

Los Terremotos en Cuba y Especialmente en la Región de Santiago

Estudios Realizados para las Obras del Nuevo Acueducto Actualmente en Construcción

Por el Señor Luis Morales, Ingeniero Consultor

HACE 77 años que el último macro-sismo de importancia tuvo lugar en la ciudad de Santiago de Cuba en 20 de Agosto de 1852. De entonces acá la tierra ha temblado allí con frecuencia y poca intensidad, y los habitantes de Santiago se han despreocupado ya de esta calamidad. La frecuencia del fenómeno por una parte y su poca intensidad por otra les han hecho familiarizarse con el mismo y no considerarlo.

Ello ha sido la causa de que nadie parezca haberse preocupado de tomar siquiera algún dato relacionado con dicho fenómeno tectónico en estos últimos tiempos.

Los datos de crónicas antiguas que se encuentran suelen presentar los terremotos con colorido exagerado; pero ello no obstante no debe ser causa de que los menospreciemos, correspondiéndonos aquilatar el fenómeno en su verdadero valor, para tenerlo en cuenta en el refuerzo correspondiente en las construcciones en la región de Santiago, especialmente aquellas que por su extensión o naturaleza lo ameriten por el perjuicio que su destrucción puede ocasionar.

En este caso se encuentran las obras del Acueducto en construcción y especialmente las presas, tanques, puentes y viaductos del mismo.

La razón del aparente mayor refuerzo de estas obras comparadas con las corrientemente ejecutadas se encontrará en el estudio que sigue:

CUBA ESTUVO UNIDA AL CONTINENTE AMERICANO

CUBA estuvo unida al continente Americano durante la época pleistocena (principios del período cuaternario) según lo han demostrado de manera indubitable por la existencia de restos fósiles de grandes mamíferos pleistocenos, que no son capaces de na-

dar brazos de mar, ni pudieron por su volumen ser transportados por el hombre primitivo en sus débiles canoas, Poey en 1861: presentando en la Academia de Ciencias de la Habana una mandíbula de un gran perezoso (*Megalocnus rodens*) encontrada en los baños de Ciego Montero en la Provincia de Santa Clara; Fernández de Castro en el 4º Congreso Internacional Americanista celebrado en Madrid en 1881: presentando dos colmillos considerados de hipopótamo, pero que según el doctor Carlos de la Torre pertenecen posiblemente a un gigantesco edentado; Pedro Saltarain encontrando en las cercanías de Cárdenas en 1883 otra mandíbula y varios huesos del *Megalognus rodens*; y Carlos de la Torre en 1886: con nuevos huesos encontrados en las Casimbas de Cueiba en Remedios, en 1892 en las casimbas de Malpaes en Sagua, y finalmente reconstruyendo con las garras y otros huesos encontrados en unas casimbas de la Sierra de Jatibonico y en los baños de Ciego Montero el esqueleto completo de un gran perezoso.

Se han encontrado asimismo huesos y dientes del cocodrilo primitivo y huesos y pedazos del carapacho de una enorme tortuga denominada "Testudo Cubensis".

CUBA SEPARADA DEL CONTINENTE POR GRANDES CATACLISMOS

A fines del período cretáceo se inició en las Antillas actuales un período de actividad volcánica extraordinario, que inició una serie de trastornos geológicos seguidos de grandes diluvios que produjeron la gran denudación origen de los grandes depósitos de sedimentos terciarios durante el período oligoceno. Un cataclismo final o mejor una serie de ellos produjeron la casi total submersión de las Antillas actuales, como lo acreditan los fósiles que se encuentran en su territorio ca-

racterísticos de los grandes fondos marinos.

A fines del Oligoceno una enérgica acción tectónica fué causa del empuje orogénico y de los grandes plegamientos geológicos a que las Antillas y la América Central deben sus principales rasgos estructurales. La época de formación de estas cadenas corresponde a la del resurgimiento de los Pirineos. (P. Gutiérrez Lanza S. J. Conferencias sistológicas en la Academia de Ciencias de la Habana 1907).

Una frecuencia de trastornos sísmicos hasta la época actual han producido elevaciones y depresiones de nuestro suelo sobre y bajo el nivel del mar, en distintas épocas geológicas, aislándonos finalmente del continente tal como estamos en la actualidad.

Estos latidos aun persisten aunque con menor intensidad y se manifiestan en el volcanismo de las Antillas menores y en los terremotos de que en época histórica tenemos conocimiento en nuestro territorio.

CUBA ES UNA REGION SISMICA

EL enfriamiento de la tierra y su consiguiente contracción ha sido causa de que la corteza del planeta ceda a lo largo de dos grandes círculos del mismo, formando unas fajas de debilidad de su corteza a lo largo de las cuales se presentan en general todos los volcanes y terrenos afectados por los sismos. Estos dos círculos o fajas de mayor sismicidad terrestre son: el círculo Himalaya - Cáucaso - Mediterráneo Antillas, Centro América, Norte de Australia, Islas de Sonda; y el otro el Andino Japonés, Malayo. Estos dos círculos se cortan a un ángulo de unos 67º en Centro América y en las Islas de Sonda, que son consecuentemente los dos lugares más débiles de la corteza terrestre y los más afectados por las catástrofes sísmicas. Cuba se encuentra sobre una

de estas fajas y bastante cerca de uno de estos centros de sismicidad. Nuestra República es pues una región sísmica.

LOS SISTEMAS OROGENICOS CUBANOS

LOS cataclismos antes referidos causantes de la geología y orografía de nuestro territorio han dejado en la faja de debilidad antes mencionada las siguientes marcas que tal vez no sean indelebiles:

Una línea de cimas o anticlinal que corresponde a Cayo Sal, Varadero, Lomas de Camarioca, Pan de Matanzas, Sierra de Madruga, Escaleras de Jaruco, Tapaste Camoa, Managua, Cacahual, Anafe y la Sierra de los Organos y continua por la costa Norte de la península de Yucatán; seguida de un sinclinal o depresión que entra entre Isla de Pinos y Pinar del Río, por el golfo de Matamanó, pasa por la provincia de Matanzas por el Roque y sale por Corralillo y la Bahía de Santa Clara. La dirección aproximada de estos plegamientos es O. E. 15° al Norte. Es de notar: que a lo largo de la línea entre el anticlinal y el sinclinal antes mencionados es que aparecen los manantiales sulfurosos de San Diego, Soroa, Martín Mesa, Santiago de las Vegas, Sta. María del Rosario, Madruga y San Miguel de los Baños. Es asimismo a lo largo de esta línea que aparece el asfalto en Mariel, el chapapote en Bejucal y en la Bahía de Cárdenas y en el fondo del sinclinal se encuentran las ciénagas de Zapata al Sur y de Majagüillar al Norte y aparece petróleo en Motembo. Un segundo anticlinal entra por Isla de Pinos los cayos de los Jardines y por entre Cienfuegos y Trinidad para continuar hasta la Sierra de Jatibonico, saliendo por Cayo Romano a los Bancos de Cochinos y por la isla de Aeklin al Océano Atlántico. A este Anticlinal sigue el sinclinal que por el Sur de Isla de Pinos y los Cayos entra en Camagüey por el Golfo de Ana María y la Ciénaga de Júcaro y sale por la Ciénaga del Sabinal, dando lugar al estrechamiento de la isla entre el Golfo de Ana María y Cunagüa. El siguiente anticlinal es de poca elevación y entrando por Santa Cruz del Sur sale por el Cabo Lucrecia dando lugar a la ampliación de nuestro territorio en esta zona y continuando al océano por la Gran Inagua y la Gran Turca. El último sinclinal entra por el Golfo de Guacanayabo y sigue el valle del Cauto a salir por la Bahía de Nipe; y a este sinclinal sigue el más importante anticlinal de nuestro territorio que da origen a nuestras mayores montañas. Los modernos mapas y el mejor conocimiento de nuestro territorio permiten formar del mismo este concepto, que según

la prensa periódica ha sido indicado ya por el Dr. Massip catedrático de nuestra Universidad y mi querido compañero en la Sociedad Geográfica de Cuba.

El anticlinal de la Sierra Maestra comienza en el Banco Misterioso Lat. 19° N-Long. 84° ... de Greenwich continúan sus picos apareciendo sobre el mar en Caimán Grande, Caimán Chico y Camán Brae, entra por el Cabo Cruz y sale por la punta de Maisí.

