañerías de agua i alcantarillados escaseaban casi completamente como se ve mui bien en nuestros trabajos ante-

riores (1). Dichosamente este acontecimiento ha permitido subsanar esta deplorable falta cuya gravedad no podría ser exajerada a causa de sus consecuencias tan dañosas. Aprovechariase aquí una memoria del señor Ch. Derleth (2) (*Associate professor of structural engineering at the University of Berkeley, California*) i el informe oficial (3) que el señor Hermann Schussler, ingeniero en jefe de la «Spring valley water Company», dedicó a los ingenieros hidráulicos de América i dirijió a la Municipalidad de San Francisco a fines de Julio de 1906, es decir poco tiempo despues de la catástrofe; pero es preciso notar que siendo este trabajo un alegato en pro de la Compañía encargada del abastecimiento de aguas a la ciudad no debe consultárselo sino con cierto recelo. Cuando estuve en San Francisco, en el mes de Junio del presente año, el tiempo trascurrido desde el terremoto habia sido bastante largo para reparar la mayor parte de los daños ocurridos en las obras de la Compañía de tal suerte que han sido pocas las observaciones que pude hacer personal i directamente sobre el terreno, pero conversaciones con profesores, arquitectos, ingenieros i contratistas me han suministrado sin embargo informaciones i documentos interesantes sobre este asunto.

Ahora mismo se hace el alcantarillado en Santiago, asi es que esta memoria no podría publicarse mas oportunamente. Se empezará por una breve reseña del sistema de acueductos de San Francisco, la que necesitan, para su intelijencia,

(1) El arte de construir en los países espuestos a los temblores de tierra (*Anales de la Universidad*. CXIX. 1906. 455. CXX. 1907. 79 i 241. Santiago)—Les tremblements de terre. 1906. La Science seismologique. 1907. Paris.

(2) The destructive extent of the San Francisco earthquake. Its effects upon structures and structural materials within the earthquake belt. Berkeley. 1906.

(3) The water supply of San Francisco, California, before, during and after the earthquake of April 1906, and the subsequent conflagration. San Francisco, 23rd July 1906.

los pormenores i datos que se darán sobre los daños observados en las cañerías.

La ciudad de San Francisco está abastecida de agua potable por una compañía privada, la «Spring Valley Water Company», establecida el año de 1858. i que, en Febrero de 1906, se tasaba oficialmente en la cuantiosa suma de 25.450,327 *dollars* sobre el valor de sus obras i propiedades, que, como era de preverse, habia crecido con el desarrollo mismo del número de los habitantes, de tal suerte que ahora las cañerías forman un sistema mui complejo i estenso que va a buscar las aguas en muchos valles bastante alejados i situados en los condados de San Francisco, San Mateo i Alameda, los dos primeros al sur de la ciudad i el tercero al este, del otro lado de la inmensa bahía de San Francisco. Siendo mui desigual el terreno de la península de San Francisco i del condado de la Alameda, ha sido mui fácil el captar las aguas de muchos valles por medio de diques artificiales.

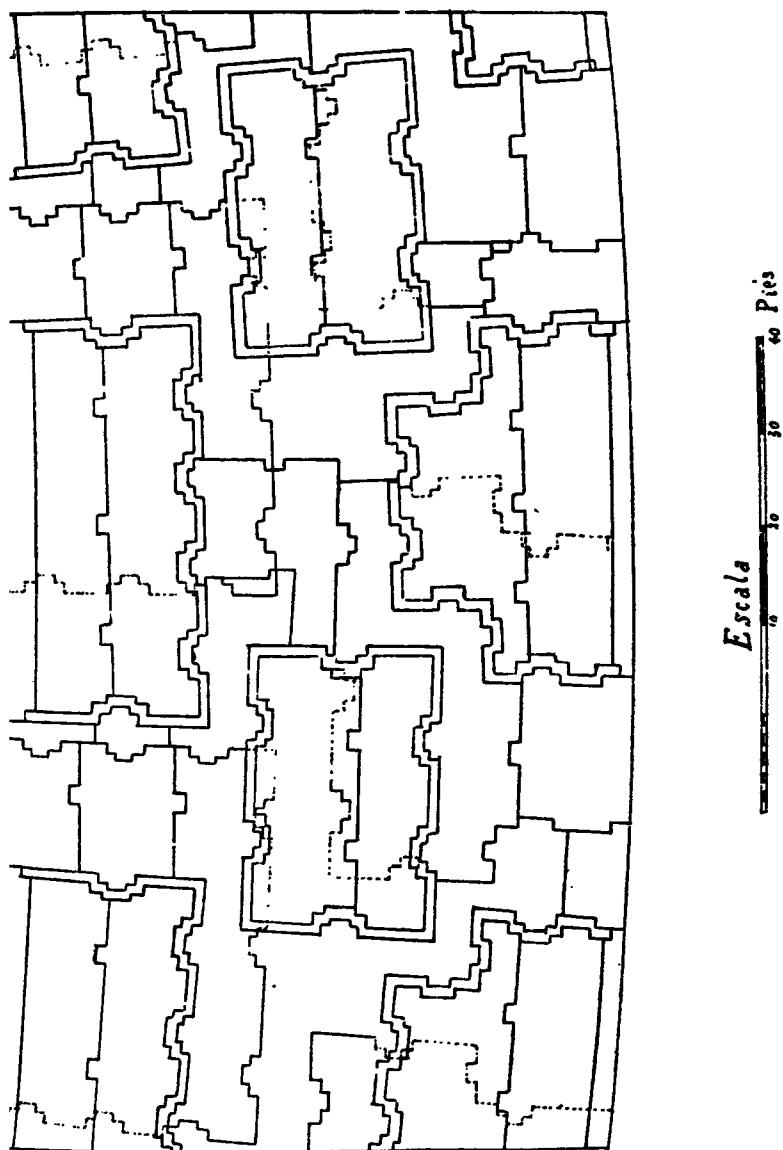
Al presente las aguas llevadas hasta la ciudad forman cinco sistemas o grupos diferentes que tienen cada uno su línea de cañerías principales. El primer o el de la Alameda abastece las poblaciones de Berkeley, Oakland i San José al este de la Bahía i pasando sus cañerías bajo ésta se dirige al norte hasta San Francisco. No se ha dado todavía a este grupo todo el desarrollo que alcanzará mas tarde a medida que crezca la ciudad de San Francisco, pero como no ha sufrido sino pocos daños por el terremoto no se necesita tratar mas de él, ni tampoco, por la misma razón, del grupo del lago de la Merced mui cercano a la ciudad. Así no quedará mas que estudiar los daños observados en las líneas de cañerías de los estanques artificiales de Pilarcitos, Crystal Springs i San Andres, todos tres situados en el condado de San Mateo entre el Pacífico i la bahía de San Francisco.

