
2.—SEISMOGRAFIA

Introducción

El Servicio Seismológico Nacional que funciona bajo la dirección del Instituto Geológico de México, está en un período de evolución rápida: la instalación de nuevas estaciones, la adquisición de instrumental moderno, la uniformidad de métodos empleados para el estudio y la reglamentación, que abarca desde el cuidado de los instrumentos hasta la publicación oportuna de los trabajos y de los catálogos hechos en este departamento del Instituto Geológico, merecen la atención cuidadosa de la Dirección. El material de que disponemos para hacer el estudio seismográfico del temblor del 19 de Noviembre de 1912, nos lo han proporcionado las estaciones siguientes: la Central en Tacubaya, las de primer orden establecidas en Mérida y Zacatecas y las de segundo orden en Guadalajara (provisional), Mazatlán y Oaxaca. No constan en nuestro estudio los datos obtenidos en las estaciones extranjeras porque hasta la fecha pocas publicaciones hemos recibido que contengan el análisis de los diagramas del 19 de Noviembre y no tenemos un solo seismograma extranjero en nuestro poder.

Cuando ocurre un movimiento intenso, la Estación Central tiene la obligación de proporcionar a la mayor brevedad los siguientes datos, deducidos de las lecturas de los diagramas: hora en tiempo civil de Tacubaya, del principio de las fases del movimiento; distancia y rumbo al epifoco e intensidad del movimiento en Tacubaya. El estudio de un macroséismo empieza, pues, en la Estación Seismológica y esto se explica porque el interés científico y la curiosidad vulgar plantean desde luego las preguntas de ¿dónde fué el temblor? ¿en qué lugares alcanzó su intensidad mayor? Algunas veces ocurría que los datos seismográficos que se daban a conocer al público y que figuraban después en los catálogos, eran los únicos documentos que atestiguaban la presentación de un fenómeno tan interesante; pero afortunadamente en el temblor que nos ocupa, hubo la posibilidad de estudiar en el terreno sus efectos e inducir sus causas. La Geología, se encargó de fijar con exactitud la zona epifocal prestando así a la seismología física una ayuda poderosa, pues, como el fenómeno se repitió, hubo oportunidad de obtener numerosos registros de movimientos sísmicos pro-

cedentes del mismo lugar ya conocido y los medios para fijar un coeficiente que sirva en lo sucesivo para calcular distancias entre la estación de observación y el epifoco, se facilitarían notablemente por esta circunstancia, si no hubiese dificultades de otra índole que mencionaremos en su lugar. La aplicación de los métodos gráficos o analíticos para localizar geográficamente el origen de la perturbación, sirviéndose de la lectura de los seismogramas no es necesaria, puesto que tal lugar lo dió a conocer el estudio sobre el terreno; por este motivo no figurarán en el presente trabajo, las investigaciones del epicentro, que sólo podrán hacerse para ver hasta donde se aproximan a la verdad los métodos usados.

Movimientos anteriores del mismo foco

Los instrumentos habían registrado durante la noche del 18, a las 23 h. 09 m. 48 s. (tiempo medio de Tacubaya) un microseísmo cercano, cuyas fases se distinguían bien en los diagramas del péndulo de 17,000 kg.; la fase (L-P.) en este registro es de 16 segundos y esta duración coincidía solamente con otro microseísmo registrado por el mismo instrumento el 27 de Abril del mismo año y cuyo epifoco se localizó en una carta de la República con los datos de los seismogramas de los péndulos horizontales de 17,000 y 1,200 kg. y en atención a un telegrama que dice: "Núm. 2.—Acámbaro, Gto., 27 de Abril de 1912. Instituto Geológico de México. México, D. F.—5 h. 40 m. a. m. Temblor trepidatorio. Duración, 10 seg.—J. Lazo Vargas."

Los datos contenidos en el parte rendido a la Dirección del Instituto Geológico, por la Estación Central, son:

Número progresivo.	INSTRUMENTO			CONSTANTES			PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	Medidas		Distancia en km.
	Autor	Masa	Comp ^e .	T ₀	V.	ε	P.	L.	M.	C.		A. m m	T. s	
53	Wiechert	17,000 ^{kg}	N.S.	1.5	1,900	1.4	12 16 15	12 16 31	12 16 41	12 17 49	12 24 40	51.6	2.	154
53	"	"	E.W.	1.5	"	2.0	12 16 15	12 16 31	12 16 39	12 17 31	12 23 41	60.4	2.	154
53	"	1,200	N.S.	6.0	200	4.0	12 16 15	12 16 34	12 16 44	12 17 50	12 20 15	19.5	6.	176
53	"	"	E.W.	6.0	"	4.0	12 16 15	12 16 33	12 16 41	12 18 01	12 20 01	12.0	8.	169