A este anticlinal sigue una depresión bajo el mar, de tal profundidad, que debe sin duda ser una falla geológica, pues frente al pico Turquino, inmediato a la costa, llega su profundidad a más de 18,000 pies bajo el nivel del mar, lo que unido a la altura del Pico, 6,680 pies, da uno de los mayores desniveles (25,000 pies) que existen en la superficie del globo. Esta gran fosa que constituye un desequilibrio en la corteza terrestre llega hasta frente al puerto de Santiago. (Véase Plano adjunto).

Hay que hacer notar aquí que la gran sima se extiende hasta el golfo de Honduras, de donde otra rama se dirige aproximadamente a la isla de Pinos. Estos dos tajos aislan nuestra isla hasta cierto punto de los sismos que tienen lugar al S. O. de la misma en la América Central. Corriendo las ondas a lo largo de los anticlinales que del Salvador se dirigen a Jamaica al Este y a Yucatán al Norte de donde han pasado a Pinar del Río, como veremos más adelante, pero sin pasar en ningún caso al anticlinal de Santiago para ser sensibles allí como macrosismos.

TEORIA DE LOS TERREMOTOS

Según Dana, Sues y Hein.

Se deben a los plegamientos de la corteza terrestre y a la relación entre los anticlinales y fallas siendo los terremotos actuales continuación de los fenómenos de acción hipógena que produjeron los levantamientos.

La teoría más moderna los atribuye a la fuerza de expansión del vapor de agua en el interior de la corteza terrestre.

Podemos decir que ambas causas constituyen la explicación de los fenómenos sísmicos al presente.

CLASES DE SISMOS

Los sismos son Volcánicos o Tectónicos.

Los sismos volcánicos se producen:

- (1) Por erupción abortiva.
- (2) Por explosión interna.
- (3) Por derrumbamiento interior.

Los sismos tectónicos se producen:

- (1) Por dislocación.
- (2) Por deslizamiento.
- (3) Por asentamiento.
- (4) Por derrumbamiento.

LOS SISMOS DE CUBA

LOS terremotos de la parte Occidental de Cuba son de origen volcánico y tienen su hipocentro en la América Central.

Los terremotos de la parte Oriental de Cuba son de origen tectónico y pueden ser producidos por cualquiera de las tres primeras causas arriba indicadas.

En efecto: al Sur de la Provincia de Oriente hay en las profundidades del mar inmediato a la costa una dislocación terrestre, la cual puede dar origen a deslizamientos y asentamientos en sus bordes.

El terreno de formación reciente sobre el que está construida la ciudad de Santiago descansa sobre terrenos muy antiguos y el ajuste y asentamiento de los primeros puede ser la causa de los temblores de tierra más ligeros y puramente locales que allí se observan.

El terremoto de deslizamiento más fuerte y acompañado del ruido que le es peculiar también puede ocurrir en Santiago, pues la posición de los estratos calizos de Puerto Pelado y los que siguen con buzamiento hacia el Norte, esto es: perpendiculares al Maciso de diorita de la Sierra que corre paralela a los mismos, indica claramente la existencia de una falla entre la Sierra y las calizas terciarias que a su vez soportan las margas, y calizas, cuaternarias en que se asienta la ciudad. Si esta falla sigue, como es probable, a encontrar el acantilado de la profunda sima que corre a lo largo de la costa al Sur de la ciudad, tenemos a esta asentada sobre una cuña que a su vez se asienta sobre el plano inclinado de las dioritas de la Sierra con buzamiento hacia el fondo del mar; y los grandes terremotos allí producidos corresponden a deslizamientos de esta gran cuña.

Los observadores no han notado si después de los grandes temblores en Santiago la ciudad ha descendido con relación al nivel del mar; pero nosotros hemos podido observar, como lo hicimos notar en anterior informe al señor Secretario de Obras Públicas sobre el Valle de San Juan, que el antiguo cauce del río San Juan está unos 20 metros más bajo que el fondo del cauce actual.

Las ondulaciones de un movimiento sísmico se transmiten generalmente en la dirección de los anticlinales de las

montañas y por ello se cree errónea la manifestación de los testigos de Santiago cuando dicen haberles parecido notar que la onda era de S. a N. Pero si la causa de los macrosismos que allí han tenido lugar es el deslizamiento que dejamos apuntado la información de los testigos es correcta; y en los temblores por su índole local y estando en el epicentro mismo deben observarse también los movimientos de trepidación que ellos indican, de gran fuerza demoléadora, y cuya ocurrencia también se ha puesto en duda por ser este movimiento de muy escasa importancia en las ondas sísmicas transmitidas a distancia que son las más generales.

Los movimientos sísmico de Santiago por su índole y naturaleza local deben necesariamente carecer de importancia fuera del valle del Cobre y de la ciudad de Santiago, trasmitiéndose a través de la Sierra al resto del territorio con muy poca intensidad; pues la gran diferencia de densidad entre las masas de roca que forman el valle y las que forman la Sierra resulta en una gran diferencia de elasticidad en el medio de propagación y consecuentemente las ondas son reflejadas por la Sierra y solo pasan a través de ella débilmente.

Si esto es así: Las obras del Acueducto de Santiago están en la zona de mayor sismicidad, entre la ciudad y la Sierra; pero ni los túneles en la Sierra ni las presas al otro lado de la misma serán afectados por temblores de la importancia notada en la ciudad de Santiago.

SISMOS SENTIDOS EN CUBA

SEGUN datos recogidos de diversas crónicas.

San Cristóbal P. del Río.

1880. 22 de Enero. Gran terremoto que se sintió hasta Cienfuegos al Este y Key-West al Norte. Los daños fueron de consideración derrumbándose la iglesia, la cárcel y numerosos edificios. Dirección de la onda sísmica S. O. N. E. Los temblores fueron más fuertes en la zona de "Las Mangas" a "Sta. Cruz de los Pinos" en una faja de costa a costa aumentando en intensidad hacia la costa Sur.

Los temblores continuaron en esta zona hasta el mes de Mayo. El 82% de los temblores ocurrió de 6 p. m. a 6 a. m. y el 18% restante durante el día.

Este terremoto ha sido el mejor estudiado en Cuba, y puede decirse que el único, por el R. P. Viñes S. J., y por el Ingeniero Inspector de Minas de la Isla de Cuba Dn. Pedro Saltañain. Resultado de este estudio son los datos que siguen:

La onda sísmica por la dirección de caída de las torres de los ingenios y otros objetos vino del S. O. $\frac{1}{4}$ O., o sea de la dirección de la República del Salvador, donde en aquellos días sucedieron los fenómenos volcánicos y sísmicos que más adelante se indican.

La dirección general del anticlinal de Pinar del Río es de O. S. O. a E. N. E. y las rocas tienen un buzamiento al S. S. E. o N. N. O. de unos 55°-75° a uno y otro lado del eje anticlinal. En la misma dirección del eje anticlinal es que se transmitían las ondas sísmicas.

El terremoto fué menos intenso a lo largo de la cordillera aumentando la intensidad en los terrenos a ambos lados de la misma y especialmente hacia el Sur.

La intensidad varió con la naturaleza del suelo siendo mayor en los terrenos de margas y areniscas que en los más sólidos de caliza o de rocas eruptivas.

La dirección más precisa de la oscilación observada fué S. O. $\frac{1}{4}$ O. a N. E. $\frac{1}{4}$ E.

Este movimiento sísmico se relacionó con los siguientes fenómenos tectónicos y volcánicos.

1879.—Desde el día 21 de Diciembre de 1879 se observaron fenómenos volcánicos de considerable importancia en el volcán Izaleo y en el Lago Ilopango en el Salvador. Ilopango es un lago de 3 leguas de largo por 2 de ancho, a 4 leguas al Este de la Capital del Salvador y ocupa un enorme antiguo cráter de un volcán.

1880.—En este lago los movimientos fueron de E. a O. Continuaron los temblores en el Salvador y en los primeros días de Enero de 1880 ya habían sido arrasadas las poblaciones de Analco y San Miguel Tepesontes. En el centro del lago surgió una isla o cráter volcánico derramándose el lago y causando enormes destrozos sus aguas.

1880.—El 4 de Enero reventó en erupción el cráter de Boiling Lake en la isla Dominica.

El 10 de Enero hubo temblores en México.

El 13 de Enero.—Fenómenos sísmicos en St. Thomas.