Las cañerías urbanas reciben el agua de las cañerías de afuera por el intermedio de estanques de repartimiento esparcidos en los diferentes barrios i están establecidas en forma de parrillas correspondientes al plano de las calles. Habria sido bastante difícil el arreglar este conjunto que alcan

zó un alto grado de complicacion a medida que la ciudad se ensanchaba mas i mas sobre una superficie considerable i por lo desigual de su topografia en la que las altitudes varian desde cero a orillas del mar hasta 300 piés en las crestas de pliegues montuosos i 500, o mas, en las cúspides de cerros aislados. Se puede decir que el problema ha sido resuelto de la manera mas cuerda. En 1905, el consumo diario de agua ascendia a 7.687,225 metros cúbicos, o sea a la cantidad considerable de 15 metros cúbicos por cada habitante. Al tiempo del desastre las cañerías principales tenian 757 kilómetros de largo i las del distrito quemado unos 150, mientras que los estanques urbanos de reparticion contenian mas de 88.000,000 de metros cúbicos, es decir la cantidad de agua que podia consumirse en once dias. Así era cierto que se podria luchar con ventaja contra incendios por grandes i numerosos que fueran, con tal que las cañerías quedasen en buen estado.

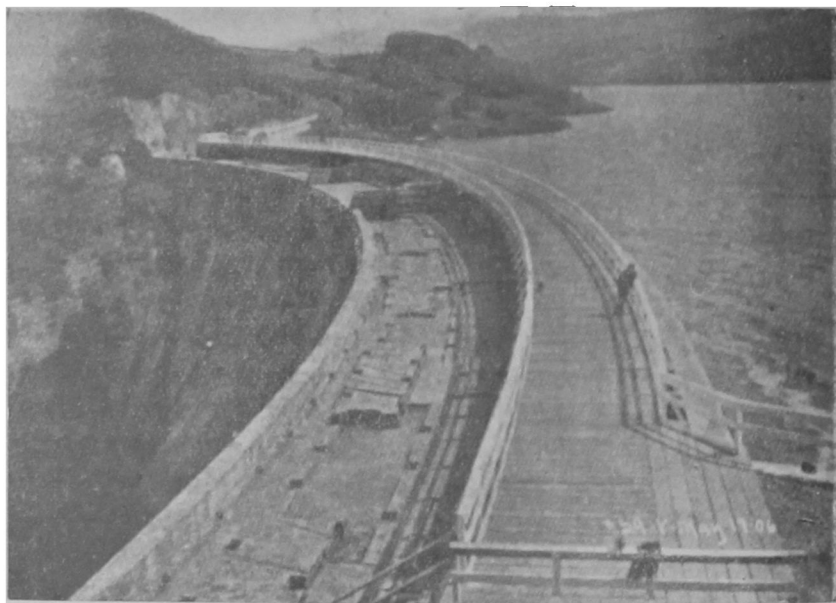
Las cañerías principales tenian un diámetro de hasta 44 pulgadas inglesas i eran compuestas del mejor hierro americano que se habia podido conseguir, sea forjado i laminado o de fundicion. Afuera de la ciudad no se habia empleado de esto último. Los peritos de la compañía habian vijilado rigurosamente la fabricacion i al llegar las cañerías a San Francisco se las habia sometido a ensayos severisimos. El exámen de los demas materiales, como cemento, cal, ladrillos, etc., no habia sido ménos serio. Por consiguiente se puede afirmar que los daños experimentados el 18 de Abril de 1906 en las obras de la compañía no resultaron por causas relativas a la calidad de los materiales empleados sino por el descuido en la ejecucion del trabajo, o mas cierto por faltas en el modo mismo de construir las obras de canalizacion.

Hubo mas de 300 rupturas en las cañerías grandes afuera de la ciudad i 23,200, poco mas o ménos, adentro, números que, atendiéndose a la superficie de la ciudad, el ingeniero Schusler mira como mui pequeños, lo que atribuye a la escelente calidad de los materiales i al cuidado con que todas las obras



g. 3.—Plano horizontal de la hilada décima séptima de los bloques de cemento del Dique de Cristal Springs

de la compañía han sido ejecutadas. Se comprende mui bien que al abrirse las cañerías principales en puntos diferentes i tan numerosos, la presión del agua se ha anonadado inmediatamente, correspondiendo estas rupturas a una área de 7,000 pulgadas cuadradas. Además el agua se derramaba también por innumerables rupturas de las cañerías caseras, todo lo cual hizo ilusoria la lucha contra el incendio.



5.—V Figista del dique de Crystal Springs

El servicio hidráulico de San Francisco comprendía también muchas obras como túneles, estanques, pozos, puentes, bombas, máquinas de vapor, etc., pero que no es preciso estudiar aquí pues los daños que sufrieron no han presentado nada de particular ni de nuevo. Sin embargo se va a hablar de los diques de los estanques para señalar datos interesantes i explicar la perfecta resistencia que han ofrecido contra el terremoto a consecuencia de su buena construcción aunque hayan tenido que soportar esfuerzos enormes por el movimiento sísmico.

El dique de Crystal Springs tiene una altura de 135 piés i está edificado por medio de bloques de cemento engranados unos en otros, disposicion que probó su resistencia perfecta el 18 de Abril de 1906, pues este dique no sufrió en nada por el terremoto. Este sistema de construccion debe, por



Fig. 6.—La falla seísmica cerca del estanque de San Andres

consiguiente, ser adoptado en casos semejantes, es decir en los países seísmicamente inestables.