El movimiento fué registrado también por los péndulos de 125 kg., el vertical de 300 kg. y el gravímetro trifilar. Además en el mismo parte se dice: "es de notarse que la duración de la fase (L-P.) acusa una distancia que en ninguna otra ocasión se ha presentado, probablemente se trata de un nuevo

foco." La distancia se calculó, como hasta ahora se hace, por la fórmula de Omori $xkm.=7.27 (L-P) seg.+38 km.....(1)$

Esta distancia y el telegrama en cuestión eran datos insuficientes para localizar el epifoco, pero en vista de que se trataba de una fase preliminar cuya duración no tenía otra igual desde el establecimiento de la Estación Seismológica, nos pareció conveniente situar un punto en la carta de macroseismos y microseismos registrados en la República el primer semestre de 1912, con la única condición de que el punto mencionado estuviera a 154 km. de Tacubaya y ala distancia mínima de Acámbaro.

En los lugares azotados por el temblor del 19 de Noviembre, ninguno de los habitantes a quienes interrogamos pudo recordar si el 27 de Abril habían sentido algún temblor, pero esto es explicable y los testimonios no constituyen una prueba en el sentido de que ese microseismo no haya tenido el mismo origen que tuvieron los movimientos del 18 y 19 de Noviembre, pues si este último no se hubiera verificado, el temblor de la noche anterior habría sido ya olvidado por los habitantes de la región que después fué conmovida con fuerte intensidad; y esto sucedió probablemente con el microseismo del 27 de Abril de 1912.

El movimiento del 18 de Noviembre a las 23 h. 09 m. 48 s. (Tiempo medio de Tacubaya), fué registrado por los péndulos horizontales de 17,000 y 1,200 kg. mereciendo confianza el análisis de los registros del primer instrumento; (seismogramas 1 y 2, lám. LVII) pues los del péndulo de 1,200 kg. apenas son perceptibles.

Número progresivo.	INSTRUMENTO			CONSTANTES			PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Miligals.	Grado en la escala Cancani.
	Autor	Masa kg	Compe	T_0	V.	ϵ	P.	L.	M.	C.					
137	Wiechert	17,000	N.S.	1.5	1,900	1.4	h m s 5 46 35	h m s 5 46 51	h m s 5 47 00	h m s 5 47 40	h m s 5 49 10	2.6	1.5	4.5	I.
137	"	"	E.W.	1.5	"	2.0	5 46 35	5 46 50	5 46 55	5 47 31	5 49 01	5.2	1.5	9.0	I.
137	"	1,200	N.S.	6.0	200	4.0	5 46 35	5 46 47	.....	5 47 08	5 50 08	.....	.....	.....	.....
137	"	"	E.W.	6.0	"	4.0	5 46 35	5 46 47	.....	5 47 11	5 49 11	.....	.....	.....	.....

La desviación inicial fué hacia el S.E. según la indicación del péndulo de 17,000 kg., más energético el impulso en la dirección E.W. que en la N.S., siendo las semiamplitudes medias, hacia el S. 0mm.25; hacia el E. 1mm.

La similitud entre estos registros y los del movimiento del 27 de Abril del mismo año es bastante grande. Sin embargo la separación de las fases en los diagramas del 18 y del 19 de Noviembre se hizo sin prejuicio alguno y solamente para ver si era posible referir la perturbación a alguno de los focos

activos del Primer semestre del año que cursaba, fueron consultados los datos de la Carta relativa y resaltó desde luego la semejanza de que hablamos entre los registros de ambos microseismos.

El macroseismo del 19 de Noviembre de 1912

El día 19 de Noviembre las tiras registradoras fueron retiradas de los instrumentos que funcionaban en la Estación Central tan pronto como cesaron las vibraciones del temblor macroseismo que principió a registrarse a las 7 h. 18 m. 30 s. (tiempo medio del Observatorio Astronómico de Tacubaya). Los instrumentos que trabajaban en ese momento eran: los seismógrafos horizontales Wiechert de 17,000, 1,200, 200 y 125 kg., el horizontal Bosch-Omori de 10 kg., componente N.S. y los seismógrafos verticales de 1,300 y de 80 kg.; de estos instrumentos solamente los seismógrafos horizontales de 125 kg. y de 10 kg. Bosch-Omori y el vertical de 80 fueron los que proporcionaron el registro completo del movimiento, pues los demás debido a su sensibilidad y amplificación, marcaron el principio impetuoso del movimiento, la desviación inicial del suelo y después los estiletes quedaron fuera de sus registros correspondientes. La circunstancia de que las ondas longitudinales hayan llegado con esa intensidad y el carácter especial de las ondas sensibles en Tacubaya, con un corto período y produciendo la sensación de que el suelo sufriera contracciones rápidas en la dirección N.W.-S.E., hizo creer desde luego que el origen de la perturbación era demasiado cercano.