El 20 de Enero.—Continuaban los temblores en San Salvador y la actividad volcánica en Ilopango se hacía más intensa. A las 11 de la noche el cono volcánico formado en el lago entró en erupción.

En la noche siguiente (del 21 al 22) la erupción iba en aumento y se oyeron las explosiones más fuertes de que ha-

ya memoria en "El Salvador5", revisitando la erupción a la noche siguiente (que fué cuando se sintió más fuerte en Cuba), un carácter inusitado.

Durante todos estos días se sintieron repetidos temblores en México aunque más débiles que en San Cristóbal.

Pinar del Río.

1852.—7 de Julio. 6 a. m. Temblor general en la Isla.

1880.—22 de Enero. Terremoto de San Cristóbal.

Habana.

1678.—11 de Febrero. Fuerte temblor en Santiago que se sintió en toda la Isla. (Andrés Pöey).

1693.—Fuerte temblor. Destruyó mil quinientas casas. (Andrés Pöey).

1777.—7 de Julio.—Casi insensible. Duró dos minutos. (A. Pöey).

1835.— (P. Viñes).

1852.—7 de Julio.—6h 30m a. m. General en toda la Isla.

1854.—

1880.—22 de Enero.—11h 05m p. m. La oscilación fué de S. O. a N. E. y duró de 10 a 12 segundos. Otro temblor a las 3h 55m a. m. del día 23.

Matanzas.

1812.—Ligero temblor. (Andrés Pöey)

1852.—7 de Julio.—7 a. m.

1854.—Maremoto.—En los primeros días de Septiembre a la puesta del sol. (Andrés Pöey).

1880.—22 de Enero.

Cárdenas.

1852.—7 de Julio.

1880.—22 de Enero.

Sagua.

1852.—7 de Julio.—7.30 a. m.

Sta. Clara.

1852.—7 de Julio.

Cienfuegos.

1852.—7 de Julio.

Trinidad.

1824.—5 de Enero.—Entre 3 y 4 a. m. temblor muy fuerte (A. Pöey).

1852.—7 de Julio.

Sta. Cruz del Sur.

1846.—28 de Abril.—Ligero temblor.

1852.—26 de Noviembre. Se sintió el temblor de Santiago.

Cubitas y la Guanaja.—Camagüey.

1837.—22 de Abril.—9 a 10 a. m. Du-

ración dos minutos precedido de un ruido sordo. (Andrés Pöey).

1852.—7 de Julio y 26 de Noviembre.

Nuevitas.

1852.—26 de Noviembre Se sintió el temblor de Santiago. (Andrés Pöey).

Bayamo.

1551.—Gran terremoto (Andrés Pöey) (Rodríguez-Ferrer).

1624.—Fuerte temblor. — (Andrés Pöey) (Rodríguez-Ferrer).

1766.—11 de Junio (Andrés Pöey).

1852.—26 de Noviembre.—A las 3h 20m a. m.—Fuerte y prolongado temblor precedido de un ruido sordo espantoso. (Andrés Pöey).

1858.—28 de Enero.

Gibara y Holguín.

1852.—26 de Noviembre y el 28 de Diciembre (dos ligeras sacudidas).

1914.—27 de Febrero.

Manzanillo.

1852.—26 de Noviembre, a las 3h 45m a. m.—Fuerte sacudida. (Andrés Pöey).

Baracoa.

1842.—7 de Mayo.—Fuertes sacudimientos en Haití con temblores en Puerto Rico St. Thomas y Santiago. Se desprendieron peñascos del Yunque y se agitó la tierra. (Emilio Bacardí).

1854.—19 de Marzo.—Andrés Pöey).

Santiago.—Oriente.

1530.—1º de Septiembre. — Fuerte temblor. (Viedo) (Andrés Pöey).

1551.—Fuerte temblor. — (Herrera) (Andrés Pöey).

1578.—Fuerte terremoto que destruyó la catedral y fué causa de que los obispos Diocesanos abandonasen a Santiago. (Pezuela II, 174). En este terremoto la ciudad se llenó de majas. (Andrés Pöey). (Rodríguez-Ferrer). (Herrera).

1624.—Octubre. — Fuerte terremoto. (Herrera) (Emilio Bacardí).

1675.—11 de Febrero. — Terremoto. (Pezuela) (Rodríguez-Ferrer) y (Andrés Pöey). Fuerte terremoto que destruyó muchas casas y agrietó los templos. (E. Bacardí).

1678.—11 de Febrero de 9 a 10 de la mañana.—Formidable terremoto que desmoronó la Capilla Mayor y parte de las demás obras de la Catedral, en construcción (Pezuela II, 175, 185).

—“El Temblor Grande” (Rodríguez-Ferrer). Muy impetuoso y perjudicial. Destruyó muchos edificios, durando media hora su mayor intensidad, y sucediéndose las sacudidas por espacio de

30 días. Este terremoto conocido con el nombre de “Temblor Grande” es uno de los mayores que ha sufrido Santiago de Cuba. (Andrés Pöey).

1679.—Huracán y Terremoto. (Andrés Pöey). (Emilio Bacardí).

1682.—Terremoto que destruyó algunos edificios. (Andrés Pöey).

1755.—Terremoto y Maremoto que inundó la ciudad. (Pezuela). (Rodríguez-Ferrer).

—1º de Noviembre—Temblor e inundaciones del mar. Este terremoto fué muy desastroso para Lisboa. (Andrés Pöey).

1757.—14 de Diciembre. A las 11 y 15 minutos de la mañana. Espantosa sacudida de un minuto de duración. En los 30 días siguientes se sucedieron los temblores. Hubo pocos daños. El terremoto no tuvo trepidación solo ondulación. (Andrés Pöey).

—En Diciembre. Fuerte, duró más de un minuto. (Emilio Bacardí).

1760.—11 de Julio. Espantoso terremoto que arruinó dos terceras partes de la ciudad sepultando en las ruinas muchas víctimas. (Andrés Pöey).

1762.—Destruyó la Catedral. (Andrés Pöey).

1766.—11 de Junio. A media noche. Violenta sacudida de 7 minutos de duración que derribó multitud de edificios; siguiéndole aquella noche otras 30 sacudidas ligeras, y a las 4 de la madrugada otra muy fuerte. Las sacudidas continuaron hasta el 1º de Agosto. (Andrés Pöey).

—Miércoles 11 de Junio.—A las 11h 45m de la noche. Duró más de un minuto. Calificado de horroroso. Arruinó y dejó por tierra casi toda la población. (Rodríguez-Ferrer).

—Temblor en Santiago. Memorable. (Pichardo).

—A media noche del 11 al 12 de Junio. Horrible terremoto que destruyó la mayor parte de los edificios inmolando muchas víctimas. El teniente Gobernador Marqués de Casa-Cagigal lo sacaron contuso y desfigurado de entre los escombros de su casa. La ciudad presentaba el aspecto de una vasta ruina y hasta sus fortalezas se resquebrajaron. Hubo que contruir barracones para refugio de las familias y soldados. De la Habana se enviaron 200 presidiarios para reparar los quebrantos de aquella gran catástrofe. (Pezuela).

1775.—11 de Febrero. Fuerte temblor. Además de destruir porción de casas volvió a resquebrajar los templos incluso el de Santa Catalina construído hacía pocos años. (Pezuela).

1791.—21 de Junio. Fuerte temblor. Pereció mucha gente. (Andrés Pöey).

1800.—14 y 15 de Septiembre. Terremoto. (Andrés Pöey).

—14 y 15 de Octubre. Terremoto.— (Pezuela).

—14 de Octubre.—Fortísimo temblor. (Emilio Bacardí).

—2 de Noviembre. Temblor. (Pezuela).

—2 de Noviembre. Temblor acompañado de huracán del S. E. y de una abundante lluvia de 6 horas. (Andrés Pöey).

1822.—Temblor en Santiago. — (Pichardo).

—8 de Mayo, por la noche. Sacudida de 30 segundos. (Andrés Pöey).

1826.—18 de Septiembre. De 3 a 4 de la madrugada. — Tres sacudidas muy fuertes de un minuto cada una, precedidas de un ruido semejante al que harían carros de mucha carga al rodar sobre un empedrado. Al ruido sucedía una terrible explosión. Sintióselas en Kingston, Jamaica. (Andrés Pöey).

—Septiembre. 4 a. m. 50 segundos de duración. Grandes averías en los edificios. (Emilio Bacardí).