Los demas diques han resistido tambien perfectamente, aunque construidos sencillamente i segun el método ordinario, es decir, por medio de tierra i de arcilla apisonadas fuerte i cuidadosamente, i a pesar de haberse hallado el dique de San Andres en circunstancias mui peligrosas, pues

la falla seísmica, de la cual se hablará mas adelante, pasaba a sus orillas mismas i aplastó a un túnel de ladrillos construido con mucho cuidado i con los mejores materiales. Este dique de San Andres tuvo que soportar esfuerzos enormes; en efecto la falla seísmica $CC_1 C_{1,1}$, lo atraviesa i le orijinó una traslacion de siete piés entre su posicion primitiva, AB , i la que ocupó despues del terremoto, $A_1 B_1$: Así, diques de esta clase, con tal que sean construidos con mucho

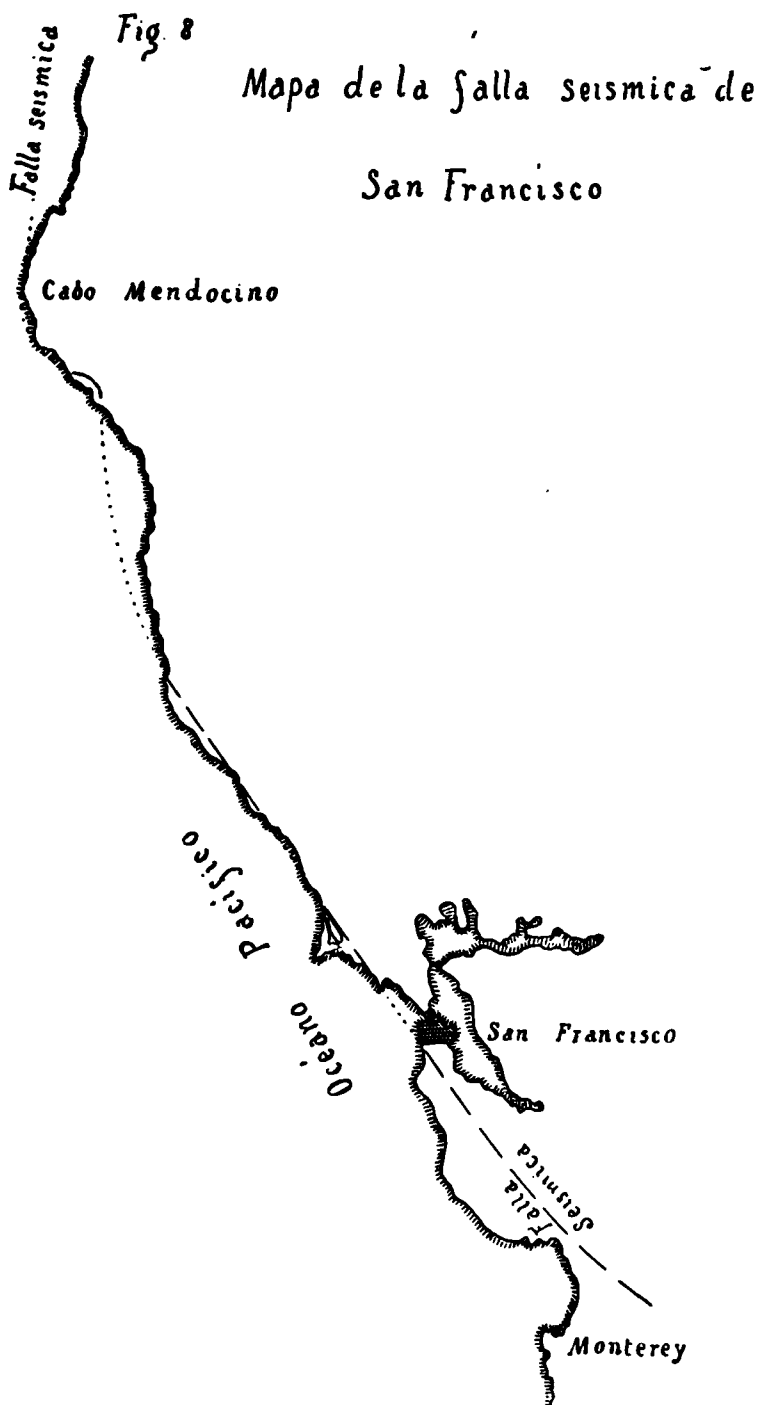


Fig. 7.—Cambio de posicion del dique de San Andres

esmero, resisten a los mas fuertes terremotos, aun cuando las fallas seísmicas pasen cerca de ellos o los atraviesen.

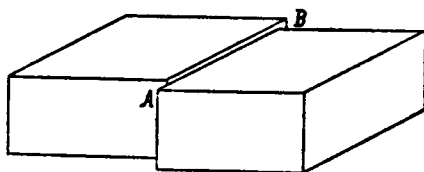
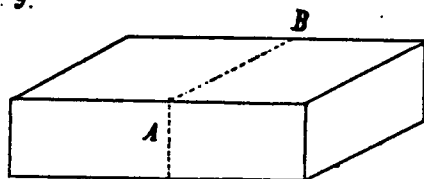
Los daños esperimentados en las obras de la Compañía de Aguas de San Francisco, pueden distinguirse segun si aquellas se encontraban o no sobre el tránsito de la falla seísmica, o si estaban establecidas en suelo sólido o no.

Se sabe ahora que el terremoto de San Francisco tuvo por orijen la formacion de una inmensa falla que se abrió cerca de la costa del Pacifico i se estendió en una lonjitud de mas



de 300 kilómetros. La teoría tectónica de los temblores se verificó entonces de la manera mas clara. En este caso el papel seismojénico de la falla ha sido reconocido sin duda alguna por los jeólogos Lawson i Leuschner (1) i Gilbert (2) que lo ha estudiado mas detenidamente. Los temblores i los terremotos de la costa del Pacífico, a lo ménos desde Mon-

Fig. 9.



Esquema del movimiento relativo ocasionado por la falla A B

terey hasta el cabo Mendocino, resultan de movimientos mas o ménos grandes a lo largo de la falla, cuya existencia parece bastante antigua. No se sabe todavía cuál ha sido el mo-

(1) Preliminary report of the state earthquake investigation committee. Berkeley. May 31st 1906.