El parte rendido dos horas después del movimiento por los empleados de guardia en la Estación Central al Señor Director del Instituto, mencionando también el microseismo de la noche anterior, dice suscintamente que ambos movimientos parecen haber sido del mismo foco cercano. El registrado primero fué de carácter instrumental y el segundo de grado IV de Cancani. La duración de la fase L-P, variando en los distintos diagramas de 12 a 15 segundos. La onda de llegada fué de compresión porque los instrumentos registraron +Z y los horizontales una desviación impetuosa hacia el Noroeste: por lo cual el rumbo de llegada de las ondas fué N. 58° 07' W., según las medidas hechas en los diagramas del péndulo horizontal de 125 kg., se agrega: "Probablemente se trata de un foco de Michoacán según los diagramas obtenidos el 27 de Abril de 1912. (Catálogo de Tacubaya, movimiento Núm. 53)." En el problema de la localización del epifoco de este macroseismo por medio de los datos instrumentales no se disponía desde luego sino de los registros de la Estación Central y el método seismográfico que se imponía era el del Príncipe Galitzin que fué apli-

cado de la manera siguiente: los instrumentos de masa de 1,300 y 80 kg., que registran la componente vertical, marcaron una desviación positiva en el primer impulso, por lo cual la onda de llegada había sido de compresión y el primer desalojamiento horizontal del suelo debía haber sido así *desde* el epifoco; es así que los estiletos de los péndulos horizontales de 17,000 y de 125 kg. habíanse desviado bruscamente hacia el N. y el W., luego la lectura debería hacerse directa.

En efecto, refiriéndonos en particular al péndulo horizontal de 125 kg. (igual razonamiento se aplicaría al péndulo horizontal de 17,000 kg.), este instrumento está orientado de tal manera que el frente de la mesa triangular en donde se halla el registro corresponde al cuadrante N.W., la varilla de propulsión que queda a la izquierda del observador colocado frente al instrumento, está encargada de transmitir al estilete correspondiente las vibraciones en la dirección N.S., y la de la derecha representa la componente E.W. Si se coloca un peso en el disco superior de la masa pendular, sobre la traza del plano vertical bisector de las dos direcciones N.S. y E.W., el centro de gravedad del péndulo se moverá en el plano N.W.-S.E. siempre que el pequeño peso no coincida con la vertical que pasa por el centro de la suspensión de Cardan, es decir, si el peso está entre ésta línea vertical que representa el eje del péndulo y el registro del instrumento, la masa se inclinará hacia el N.W.; y si ésta se coloca sobre la traza indicada, pero hacia la parte posterior del instrumento, la masa se inclinará hacia el S.E. Tales desviaciones del eje del péndulo provocadas experimentalmente, son equivalentes respectivamente, si son debidas a un temblor de tierra, a un impulso recibido en el primer caso del N.W. y en el segundo del S.E. Ahora bien, en el primer caso los estiletos registradores se desvían a la vez hacia los márgenes de la banda de papel ahumado y en el segundo hacia el centro de la tira registradora. No cabía duda en el temblor del 19 de Noviembre de 1912, acerca del cuadrante de donde provino el primer impulso longitudinal: ambos estiletos fueron desviados bruscamente hacia afuera de las tiras y atendiendo a la indicación de los instrumentos verticales que marcaban el sentido positivo de abajo hacia arriba era natural leer los rumbos N. y W. directamente.

Las semi-amplitudes medidas en los diagramas del péndulo de 125 kg. dieron para la dirección del epifoco N. $58^{\circ} 07' W$. Las constantes iguales (período, amplificación y amortiguamiento) para ambas componentes, abreviaron la determinación del rumbo, pues no hubo necesidad de deducir en cada dirección la amplitud del movimiento real del suelo. el análisis de los seismogramas (nú-

meros 3 y 4, lám. A) de los péndulos horizontales de 125 kg., de 10 kg. Bosch-Omori y el vertical Wiechert de 80 kg. es el siguiente:

Estación Seismológica Central. Tacubaya, D. F.: $\varphi = 19^{\circ} 24' 18''$ N; $\lambda = 99^{\circ} 11' 37''$ W. de Greenwich.