1842.—7 de Mayo. 8 a. m. Derribó algunas casas y se sintió en una extensión de 1,500 millas. (Andrés Pöey). (Pichardo).

—Fuerte temblor de tierra seguido de otros sucesivos hasta el día 15. Fuertes sacudimientos en Haití, coincidieron con estos temblores, lo mismo que en St. Thomas y Puerto Rico. El movimiento se hizo sensible en Baracoa donde se desprendieron peñascos del Yunque y se agrietó la tierra. (Bacardí).

Septiembre. 3 a. m. Tres fuertes sacudidas. (Bacardí).

1843.—7 de Marzo. (Andrés Pöey).

—Marzo. 3h 45m a. m. Fuerte y largo. (Bacardí).

—27 de Mayo. Temblor en todo Oriente. (Pezuela).

1843.—7 de Mayo. Temblor en todo Oriente. (Pezuela).

—Junio. 10 p. m. Fuerte y largo. (Bacardí).

—3 de Septiembre. (Andrés Pöey).

1845.—21 de Abril. 1h 35m p. m. sacudidas ligeras con intervalos de un minuto. (Andrés Pöey)

—Mayo. 11 p. m. Fuerte y corto. (Bacardí).

1846.—Febrero y Mayo. Varios temblores bastantes fuertes y de regular duración. (Bacardí).

1847.—Diciembre. 5 p. m. Fuerte y corto. (Bacardí).

1851.—11 de Mayo. 4 p. m. Ligeras sacudidas de oscilación. Se repitieron a las 10 de la noche.

1852.—7 de Julio. Terremoto precursor del desastroso de Agosto y único que se sintió en la isla en toda su longitud. (Andrés Pöey).

—7 de Julio. Terremoto sentido en toda la isla entrando de Occidente a Oriente. (Pichardo).

—20 de Agosto. 8h 30m a. m. Espantoso temblor que llegó débilmente hasta Puerto Príncipe. (Pichardo).

—Se sintió en toda la isla. Primera sacudida de extremada violencia seguida de otras menos intensas. Otras sacudidas fuertes a las 3½ p. m. 5.20 p. m. y 9 p. m. (Andrés Pöey).

—Las sacudidas continuaron durante la madrugada del 21, a las 3 a. m. y a las 5 a. m. hubo dos sacudidas muy violentas, produciéndose una profunda oscuridad después de la última. Siguió el tiempo cubierto y lluvioso.

Las sacudidas continuaron hasta la mañana del 22 de media en media hora. A las 12h 25m del mediodía del 22 una fuerte sacudida se dejó sentir en toda la isla, otras a las 4h 50m p. m. y 9h 45m p. m. Las pérdidas se estimaron en dos millones de pesos. La Sierra Maestra al E. N. E. de la ciudad sufrió tales sacudidas que los sólidos y bajos barrancos de la finca "La Merced" cayeron derribados. La dirección del movimiento fué de N. E. a S. O. (Andrés Pöey).

—20 de Agosto. A las 9 a. m. y siguientes días hasta el 29. Desmoronó edificios y causó víctimas. Desplomó las torres de las iglesias. Resquebrajó las paredes de la catedral especialmente la del poniente y los arcos que sostienen la cúpula. Resquebrajó y dejó en ruinoso estado las torres de las iglesias de Nuestra Señora del Carmen, Dolores, S. Francisco.

Quedaron en ruinoso estado los muros de la Ermita de Nuestra Sra. del Carmen, la sacristía de la iglesia de Dolores y los arcos que sostienen el coro; las paredes y arcos interiores de la iglesia de Sta. Lucía; y la capilla del Santísimo Sacramento. La casa del Gobierno quedó tan ruinoso que hubo que derribarla. (Pezuela).

20 de Agosto. 8.30 a. m. Fuerte terremoto. Hubo nueve temblores hasta las 2 de la madrugada, continuando los temblores hasta el día 25. Ocurriendo otro tan fuerte como el primero el día 31, siguiéndole fuertes aguaceros y vientos huracanados. Los habitantes de la ciudad huyeron a los campos o a los

buques anclados en Bahía. (Emilio Bacardí). Hubo desperfectos de importancia en 672 edificios particulares y quedaron en estado de ruina: La Catedral, las Iglesias de Dolores, Trinidad, San Francisco, el Carmen, Sta. Lucía, Sta. Ana, Belén; la casa de Gobierno; casa Arzobispal; Seminario; Intendencia; Aduana Hospital y Teatro. La Reina Isabel donó \$100,000 y de la Habana se enviaron 50 presidiarios y \$50,000 para ayudar a los damnificados y en las reparaciones. (Emilio Bacardí).

1852.—Octubre. Varios temblores durante el mes. (Andrés Pöey).

—Octubre 4 y 5.—Fuertes temblores. (Emilio Bacardí).

—Nov. 14.—6 p. m. y 11 p. m. Fuertes temblores (Emilio Bacardí).

—Nov. 15.—1 a. m. Ligeros temblores. (Emilio Bacardí).

—Nov. 22.—Regular intensidad. (Emilio Bacardí).

—Nov. 26.—3 a. m. Largo y fuerte. Duró 2 segundos desplomándose varias casas.—(Emilio Bacardí).

—Nov. 26.—3h 15m. Violenta sacudida seguida de oscilaciones que fueron disminuyendo en intensidad. Seguida de una trepidación que destruyó numerosos edificios. Dirección N. S. franco.

Hasta Noviembre 30 se estuvieron viendo sacudidas dos o tres veces al día quedando la ciudad desierta y arruinados la mayor parte de sus edificios. Hubo pocas desgracias que lamentar.

A las 3.15 a. m. temblor horrible en la Sierra Maestra con 11 sacudidas en una hora y tres cuartos repitiéndose el día 29.

Este temblor fué más fuerte y largo que el de los días 20 y 21 de Agosto. Primera fuerte sacudida a las 3h 25m a. m. seguida de otras a las 4 a. m., 8h 30m a. m. contándose hasta 11 sacudidas en 65 minutos. 12 y 23 fuerte sacudida. 2 y 30 más débil. 5h 15m p. m. Choque y ruido violento. 8h 15m p. m. más débil. (Andrés Pöey).

—Noviembre 26.—Oscilación de gran intensidad de N. a S. (Pezuela).

—Nov. 27.—Nuevas sacudidas. (Andrés Pöey).

—Nov. 28.—4.20 p. m. fuertes sacudidas. (Andrés Pöey).

—Nov. 29.—Fuertes sacudidas. (Andrés Pöey).

—Diciembre 14.—Sacudidas que continuaron hasta el 17. (Andrés Pöey).

1853.—Diciembre 29.—1 a. m. ligera sacudida. (Andrés Pöey).

—Diciembre 30. 6. a. m. ligera sacudida precedida de un ruido prolongado. (Andrés Pöey).

1854.—Marzo 16. 1 a. m. Intensa y prolongada sacudida. Duró 10 minutos. (Andrés Pöey).

Marzo 16.—5y 45 a. m. Gran ruido subterráneo. (A. Pöey).

Septiembre 26.—Ligero. (A. Pöey).

Septiembre 27.—Ligero. (A. Pöey).

1855.—Enero. Ligero. (Andrés Pöey)

—Feb. 20.—7 a. m. Fuerte. Dos oscilaciones. (Andrés Pöey).

—Abril 24.—11½ p. m. Ligero. (Andrés Pöey).

—Mayo 11.—10½ a. m. Ligero con ruido. (Andrés Pöey).

1857.—Abril. 5½ p. m. Bastante intenso. (Bacardí).

1858.—Enero. 5 p. m. Fuerte temblor. (Bacardí).

1860.—Abril. 5½ a. m. Fuerte temblor. (Bacardí).

1861.—Abril. Fuerte temblor. (Bacardí).

1862.—Agosto. Temblor de bastante intensidad. (Bacardí).

De esta última fecha a nuestros días los temblores en Santiago no han sido de consideración y no encontramos crónicas de los mismos.