(2) The investigation of the San Francisco earthquake. The popular science monthly. August, 1906 1907.

vimiento absoluto de los dos puntos de la corteza terrestre separados por la falla, el que no se podrá conocer mas tarde sino por medio de nuevas medidas jeodésicas; pero su movi-

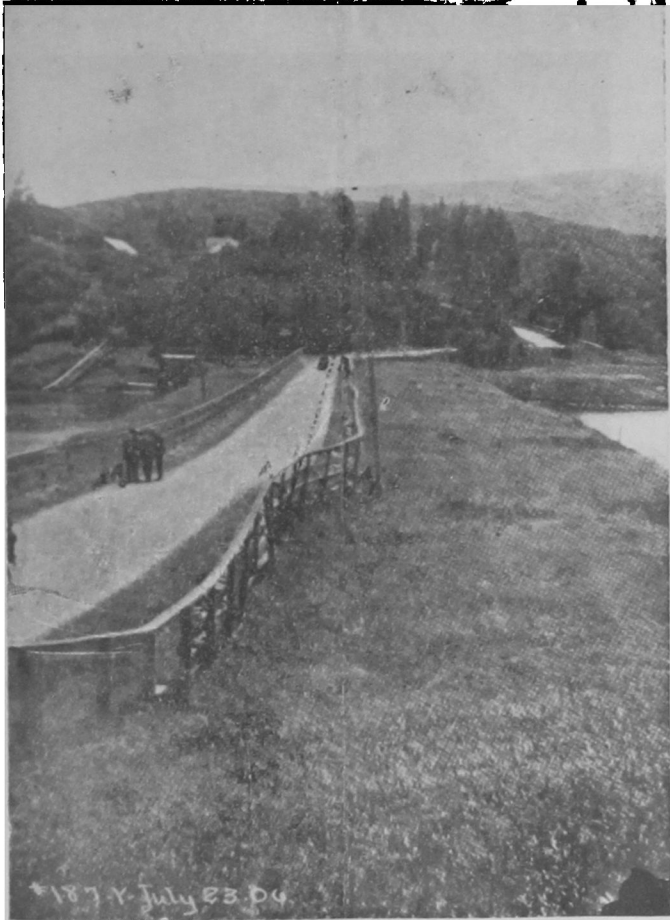
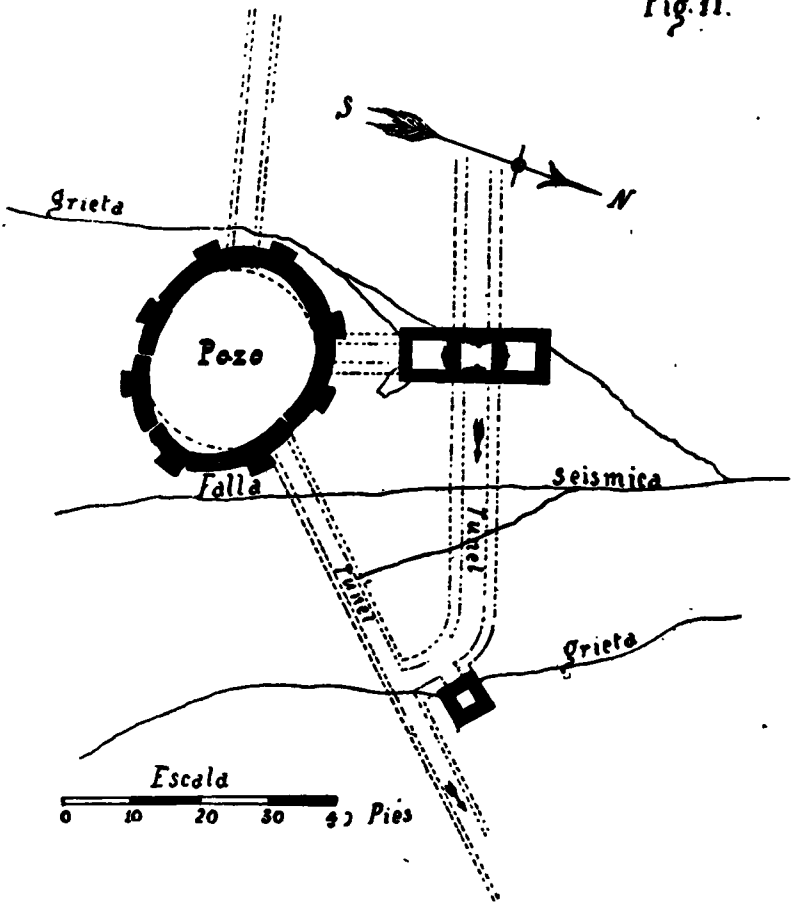


Fig. 10.—Tránsito de la falla sísmica del dique superior de Crystal Springs

miento relativo por el terremoto del 18 de Abril de 1906, puede representarse esquemáticamente como sigue en la figura 9; a lo ménos los efectos del terremoto sobre el terreno concuerdan mui bien con este esquema.

Refiriéndose al mapa de las líneas de cañerías, se ve que la falla se confunde con la línea de los estanques de San Andres i de Crystal Springs. Esto prueba que la falla misma es el rasgo jeológico mas importante de la comarca, pues

Fig. 11.



Aplastamiento del pozo de desagüe del estanque de San Andres

ha tenido el mayor influjo sobre su topografía i ha presidido a la formación de su relieve actual. Por consiguiente la falla es mas antigua que esta topografía i es cierto que ha llenado siempre un papel seismojénico desde los tiempos remotos en

los cuales se ha abierto hasta nuestra época. Los terremotos i los temblores de ahora resultan de la falta de equilibrio de los dos compartimientos terrestres que la falla separa entre sí i sobre todo de la continuacion de los esfuerzos tec-