Número progresivo	INSTRUMENTO			CONSTANTES			PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Milgals.	Grado de Casual.
	Autor	Masa	Comp ^e	T ₀	V	ϵ	P.	I.	M.	C.					
		kg					h m s	h m s	h m s	h m s	h m s				
138	Wiechert	125	N.S.	5.5	40	3.	13 55 17	13 55 29	13 55 36	13 56 41	?	880	2	880	IV.
138	"	"	E.W	5.0	"	3.	13 55 17	13 55 29	.....	13 57 54	?	850	2	850	IV.
138	B.-Omori	10	N.S.	24.0	15	....	13 55 17	13 55 32	13 55 44	14 03 17	14 19 23	?	4		
138	Wiechert	80	Z.	4.0	80	4.	13 55 17	13 55 31	.....	13 59 27	14 07 51	.....	?	

La primera fase se inicia según la indicación del péndulo de 125 kg. con dos ondas lentas de las cuales la segunda aparece como una perturbación de la primera en forma de una gran "ripple;" la suma de los períodos para ambas es de 9 segundos, pero la segunda es notablemente más rápida que la primera. Podemos decir que a partir de este momento el temblor se hizo sensible para los habitantes de Tacubaya. La duración de esta fase oscila entre los 12 segundos indicados por el péndulo horizontal de 125 kg. y 15 segundos que marca el péndulo horizontal de 10 kg. Bosch-Omori, (la aguja de este último estuvo fuera del cilindro registrador al final de la fase). Termina la fase de ondas longitudinales que se caracterizó, como ya hemos visto en otros temblores del país, por una gran amplitud que dificulta localizar el punto de transición entre ésta y la segunda fase; pero desde luego el cambio del período es notable; las ondas superficiales llegaron con un período cortísimo, la transición se verificó cuando no terminaba el registro de la tercera onda longitudinal en los péndulos horizontales. Para distinguir el principio de esta fase debe buscarse el cambio de período, puesto que este es función de la velocidad de propagación de ambas fases. El péndulo vertical registró en la primera fase cuatro ondas rápidas, cuyo período es mayor que el de las ondas largas que vienen a continuación. Durante la fase de ondas largas, la amplificación de los instrumentos hizo que en las oscilaciones chocaran las masas contra los topes que las limitan. El período muy rápido de las ondas causó la impresión, según la apreciación que de él se pudo hacer, de que la tierra se contrajera con violencia; la duración de esta fase fué en general de 3 a 4 minutos y el principio de las ondas reflejadas de la cauda quedaron registradas con su lentitud e irregularidad características en el diagrama del péndulo horizontal de 10 kg. (B.-Omori).

La localización geográfica del epifoco

Deduciendo del rumbo y de la distancia las coordenadas geográficas del origen de la perturbación, se llegó gráficamente de una manera directa a situar sobre el mapa un punto al N.E. de Acámbaro, (este fué el dato inmediato que suministró la Estación Central)

La distancia que se asignó de la estación al epifoco fué de 147 kilómetros, deducida por la fórmula (1) de Omori, ya citada, haciendo uso de la fase preliminar de 15 segundos que podemos llamar máxima, según las lecturas hechas. Estas lecturas, según el cuadro que antecede varían entre 12 y 15 segundos. Tomando la menor y la mayor respectivamente como datos en el cálculo de las coordenadas del epifoco y calculando la distancia con el coeficiente 7.48, encontrado por Omori en 1911, con motivo de los temblores que se produjeron en las erupciones del Usu-san, y con el azimut de N. $58^{\circ} 07'$ W. dado por los seismogramas del péndulo de 125 kg. se obtiene:

- 1^{er}. caso.—Fase (L.-P.)=12 seg.: Coordenadas: $\varphi = 19^{\circ}49'34''$ N;
 $\lambda = 99^{\circ}55'28''$ W. de Greenwich.
 2^o caso.—Fase (L.-P.)=15 seg.: Coordenadas: $\varphi = 19^{\circ}55'50''$ N;
 $\lambda = 100^{\circ}06'16''$ W. de Greenwich.

Como se vé, entre estos resultados no puede decidirse cual de los dos se aproxima más a la verdad, ambos dan puntos situados en la zona megasísmica, pero no sabemos las coordenadas de los bloques que fueron el foco de vibración más intensa para que en virtud de la diferencia, pudiéramos hacer a la constante 7.48 una corrección provisional que después comprobaríamos con el estudio de los choques subsecuentes.

ESTACIONES DE PRIMER ORDEN

Mérida, Yucatán

Coordenadas: $\varphi = 20^{\circ}56'51''6$ N.; $\lambda = 89^{\circ}36'59''9$ W. de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar: $6^m 35$.