SANTIAGO DE CUBA ESTA SOBRE UN EPICENTRO SISMICO

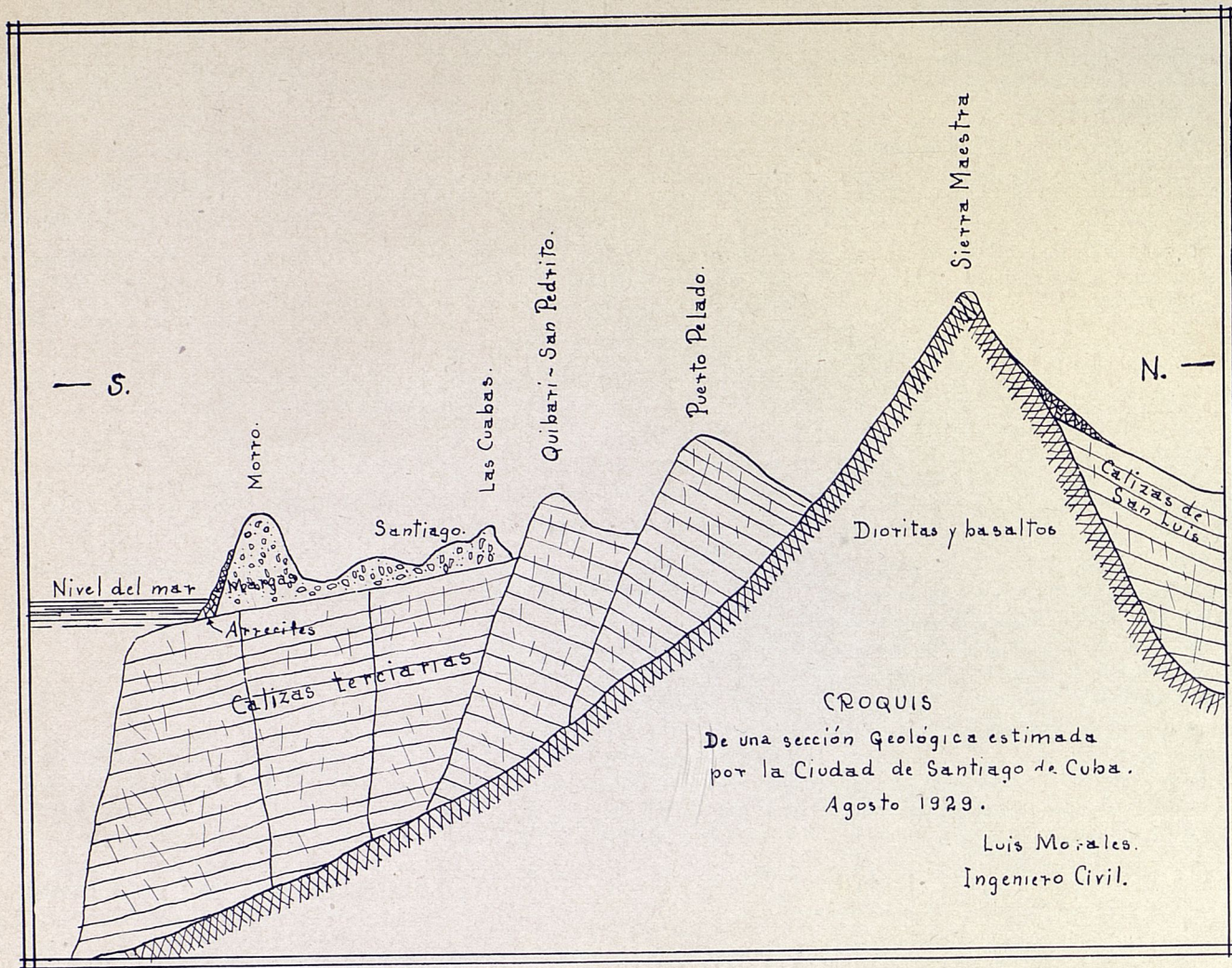
Los temblores de tierra en Santiago son por lo general puramente locales. Solo los terremotos de mayor intensidad allí sentidos han podido relacionarse con los de las otras Antillas Mayores próximas.

Así vemos que durante todo el año de 1751 hubo constantes y fuertes temblores en la isla de Santo Domingo sin que en ninguna de las crónicas sísmicas aparecieran haberse sentido en Santiago de Cuba dichos temblores.

El gran terremoto de Lisboa de 1º de Noviembre de 1775 que produjo un gran maremoto con enorme elevación de las aguas, que fué sentido en todo el mundo, y por consiguiente en las Antillas. 8 horas después de la catástrofe llegó la ola marina a las Antillas produciéndose en Santiago una elevación del agua en la bahía de 5 pies, que inundó la parte baja de la ciudad, repitiéndose el flujo y reflujo 64 veces de las 2 de la tarde a las 10 de la noche. (A. Pöey).

La gran sacudida de 11 de Junio de 1766 en Santiago también se sintió en Bayamo y en Jamaica.

El terremoto de 1766 acompañado de huracán también se sintió en Martiniaca y Guadalupe. El temblor de 1842 (7 de Mayo). También fué de gran



radio, sintiéndose desde Puerto Rico hasta las Montañas Rocallosas en California.

En 1843 (8 de Febrero). Hubo un temblor que se sintió desde el Brazil hasta Charleston, Washington, y Vermont, que no aparece registrado en Santiago de Cuba.

El temblor de 7 de Julio de 1852, sentido en toda la isla, también se sintió en Jamaica.

El gran terremoto de 20 de Agosto de 1852 en Santiago, también se sintió en Jamaica, coincidiendo con una erupción del Monte Etna. Las sacudidas en este temblor en Jamaica fueron de N. a S. Los temblores continuaron como en Santiago, sintiéndose en Jamaica, los días 21 y 22 de Agosto, y en Sto. Domingo los días 28 y 29.

El fuerte terremoto del 26 de Noviembre de 1852 en Santiago fué también de N. a S., a las 3h 25m de la mañana, y se sintió en Jamaica, fuera del territorio nacional; habiéndose sentido oscilaciones en Bayamo, Manzanillo, Holguín, Nuevitas, Camagüey y Santa Cruz del Sur.

Fuera de estos casos los sismos vol-

cánicos tan frecuentes en las Antillas Menores no parecen sentirse en Santiago, si acaso como microsismos.

Solo se sienten allí sismos tectónicos; y estos solo en los macrosismos más notables, han sido sensibles en un área que incluye a Jamaica o Sto. Domingo, las islas más próximas.

El Prof. Keilhaeck del Instituto Geológico de Berlín estudiando numerosas estadísticas ha podido deducir de ellas: que los terremotos que no se sienten como microsismos a 500 kilómetros, o como macrosismos a 200 kilómetros de su epicentro, en el cual tienen una intensidad inferior a VI, son terremotos locales cuyo hipocentro es muy superficial.

Y como este es el caso de Santiago, ello viene a confirmar nuestro criterio anterior respecto a la localización del foco y causa del fenómeno en aquel lugar.

CONDICIONES GEOLOGICAS DE SANTIAGO DE CUBA FAVORABLES A LOS TERREMOTOS LOCALES

Las condiciones geológicas de Santiago en el centro de un valle de hundimiento inmediato a un mar profun-

do y que dejamos consignadas en nuestro anterior informe a esa Secretaría, sobre las condiciones geológicas del Valle de San Juan, son las que aparecían en un croquis en dicho informe que aquí reproducimos.

Grandes prismas calizos terciarios de dislocación, resultantes de la intrusión de la diorita y el basalto que levantaron la Sierra Maestra, diorita y basalto que en su estado de magma esta caliza aguantó lejos de la costa en este lugar, escalonados desde el de Puerto Pelado primero, el de San Pedrito y Quibari después, y luego hasta el que termina la meseta de la isla a alguna distancia de la costa, donde cae la sonda abruptamente, forman el valle de Santiago. Tiene este valle unos 12 kilómetros de profundidad desde la costa, de Norte a Sur, por unos 30 kilómetros de largo de Este a Oeste a lo largo de la Costa, y en el centro de él aproximadamente están la Bahía y la ciudad de Santiago.

Los bloques indicados no forman terrazas por tener un marcado buzamiento al Sur, casi perpendicular a la Sierra, a excepción del más bajo o de los más bajos, que sumergidos en el mar durante épocas geológicas anteriores

fueron desgastados y aplanados depositándose sobre ellos los residuos de esta erosión en forma de margas, que forman las colinas de las Cuabas al Norte de la Ciudad, de San Juan al Este, la del Morro Aguadores al Sur y el terreno de la propia ciudad, durante un período de inmersión que fué seguido de uno de emersión, en que los corales completaron la labor diluvial y del mar formando el duro seboruco de la costa que protege de la erosión costera actualmente las margas en que creció.