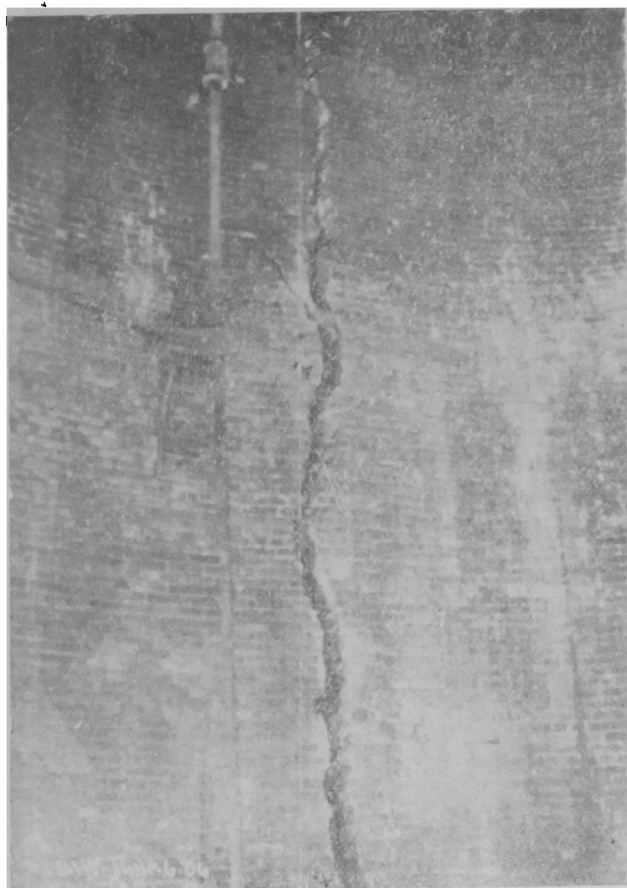


Fig. 12.—Grieta en el pozo de desagüe del estanque de San Andres

tónicos correspondientes a su formacion misma por antigua que sea.

Entre muchos ejemplos mas o ménos análogos, se escojerá el de una palizada situada sobre el dique superior, de

tierra i arcilla apisonadas, del estanque de Crystal Springs, i que cambió de posicion i de forma; la traslacion horizontal ascendió a 8 o 9 piés.

No parece posible que edificios, por fuertes que sean,

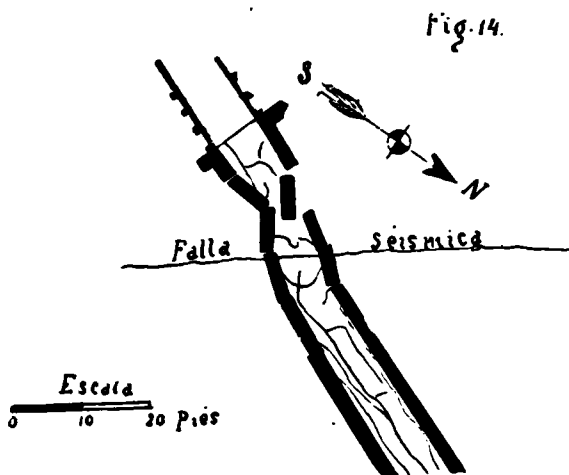


Fig. 13.—Grietas en el pozo de desagüe del estanque de San Andres

puedan resistir a tamaños esfuerzos, i *no se debe nunca olvidar esta restriccion cuando afirmamos que el arte del ingeniero puede ahorrar a lo menos las dos terceras partes de los daños seismicos, lo que no se verifica sino afuera del tránsito*

mismo de las fallas abiertas por o con los terremotos. Por esto, en California, la destrucción alcanzó su máximo a lo largo de una estrecha zona de pocos kilómetros de ancho de cada lado de la falla i ha sido culpa de los constructores si los estragos se han extendido afuera de ésta, por ejemplo, en la ciudad de San Francisco, sea que hayan construido segun métodos malos o con pésimos materiales.

No hai, pues, de que estrañarse, si muchas obras de la Compañía de Aguas de San Francisco fueron destruidas mas o



Destrucción del túnel de desagüe del estanque
de San Andres

ménos completamente. Entre varios ejemplos, escojaremos el de un pozo circular perfectamente construido i de 30 piés de diámetro que se encontraba cerca del estanque de San Andres atravesado por la falla i que ha sido aplastado. Era menester señalar este hecho porque hemos afirmado muchas veces que las bóvedas de eje vertical, como pozos o torres, resisten mejor á los esfuerzos seísmicos que la de eje horizontal; no hai contradicción aquí por causa de la proximidad de la falla.

Lo mismo sucedió a un túnel de desagüe del mismo estanque, a pesar de su buena construcción. Sin duda este túnel

no habria sufrido tanto si hubiese sido completamente circular en lugar de tener la forma de una bóveda soportada por paredes verticales i de estar tan cerca de la falla. Se hace esta observacion en pro de la forma escojida para los alcantari-llados de Santiago.

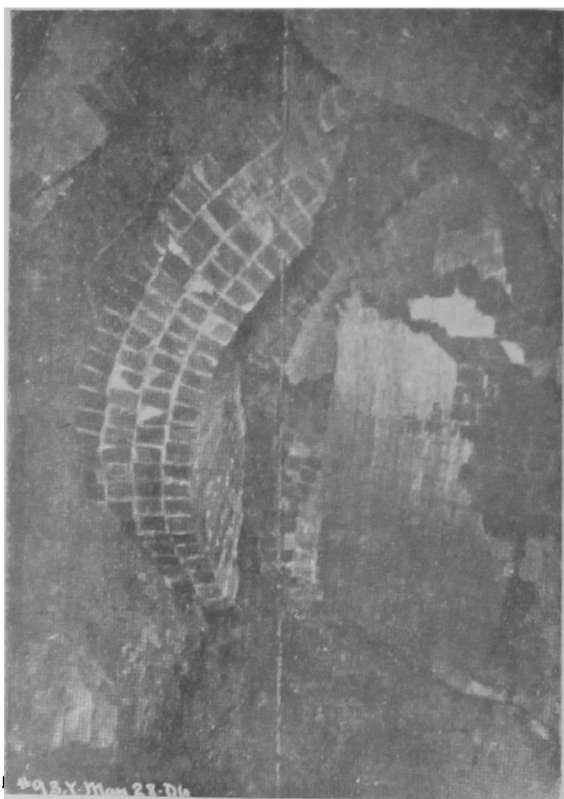


Fig. 15.—Destruccion del túnel de desagüe del estanque de San Andres

Los daños producidos a las cañerías, es decir a las obras mas propias a un sistema de distribucion de aguas, han sido mui diversos. Allí donde las cañerías no eran enterradas, se las tenia protegidas por fuertes túneles de carpintería, o armazones de madera, cuya construccion mui defectuosa ha



Fig. 16.—Daños a las armazones de las cañerías de San Andres



Fig. 17.—Daños a las armazones de las cañerías de San Andres

causado su destrucción i su caída en centenares de metros de longitud. Estas armazones se han aplastado mas o ménos completamente i a la simple vista se ve mui bien que no podian resistir a las ondas seísmicas por la falta evidente de



Fig. 18.—Aplastamiento de una cañería en el tránsito de la falla sísmica

trabazon entre sus diferentes piezas, verticales u horizontales, las que ningun tirante ligaba entre sí, a lo ménos jeneralmente. Así la destrucción de aquellas armaduras era del todo inevitable, hasta en puntos bastante alejados de la falla seísmica. En este caso parece mui probable que los injenie-

ros de la Compañía no pensaron ni siquiera un instante en el peligro de los terremotos, sin embargo tan frecuentes i graves en California.