Este suelo de Santiago así constituido es según todas las autoridades en sismología el suelo sísmico por excelencia.

El Dr. Keilhack Director de Sección en el Instituto Geológico de Berlín, en su obra sobre Geología, escrita en colaboración con numerosos geólogos de reconocida competencia se expresa así:

“Los suelos tobáceos y arenosos, tan poco resistentes, así como los depósitos fluviales y conos de aluvión, son peligrosísimos para los terremotos.— En aquellos sitios donde materiales incoherentes descansan en delgada capa sobre una base rocosa, los efectos de los terremotos se dejan sentir con mayor viveza, porque las masas elásticas se agitan como la arena en el conocido experimento de las placas vibratorias. Según la experiencia, los efectos de los terremotos no se manifiestan con tanta intensidad en las alturas de roca como en el fondo del valle cubierto de aluvión”...

Tenemos aquí pues descrita por tan eminentes autoridades el caso típico de Santiago de Cuba, y continúan de esta manera:

“Los macisos arcaicos suelen obrar como escolleras donde se rompen las ondas sísmicas y se detienen, no alcanzando así a las comarcas situadas tras aquellos, que se encuentran, valga la frase, en la sombra sísmica”.

Este es el caso de la Sierra Maestra en Santiago de Cuba.

La poca extensión de los sismos en Santiago demuestra que el hipocentro está poco profundo y que el epicentro cae en el propio valle de Santiago.

Los terremotos que tienen su origen en hipocentros lejanos se trasmite su onda a lo largo de los ejes anticlinales, lo que en Santiago tendría lugar de Este a Oeste, y los observadores todos están contestes en que las ondas sísmicas en Santiago son de N. a S., es decir: en dirección perpendicular al eje anticlinal de la región; circunstancia esta que comprueba otra vez lo inmediato del hipocentro de estos terremotos y su naturaleza local; salvo en contadas ex-

cepciones en que los terremotos observados han provenido de un hipocentro lejano; pero en estos casos no han sido verdaderos macrisismos sino más bien microsismos; lo que resulta lógico dada la profunda sima marina que separa la costa Sur de Oriente de los centros sísmicos volcánicos antillanos.

PERIODICIDAD DE LOS SISMOS

LOS observadores en todas partes del mundo han creído notar cierta periodicidad en la ocurrencia de los sismos y especialmente los tectónicos.

El ejemplo de la regularidad en la acumulación y escape de energía en la corteza terrestre de que nos dan muestra los geisers parece repetirse aunque en períodos más distantes y menos regulares en los sismos tectónicos.

Los miembros de la comisión que estudió el gran terremoto de San Francisco de 1906 creen existe para dichos fenómenos en aquella región una periodicidad de alrededor de 50 años.

La Comisión Imperial de Investigaciones Sísmicas del Japón estima para los grandes terremotos de aquel país una periodicidad de unos 60 años.

Para el Kilauea (Hawai) la periodicidad eruptiva es de 130 años.

Similarmente: considerando las crónicas de los sismos en Santiago de Cuba vemos que han ocurrido los más fuertes terremotos en los años de 1578, 1678, 1766 y 1852 con intervalos de 100, 88 y 86 años respectivamente. Si ello puede tomarse como indicio de periodicidad en este caso, el próximo terremoto debe ocurrir en la próxima década.

LA ACELERACION EN LOS TERREMOTOS

OMORI (sismólogo Japonés) y Cancani (Italiano) han propuesto medir la intensidad de los sismos según la aceleración máxima impartida por la sacudida a la partícula terrestre vibrante expresada en milímetros por segundo, por segundo.

La intensidad de una sacudida sísmica es una función de las dos variables amplitud y período, esto es de la aceleración.

Según la fórmula del péndulo

$$t = \tilde{\eta} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

y tratándose de vibraciones dobles

$$T = 2 \tilde{\eta} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

y sustituyendo en lugar del largo del

péndulo su arco correspondiente, esto es la amplitud de la oscilación (a), y en lugar de la aceleración de la gravedad la aceleración sísmica A tenemos

$$T^2 = \frac{4\tilde{\eta}^2 a}{A}$$

de donde la aceleración sísmica

$$A = \frac{4\tilde{\eta}^2 a}{T^2}$$

en la cual (a) es la amplitud de la vibración del suelo y T la duración de una vibración completa o doble período.

Y como la duración de una vibración está en razón inversa al número de vibraciones en la unidad de tiempo, la fórmula precedente puede escribirse

$$A = 4\tilde{\eta}^2 a n^2$$

en la cual (n) es el número de vibraciones por segundo.

Por consiguiente si en un sismograma medimos que con un período de 1 segundo la amplitud de la doble oscilación es de 100 m.m., entonces tenemos:

$$A = 50 \left(\frac{2\tilde{\eta}}{T} \right)^2$$

Esta aceleración es a la que nos referimos más adelante en este trabajo.

Si no existen sismogramas es posible determinar la aceleración horizontal del movimiento de la tierra observando la distancia a que ha sido movido el centro de gravedad de distintos objetos, por la fórmula

$$A = \frac{x}{y} g$$

en la cual (g) es la aceleración de la gravedad en el lugar, (x) es la distancia de la vertical por el centro de gravedad a la esquina de giro del cuerpo al caer; (y) es la altura del centro de gravedad del cuerpo sobre la propia esquina de giro.

En Santiago no hemos podido venir en conocimiento, no solo de ningún sismograma, sino que tampoco de ninguna observación de la naturaleza indicada en el párrafo anterior.

En cualquier caso la fuerza ejercida por un terremoto sobre una estructura puede expresarse en términos del peso de la estructura en la relación

$$F = W a/g$$

denominándose el coeficiente a/g coeficiente sísmico.

En una aceleración de 2,000 m.m./seg.² el coeficiente sísmico será

$$K = \frac{2000}{9800} = 1/5$$

de manera que la fuerza total del sismo será 1/5 del peso de la estructura.

En el gran terremoto de Nagoya Japón en Oct. 28/1891 se registró el mayor coeficiente de que se tiene noticias; esto es 1/3.

INTENSIDAD Y ACELERACION DE LOS SISMOS

BASADA en las escalas de Rossi-Forel, Omori, Mercalli y Cancani.

Escala	Aceleración en m.m./seg. ²	INTENSIDAD
I	- - 5	Imperceptible al hombre (1)
II	5 - 25	Ligero (2)
III	25 - 50	Algo fuerte (3)
IV	50 - 100	Fuerte (4)
V	100 - 250	Muy fuerte (5)
VI	250 - 500	Ruinoso (6)
VII	500 - 1000	Destructor (7)
VIII	1000 - 2500	Muy destruido (8)
IX	2500 - 5000	Cataclismo (9)
X	más de 5000	Gran cataclismo (10)

(1) Sensible solo en los sismógrafos.

(2) Notado por personas nerviosas o sensibles como la trepidación que produce el paso de un carro. La mayoría de las personas se dan cuenta después de un cambio de impresiones de que han sentido un terremoto. Las personas que se encuentran al aire libre no siempre se dan cuenta del fenómeno, que es más sensible en el interior de las casas: por el ruido de los muebles, de las vajillas en los armarios, de las vidrieras, etc.

(3) Sensible a todas las personas.

Despiertan los durmientes.

La conmoción en los edificios es notable, se recibe la impresión de que ha caído en la casa un objeto pesado.

Los muebles se mueven como si estuvieran a bordo de un barco con marejada.

Los arbutos y ramas de los árboles se agitan ligeramente como si soplara brisa.

Todos los objetos suspendidos, cortinas, lámparas, etc., se mueven pendularmente.

Los relojes de péndola se paran o bien oscilan con amplitud mayor, según que la onda sísmica haya sido normal o en el sentido de la oscilación del péndolo.

Los objetos apoyados en las paredes se caen, y baten las puertas y ventanas.

La luz eléctrica parpadea.

(4) Pánico general. Se abandonan las casas y las personas creen caer al suelo.

Los líquidos se agitan fuertemente en las vasijas; los cuadros se desprenden de las paredes; se caen al suelo los libros y objetos colocados en estante; algunos muebles se caen. Suenan las campanas chicas de las iglesias. En los edificios de sólida construcción se advierten finas grietas en los enlucidos, que tanto en el techo como en las pa-

Las construcciones hechas para resistir terremotos no sufren perjuicio alguno; casas de madera con refuerzos transversales; de piedra bien amarradas; y las de emparrillado con empujado.

(6) Los troncos de los árboles, y principalmente de las palmeras oscilan fuertemente y aun llegan a troncharse.

Los muebles más pesados son despedidos a considerable distancia de su posición habitual, o bien se desploman.

Las estatuas próximas al suelo, y esculturas análogas, de las iglesias, cementerios y lugares públicos, giran sobre sus basamentos o caen.

Se desgarran y caen los ornamentos de piedra y sólida construcción.

Las casas bien construídas sufren serios desperfectos: se agrietan las paredes, y las paredes aisladas se cuartejan por completo; la mayor parte de las chimeneas de las casas se caen; las casas de mampostería y las torres de las iglesias, quedan tan resentidas que ofrecen peligro. La chimeneas de las fábricas se agrietan y se desplaza su parte superior.

En los edificios de almacén de madera se sale casi todo el relleno.

Las casas de madera quedan desquiciadas o completamente caídas.

Los edificios de ladrillos construídos para resistir los terremotos experimentan ligeros daños, como grietas, desmenuzamiento del enlucido, etc. Las cercas de madera se rompen.

En las pendientes muy fuertes se producen ligeras grietas, y en las zonas muy húmedas del suelo brotan aguas que contienen pequeñas cantidades de arena o de Cieno.

(7) Muchas casas de sólida construcción de cantería sufren daños de consideración que las hacen inhabitables; alguna que otra se desploma o derrumba en gran parte.

Las casas de almacén de madera se desprenden de su basamento de mampostería; se desquician y muchas de las grampas de los bastidores se parten, con lo que casi siempre queda todo el edificio fuertemente resentido.

Las construcciones de piedra hechas ya con miras a los terremotos experimenta graves alteraciones; el basamento de las casas de madera se agrieta y salta por algunos sitios y las viejas edificaciones de este tipo se desploman por entero.

(8) La mayor parte de las casas de cantería y de almacén de madera con

redes permiten arrancarlo en pequeños trocitos. En las casas de no muy buena construcción los daños son más considerables; pero nunca llegan a tener graves consecuencias.

(5) Se caen los muebles pesados en las casas.

Suenan las campanas grandes de las iglesias. Caen tejas y pedazos de cornizas de los edificios.

Se ven olas en los ríos, estanques y lagos, que se enturbian por la remoción de sus fondos.

En los pozos cambia el nivel de las aguas.

Desperfectos de consideración en los edificios bien construídos; grietas ligeras en las paredes; desmenuzamiento del enlucido en grandes extensiones. Las chimeneas se agrietan; caen piedras y placas de los techos. Caen de lo alto de las torres y edificios elevados los ornamentos mal anclados.

En las casas de almacén de madera rellena con mampostería se producen desperfectos intensos.

Los edificios viejos y de mala construcción experimentan serios trastornos; las casas de adobe; las tapias viejas; los cobertizos; y las torres de las iglesias reciben daños de gran consideración.

relleno de mampostería son destruídas desde sus cimientos y los muros de ladrillos se agrietan fuertemente.

Los mejores edificios y los puentes de madera sufren considerables desperfectos y algunos son totalmente destruídos.

Diques, muros de contención etc., sufren perjuicios de mayor o menor importancia.

Se curvan los rieles del F. C.; se rompen los conductos de agua y gas; se agrieta el pavimento de las calles y se pliega.

Se desprenden masas rocosas de las montañas. Cambia el nivel del agua de los pozos. Fuertes olas en los lagos, ríos y canales.

(9) Caen todas las edificaciones de mampostería solo alguno que otro de los edificios mejor construídos queda en pie.

Quedan destruídos todos los puentes por segura que sea su construcción partiéndose las pilastras de piedra y retorciéndose las de hierro. Resisten mejor los puentes flexibles de madera.

Los diques y muros de contención se agrietan en grandes extensiones.

Los rieles de las vías férreas se retuercen y amontonan.

Los conductos de agua, gas, etc., se parten y quedan inservibles.

Se producen anchas grietas en el suelo blando, dislocaciones y deslizamientos. Brota del suelo agua con fango.

Grandes aludes en las montañas.

(10) Ninguna obra humana queda en pie.

En los suelos de rocas fuertes se producen grandes fallas y desplazamientos.

Los derrumbes en las montañas y orillas de los ríos son intensos y generales. Cambian de curso los ríos, etc.

INTENSIDAD Y ACELERACION A CONSIDERAR EN SANTIAGO DE CUBA

SEGUN las relaciones en las crónicas de los testigos presenciales de los terremotos en Santiago y teniendo en cuenta: el pánico que se apodera de las personas no acostumbradas a terremotos intensos; la consecuente exageración en las descripciones; la más ímproba construcción de los edificios en Santiago por la fecha en que ocurrió el ruinoso terremoto de 1852: casi todos de mampostería con mala mezcla y sin trabazón adecuada, con los tabiques interiores de madera o ligeros, sin que ofrez-

can amarre a la estructura, tipo erróneo de construcción para terremotos (seguido en Santiago), según lo ha demostrado la experiencia en otros lugares; y si consideramos asimismo que la palabra desplome usada frecuentemente en las crónicas antiguas lo es en su verdadero sentido y no en el erróneo que le venimos dando actualmente, y que significa por tanto: salirse del plomo, pero no caerse; pues en estos casos vemos que los cronistas antiguos usan la palabra derrumbarse; tenemos que los terremotos en Santiago, no parecen haber pasado, en época histórica, de una intensidad VI o sea de una aceleración no mayor de 500 m.m./seg.2.

Con vista de ello para el refuerzo contra sismos en el diseño de las obras hemos considerado el doble de esta aceleración o sean 1000 m.m./seg.2. Aceleración esta que creemos seguramente no alcanzará nunca ningún sismo en Santiago, y que por tanto ofrece absoluta seguridad, aun para una obra de tan capital importancia como lo es el acueducto de la Ciudad.

EFFECTOS DE LOS TERREMOTOS

UNO de los terremotos mejor estudiado ha sido el de Abril 18 de 1906 en la ciudad de San Francisco de California y su zona adyacente, por una numerosa y competente comisión de ingenieros que llegó a las siguientes conclusiones:

Comité de Geología:

(1) El terremoto de Abril 18 de 1906, se debió al desahogo (relief) de esfuerzos (stresses) acumulados en la corteza terrestre, por un movimiento a lo largo de un plano de falla conocido.

(2) Si bien el tiempo en que ocurrirán tales fenómenos no puede predecirse, el desahogo de los esfuerzos acumulados da una seguridad razonable de quedar el área afectada libre de la recurrencia de sacudidas de similar intensidad, por algún tiempo probablemente no menor de 50 años.

(3) Por razón de la existencia de numerosas fallas en California, por las cuales los esfuerzos de la corteza terrestre pueden desahogarse cuando llegan al punto peligroso, no son de esperar terremotos de mayor intensidad que el ocurrido recientemente.

(4) Los desastrosos resultados en las construcciones fueron debidos principalmente a defectos en la seguridad de la construcción corriente; y si se acepta en el futuro la experiencia de este caso estimamos: que la costa del Pacífico puede hacerse segura para habitación y

como campo de inversión en lo que a los efectos de los terremotos se refiere.

Comisión de Edificaciones:

(1) Los edificios diseñados para resistir una presión de viento de 30 #/sq. ft. resisten con seguridad los esfuerzos causados por una sacudida de la intensidad sentida en San Francisco.

El primer requisito de una estructura para resistir temblores es la elasticidad. Edificios con armazones de acero, hormigón armado, o madera responden perfectamente a este fin, y en el orden indicado. Edificios de piedra, ladrillos o bloques son inadecuados.

Las cimentaciones bien construídas no son afectas.

Comisión de Acueductos:

(1) Deben evitarse las fallas, cuando sea posible, en el emplazamiento de las estructuras importantes de los acueductos, prestando a esto más atención que en el pasado.

(2) Las presas de tierra bien diseñadas y construídas son estructuras que han probado en el terremoto de Abril 18 de 1906 que son de gran estabilidad y que merecen mejor confianza.

(3) Las presas de hormigón de sección de gravedad son capaces de resistir sacudidas de gran intensidad sin dañarse.

(4) Los embalses de distribución, bombas y tanques elevados bien cimentados y diseñados son capaces de resistir sacudidas de una intensidad que destruiría la mayor parte de los edificios.