Estas observaciones no tienen nada de nuevo ni de extraño i será mucho mas instructivo el exámen de lo que sucedió a las cañerías mismas. Todas las rupturas se produjeron en las juntas de las cañerías entre sí, lo que comprueba mui bien la calidad de los metales empleados. Estos efectos han sido



Fig. 19.—Disyuncion simple (de 20 pulgadas

los mismos en la línea de cañerías de San Andres, mui cercana a la falla i en las demas líneas mas alejadas de ella, asi que escojeremos indiferentemente ejemplos en unas i otras. Ciertas cañerías se aplastaron i otras se encajaron entre sí como los tubos de un telescopio, i en este caso, con o sin cambio de posicion relativa.

Sin duda no habria sido posible el evitar estos daños en la línea de San Andres atravesada por la falla seismica, pero sí en las otras i lo prueba esta observacion que las rupturas

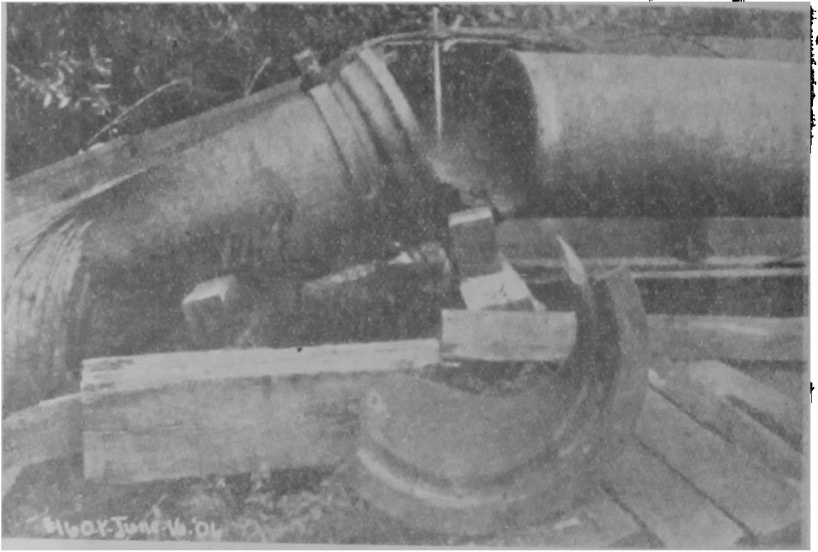


Fig. 20.—Ruptura de una junta en un codo (ó ángulo)
(Disyuncion de 20 pulgadas)

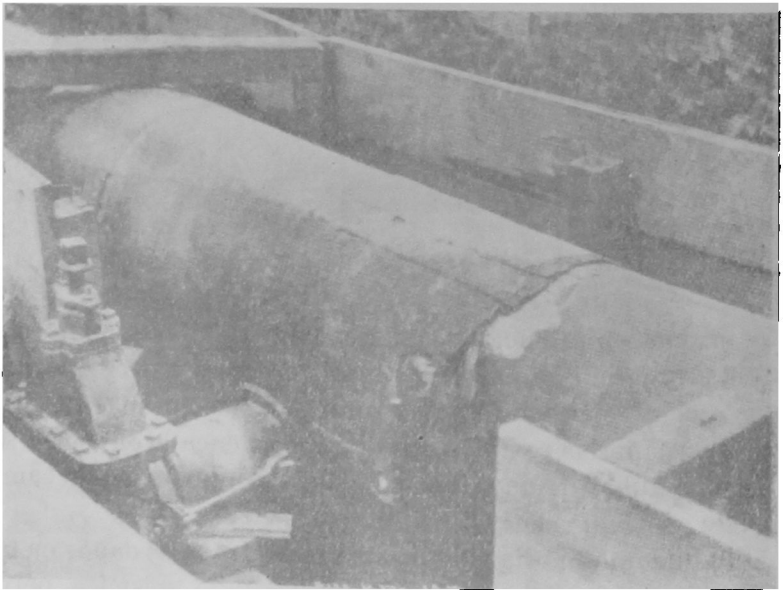


Fig. 21. Movimiento simple de telescopiamiento

no se produjeron sino sólo al atravesar las cañerías terrenos blandos o movedizos, como por ejemplo los pantanos de los valles de San Bruno, Guadalupe i de la Visitacion, atravesados por la línea de cañerías de Crystal Springs. No era pues



Fig. 22.—Movimiento de telescopiamiento con traslacion lateral i aplastamiento

ni cuerdo, ni prudente, el establecer cañerías al traves de estos valles i la línea de cañerías debia a toda costa dar la vuelta al rededor de estos terrenos peligrosos. En apoyo de nuestra opinion, citaremos esta observacion que se hizo en uno de estos pantanos, donde el amazon de madera que en-



Fig. 23.—Hundimiento de cada lado de la vía de una tranvía (Calle décimo cuarta, al este de la calle de Valencia)



Fig. 24.—Hundimiento sin desplomo de las casas (Calle del Mercado, esquina de la calle de Spear)



Fig. 25.—Hundimiento con desplome de las casas
(Calle décimo-cuarta)



Fig. 26.—Hundimiento con gran movimiento lateral del suelo de la calle
i separacion entre la via de la tranvía i el suelo (Calle Union entre las
calles Steiner i Pearce)

cerraba las cañerías reposaba sobre una hilada de pilas de ladrillos establecidos sobre el fondo sólido del terreno. En una longitud de 800 piés el armazon se salió de las pilas i tomó una forma ondulada sin que se quebrase i no se produjo tampoco ninguna ruptura de las juntas de las cañerías; al reparar la línea se comprobó que las pilas habian resistido perfectamente, de tal suerte que si el armazon hubiera sido



Fig. 27.—Ruptura de cañerías (Esquina de las calles séptima i de Howard)

fijado sólidamente encima de las pilas, no habria habido ningun daño, lo mismo que en los terrenos sólidos.