(5) Las tuberías y conductos de cualquier naturaleza que sean fallarán seguramente si son interceptados por una falla o plano de gran movimiento, y al escoger el emplazamiento de esta parte de las obras es prudente, en tanto como sea posible, evitar los lugares sujetos a tales movimientos.

En el sistema de distribución de la ciudad las tuberías principales del abasto deberán emplazarse en rutas escogidas por su estabilidad; y las áreas de posibles serios disturbios sísmico deberán egresarse del sistema general en forma que puedan ser fácilmente aisladas del mismo.

Deben colocarse suficiente número de válvulas bien distribuídas para poder aislar diferentes secciones; válvulas que deberán mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento.

Las tuberías principales del abasto deberán ser duplicadas y en rutas bien separadas una de otra.

(6) Debe mantenerse tan cerca como sea posible del centro del consumo una gran reserva de agua.

Deben usarse tipos de estructuras de diseño sólido.

Las condiciones Geológicas de San Francisco son bastante similares a las de Santiago de Cuba.

REFUERZOS DE LAS ESTRUCTURAS CONTRA SISMOS

LAS obras del Acueducto han sido todas debidamente reforzadas contra una aceleración sísmica de 1000 m.m./seg./seg., que, como decimos anteriormente, se estima es el doble de la máxima sentida en Santiago de Cuba.

LOS TANQUES: Los tanques tienen las paredes con refuerzos horizontales y verticales de manera de poder resistir esfuerzos diagonales, que en los sismos se han comprobado existen, y pueden resistir una moderada flexión en un plano vertical sin abrirse. La resultante de la aceleración en la parte superior de la pared, correspondiente al propio muro, al prisma de tierra detrás de él, y al techo y tierra que lo cubre, se lleva al suelo por medio de contrafuertes adecuados a lo largo de la parte interior de las paredes; estos contrafuertes ayudan también a mantener la pared en alineación. El techo se ha amarrado a las paredes y las vigas del mismo sirven también de columnas para transmitir el empuje correspondiente a la aceleración sísmica sobre las paredes, en la parte superior de una pared, a la opuesta. El empuje de la aceleración sísmica sobre las masas de tierra y del tanque (vacío, condición más desfavorable) tiene una resultante en la base de los muros que es transmitida al suelo conjuntamente con la de la parte superior, transmitida por los estribos, y ampliamente distribuida por medio de columnas horizontales a la base de los pilares, y por medio de vigas horizontales entre estas bases.

Todas las columnas que soportan el techo están ampliamente reforzadas con acero contra la flexión y contra los esfuerzos cortantes producidos por las aceleración sísmica. Las bases de columnas no se unieron entre sí para darle mayor flexibilidad al conjunto.

LOS PUENTES: Tienen construcciones especiales para permitir movimientos limitados. Las pilas, como las columnas de los tanques, están reforzadas contra los esfuerzos cortantes que produce la aceleración sísmica. La masa y altura de los estribos se ha reducido a un mínimo transmitiéndose los esfuer-

zos y empujes de las vigas y superestructura directamente al suelo. Los aletones están en ángulo recto con el banco del estribo, al cual refuerzan, transmitiendo a su vez los esfuerzos longitudinales de la masa de la superestructura y evitando su desplazamiento. Las pilas se han ampliado lo suficiente lateralmente para darles más estabilidad, lo mismo que los aletones, que a su vez se han empotrado sólidamente en el suelo y terraplen en una cabeza, y se han amarrado al estribo en la obra.

VIADUCTOS: Los viaductos se han construido como los puentes, de hormigón armado y de tipo similar; excepto un viaducto que hemos diseñado de arcos continuos de dos articulaciones, como estructura especial para sismos y por vía experimental; a fin de conocer su comportamiento por comparación con los demás. Nos llama la atención que estructuras de este tipo no hayan sido más frecuentemente usadas en regiones sísmicas; por lo que al adoptar como tipo general las vigas de hormigón armado nos atenemos a la práctica y a lo que se recomienda para estos casos al presente.

LAS EDIFICACIONES: Todas llevan sunchos de cabillas de acero en arquitebros corridos sobre los cerramientos de las puertas y ventanas evitando así se abran las paredes por su parte superior o se desplomen.

Todos los edificios son lo más bajos posibles y bien cimentados.

Allí donde lo requieran llevarán refuerzos verticales contra los esfuerzos horizontales de la aceleración sísmica.

LOS CONDUCTOS Y TUNELES: No han sido especialmente reforzados contra terremotos por cuanto estas estructuras bajo el suelo la experiencia ha demostrado que sufren poco en general y que solo son afectados en caso de ser cortados por un plano de movimiento, en cuyo caso todo refuerzo es inútil, no estando pues justificado ningún refuerzo especial en este caso; aparte de que todo conducto puede ser rápida y fácilmente reparado cuando llegue el caso, y a poco costo.

Los lugares más peligrosos y de posibles fallas son los fondos de los valles entre los tanques y Puerto Pelado. En estos lugares el acueducto lo constituyen **LOS SIFONES** de tuberías de hierro fundido con juntas emplomadas, cuya construcción ofrece por sus juntas suficiente flexibilidad. En caso que un plano de movimiento cortase a uno de estos sifones y rompiese algún tubo este puede ser fácilmente sustituido en breve tiempo sin que ello constituya

una catástrofe. Todos los sifones pueden aislarse fácilmente por compuertas adecuadas que se han provisto.

El terreno peligroso del emplazamiento, como queda dicho, es el valle entre la ciudad de Santiago y la cascada en la Loma de la Cruz. De aquí en adelante el conducto está sólidamente empotrado en el macizo de la Sierra que sísmicamente ofrece poco peligro en esta localidad.

Ambos túneles tanto el de la 'Loma de la Cruz' como el de la Sierra creo no están amenazados por los sismos.

LAS PRESAS: al otro lado de la Sierra están en terreno más consolidado y que sísmicamente ha llegado a su condición de estabilidad.

Las presas serán de sección de gravedad debidamente aumentada para los empujes sísmicos. Longitudinalmente, no siendo posible reforzarlas, las presas serán hechas de sección circular y en bloques independientes articulados, de manera que tenga la mayor estabilidad posible y tienda a cerrarse por sí misma en caso de movimiento. La destrucción completa será imposible, y en el caso tra los movimientos sísmicos; el refuerzo que consecuentemente aparece en las más grave cualquier junta puede rellenarse con derretido a presión, y aun reconstruirse un bloque si fuera necesario.

LAS anteriores consideraciones justifican: la necesidad de adoptar en Santiago las debidas precauciones con estructuras diseñadas para el acueducto en construcción de dicha ciudad; y nuestro criterio de una economía sana dentro de la realidad, cual corresponde según los verdaderos principios de la ingeniería.

LUIS MORALES,
Ingeniero Consultor.

- AUTORIDADES CONSULTADAS**
- Rodríguez Ferrer.**—Naturaleza y Civilización de la Isla de Cuba.
- Pichardo.**—Geografía de Cuba.
- La Sagra.**—Historia de la Isla de Cuba.
- P. Gutiérrez Lanza.**—Conferencias Sistemológicas.
- Pezuela.**—Diccionario Geográfico.
- Obispo Morell de Sta. Cruz.**—Historia de la Isla y Catedral de Cuba.
- P. Viñes.**—El terremoto de S. Cristóbal en 1880.

Emilio Bacradi.—Crónicas de Santiago de Cuba.

Andrés Poey.—Cuadro Cronológico de los temblores de tierra sentidos en Cuba.

Saltrarain.—Ligera reseña de los temblores de tierra ocurridos en Cuba.

Julio Jover.—Sismología de la Región Oriental de Cuba.

Report of General Committee on the San Francisco Earth Quake of 1906.

Prof. Conrado Keilhack.—Geología.

Prof. Giov. Batt. Alfano.—Sismología Moderna.

Y numerosos folletos y artículos en Revistas de Ingeniería y Transactions de la American Society of Civil Engineers.

MAPAS CONSULTADOS

Mapa de Cuba.—Por el Prof. C. F. Byland-Fritschy.

Mapa de las Indias Occidentales, Centro América, Golfo de México y Mar Caribe de la Oficina Hidrográfica de la Marina de los Estados Unidos.

Mapa de los países del Caribe.—De la Sociedad Geográfica Americana.



PD
PATRIMONIO
DOCUMENTAL