Semejantes observaciones pudieron hacerse en las líneas urbanas de cañerías. En los terrenos firmes el número de rupturas ha sido mui pequeño, con lo que la lucha contra el incendio no habria llegado a ser imposible. Pero, al contrario, en las calles establecidas sobre arenales o a orillas del mar, dunas, antiguas quebradas terraplenadas, o ciénagas colmadas artificialmente por medio de escombros de todo jénero, las rupturas han sido mui numerosas sobre todo a la

separacion entre los terrenos blandos i movedizos i las rocas sólidas de las pendientes mas o ménos rápidas de los collados sobre los cuales la ciudad de San Francisco está fundada. Las rupturas se produjeron en estos puntos por el hundimiento del terreno i por su deslizamiento a lo largo de las vertientes firmes. En varias de las figuras dadas en seguida no se ven las rupturas de cañerías, escondidas como están por los escombros, pero se han manifestado por fuertes chorros de agua que no se agotaron sino cuando la presion hidráulica hubo bajado en las cañerías, poco despues del terremoto. Asi se puede decir que la mayor parte de las rupturas han sido causadas por la peligrosa situacion de las cañerías i no por el efecto directo de las ondas seísmicas mismas.

Los albañales o los alcantarillados suministraron observaciones análogas. Es de notar que en San Francisco estos últimos eran túneles de ladrillos con paredes verticales i bóvedas.

La causa mas evidente que ocasionó la destruccion de las cañerías i que habria podido evitarse, ha sido, como se ha dicho ántes, lo movedizo del terreno; añadiremos otra, el efecto dañosisimo de las ondas seísmicas semi-gravíficas, que los terremotos orijinan únicamente en estos terrenos sin firmeza i sin estabilidad. Estas ondas, todavia mal conocidas, se asemejan mucho a las que se producen en el agua al lanzar una piedra en ella; diferenciando mucho de las ondas seísmicas propiamente dichas, se propagan con una velocidad mucho menor; al contrario su amplitud es considerablemente mayor, de tal suerte que se les debe atribuir los grandes daños padecidos por las construcciones establecidas en los terrenos en los cuales pueden producirse, es decir, los mas blandos i movedizos como los de aluvion, las cenizas volcánicas, las arenas, los pantanos, los terraplenes artificiales e insuficientemente apisonados, etc., cuya superficie, al temblar reciamente la tierra, ondea como la de un liquido, o mejor dicho, de una jalea, i con la intervencion de la pesantez. lo que no sucede con las ondas seísmicas ordinarias.

- Todas estas observaciones prueban así que lo mismo que

para otras construcciones, cualesquiera que sean, se debe prohibir severamente el establecer cañerías en tales terrenos tan peligrosos i esta regla parece bastante para ponerlas al abrigo de los daños seísmicos, pues han resistido mui bien

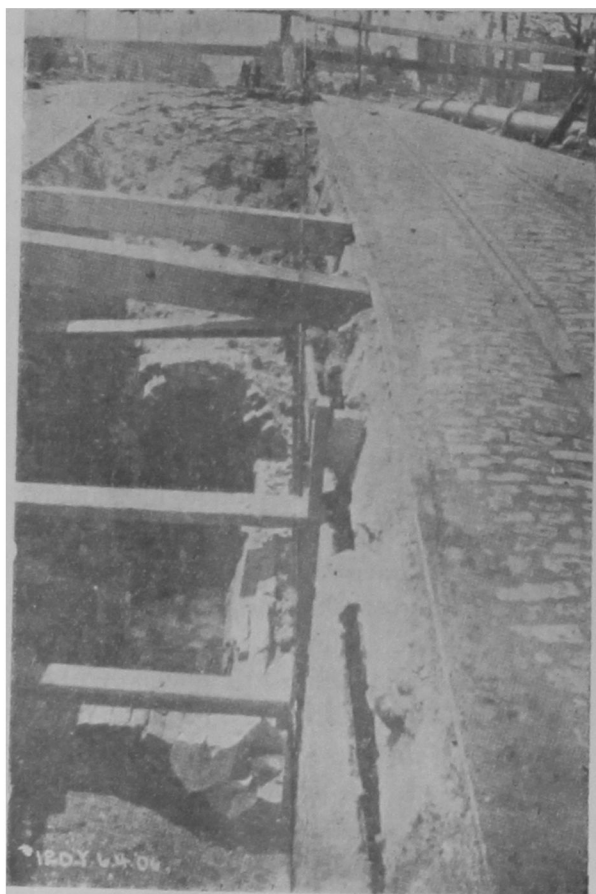


Fig. 28.—Destruccion de un albañal (Calle Valencia entre las décima-octava i décima-nona calles)

en las otras partes de la ciudad de San Francisco. No pareciendo cuerdo aconsejar que en una ciudad antigua como la de San Francisco se abandonen en el acto barrios enteros, reemplazándolos por parques, alamedas o jardines, se debe

buscar los medios a propósito para proteger las cañerías, los alcantarillados i los albañales en caso de terremoto, a lo ménos tanto como se pueda.

El ingeniero Derleth piensa que las cañerías resistirían mejor si se les proveyese con juntas elásticas i flexibles, pero añade inmediatamente que, en el estado actual del arte de construir, es mui difícil concebir cómo se podría obtener este resultado. Que me sea permitido sugerir que un tal problema no queda talvez fuera del alcance de la industria moderna i que las cañerías metálicas podrían mui bien proveerse de juntas móviles, sino elásticas, dando a sus estremidades la forma de porciones de esferas que se juxtapondrían entre sí, como en las articulaciones llamadas de rodillas que se emplean en ciertos aparatos de física. A la verdad se necesitaría un ajustamiento mui exacto de las superficies esféricas en contacto para que el agua bajo alta presión no se derrame o se resuma por la junta. Además se podría disminuir mucho el roce mutuo, dado caso que la junta se mueva por un terremoto, proveyendo una de las dos superficies con una moldura destinada a rodar contra la otra. De esta manera las líneas de cañerías que hubiera sido preciso colocar en terrenos peligrosos i movedizos, podrían torcerse i moverse con el movimiento sísmico, obedeciendo así a todas sus ondulaciones por rápidas que fuesen i resistiendo hasta en caso de hundimientos i deslizamientos con tal que no fuesen demasiado grandes. Queda bien entendido que la solución aquí sugerida i bosquejada lijaramente no valdría sino para cañerías metálicas, siendo evidentemente del todo imposible adaptarla a cañerías de cualesquiera otros materiales. Este sistema costoso no tiene talvez sino un interés puramente teórico i, dejando a los ingenieros de profesión este problema tan interesante e importante, vamos a indicar métodos mas prácticos.

En los terrenos peligrosos las cañerías se establecerán encima de estacas, lo mismo que las casas i los demás edificios, sistema que, como se sabe mui bien, ha dado siempre los mejores resultados, especialmente en la parte baja de San Fran-

cisco i en donde el suelo firme se encontraba a veces hasta una profundidad de 105 piés debajo de la superficie. Se adherirá tambien a la opinion de Derleth cuando aconseja que se encierren las cañerías dentro de armazones de madera: así protegidas contra los hundimientos i los deslizamientos no se aplastarán tan fácilmente i resistirán con mejor éxito al efecto devastador de las ondas semi-gravíficas. Tomando todas estas precauciones juntas, se puede contar con que las cañerías soportarán eficazmente los mas fuertes terremotos a pesar de estar colocadas en pésimos terrenos, o a lo ménos las rupturas no serán bastante numerosas para que la presion hidráulica baje hasta el punto de anonadar la lucha contra el incendio que hubiera estallado despues del terremoto.

Las innumerables rupturas que se produjeron en las cañerías urbanas son las que han mermado tanto la presion en el sistema de distribucion interior i sin embargo el agua seguia llegando en cantidad que hubiera sido suficiente para combatir el fuego. En efecto algunas líneas del exterior, como la de la Alameda i la de la Merced, esta última a la verdad mucho ménos importante, habian resistido al terremoto. De esta observacion resulta que el sistema exterior de cañerías de una gran ciudad debe constar de varias líneas independientes de cañerías principales llegando de rumbos diferentes i esparcidas en distritos cuya constitucion jeológica difiera tanto como sea posible. Así en caso de terremoto algunas líneas quedarán exentas de todo daño seísmico de tal suerte que las cañerías urbanas no se vaciarán completamente porque las del exterior no se encontrarán todas en el tránsito de la falla seísmica, en caso que la haya.

En San Francisco no existia sino una sola canalizacion urbana i a medida que se reparaban las líneas de cañerías de afuera, sin embargo la presion hidráulica no podia restablecerse porque a cada instante la caida de casas incendiadas abria nuevas aberturas sin número, de tal suerte que los esfuerzos casi sobrehumanos de los bomberos quedaron inútiles. Esto no habria sucedido si la municipalidad de San Francisco hubiera seguido los prudentes consejos del ingeniero en



Fig. 29.—Montón de escombros en la calle de la Batería

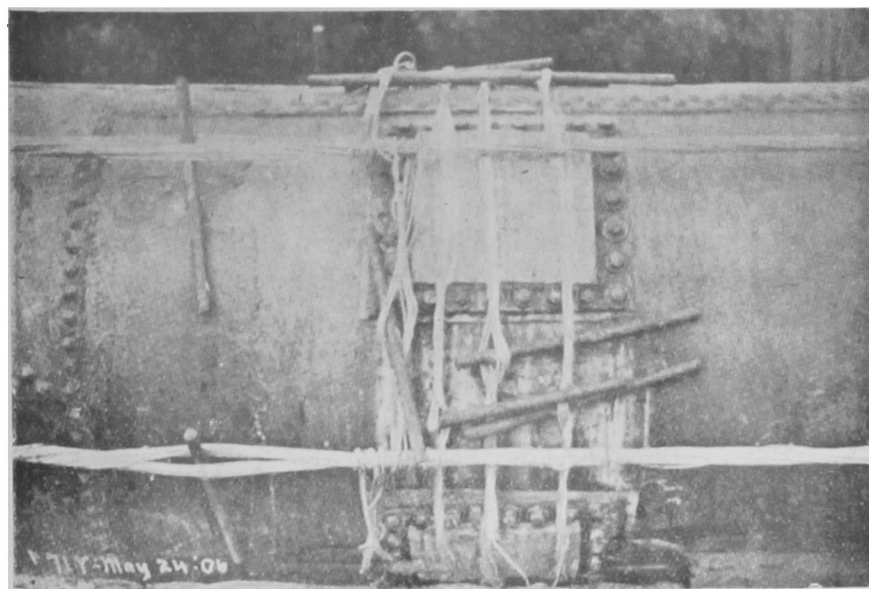


Fig. 30.—Reparo de una cañería de 14 pulgadas

jefe Schussler que, unos diez años ántes de la catástrofe, habia propuesto abastecer de agua del mar el barrio de los negocios por medio de un sistema especial de cañerías, completamente distinto del de distribucion del agua potable i destinado únicamente al servicio del fuego.

La Compañía de Aguas de San Francisco tropezó con dificultades enormes para reparar sus líneas de canalizacion miéntras que la ciudad se consumia. El número de rupturas era enorme i fué preciso ir a buscarlas debajo de montones de escombros; en muchos puntos las cañerías estaban inaccesibles. Sin embargo la Compañía se mostró a la altura de su tarea i se ejecutaron trabajos de reparacion cuyo estudio seria mui interesante pero que no concierne sino al arte del ingeniero i no parece oportuno tratar de esto en una memoria que tiene por objeto único la descripcion de los daños seísmicos i los medios para evitarlos.

Sin duda se necesitarian gastos cuantiosísimos para tomar todas las precauciones indicadas en esta memoria de seismología práctica i que resultan de la mera observacion de lo acontecido en San Francisco el 18 de abril de 1906. No seria ménos costoso establecer, a lo ménos parcialmente, dos sistemas independientes de cañerías, una para el público i otra para el servicio municipal del fuego. Pero si se tiene en cuenta las pérdidas efectivas, uno se convencerá que ni los gobiernos, ni las municipalidades no deben en ciudades como la de San Francisco ahorrar estos gastos por grandes que sean, si se quiere evitar en lo futuro las pérdidas, todavia mucho mas grandes que les prometen otros terremotos. En tales circunstancias el despilfarro aparente no es sino la verdadera cordura.

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE

Doctor en ciencias físicas i naturales

Director del servicio seismolójico de la República de Chile.

4 de Octubre de 1907.