Dotación de instrumentos: Un seismógrafo horizontal Wiechert de 1200 kg. y un seismógrafo vertical de 1300 kg. del mismo autor.

Constantes: Componente N.S.: $T_0 = 5$ s., $V = 135$, $\epsilon = 5$.

„ E.W: $T_0 = 5$ s.; $V = 135$, $\epsilon = 5$.

„ Z. : $T_0 = 1, 5$, $V = 40$, $\epsilon = 3,5$.

No hay corrección del reloj.

COMPONENTE	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Milligals	Grado en la escala de Cancani
	P.	L.	M.	C.					
N.-S.	h M s 14 02 47	h M s 14 04 44	h M s 14 05 14	h M s 14 05 44	h M s 14 26 35	127	4	32	I.
E.-W.	14 02 47	14 04 38	14 04 54	14 14 08	14 32 54	155	4	38	I.
Z.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Los seismogramas (núms. 1 y 2, lám. LVIII) del péndulo horizontal, acusan más bien un principio gradual más que brusco de las ondas de llegada, las semiamplitudes del primer impulso no intentamos medirlas con los elementos actuales porque casi es infructuoso el resultado; ambas son iguales y sólo diremos que la masa pendular sufrió una desviación hacia el N.W., que no podríamos interpretar como resultado de una onda de compresión o de dilatación si no supiéramos en el lugar del epifoco, pues el seismógrafo vertical apenas registró el movimiento. Con los datos adquiridos y por un proceso inverso, podemos asegurar que los instrumentos de la Estación de Mérida, recibieron en primer lugar, una onda de compresión. La lectura en el punto de transición entre las fases primera y segunda, se dificulta porque el péndulo no tiene su período propio arreglado convenientemente y los seismogramas presentan una monotonía de período desde el principio de las ondas largas hasta el fin; solamente distinguimos al fin de 1^m 57^s en la componente N.S. y al cabo de 1^m 51^s en la E.W. un aumento en la amplitud como indicio de que las ondas superficiales han principiado. Notamos, además, que en la componente E.W., a los 5^m 06^s del principio de las ondas largas, aparece una reflexión de igual intensidad y período que la onda máxima larga. El choque inicial fué registrado a las 14 h. 02^m 47^s, es decir 7^m 30^s después que los instrumentos de Tacubaya recibieron el primer choque; lo que demuestra que el reloj de la Estación de Mérida estaba notablemente adelantado.

Zacatecas, Zac.

Coordenadas: $\varphi = 22^{\circ}46'32''8$ N.; $\lambda = 102^{\circ}32'57''$ W. de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar: 2600 m.

Dotación de instrumentos: Un seismógrafo horizontal Wiechert de 1200 kg. y un seismógrafo vertical de 1300 kg. del mismo autor.

Constantes: Componente N.S. $T_0 = 6$ seg.: $V = 180$ veces; $\epsilon = 4$.
 ,, E.W. $T_0 = 6$,, $V = 180$,, $\epsilon = 4$.
 ,, Z. $T_0 = 1,6$,, $V = 160$,, $\epsilon = 4$.

No hay corrección del reloj.

COMPONENTE	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Milligals	Grado en la escala de Cancani
	P.	L.	M.	C.					
N.-S.	h m s 13 54 10	h m s 13 55 10	h m s 13 55 16	h m s 13 59 04	h m s 14 20 34	264	4	66	I.
E.-W.	13 54 10	13 55 10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Z.	13 54 11	13 55 11	13 55 23	13 58 35	14 04 43	240	2	240	I.

El registro de la componente N.S. del péndulo de 1,200 kg. (núm. 3, lám. LVIII), acusa una desviación inicial brusca hacia el Norte, la duración de la primera fase es de un minuto, queda formada por ondas lentas, la suma de los períodos de las dos primeras es de 10 segundos y la segunda aparece como un ripple deformando el vértice Sur de la primera, la transición entre las dos primeras fases se verifica con una disminución de período y dos ripples en el vértice Norte de la última onda longitudinal. Las demás fases nada presentan de notable, la coda del movimiento parece terminar a los cinco minutos de su principio, pero vuelven a aparecer vibraciones, algunas de gran amplitud que en total duran 21^m. 30^s., es decir, a las 14^h. 20^m. 34^s. en que se registra el primer choque subsecuente de igual origen, el estilete se desvía nuevamente hacia el Norte y la 1.^a fase de este microseísmo dura también 1 minuto. En la componente E.W. (núm. 4, lám. LVIII), se empieza a registrar el movimiento a la misma hora con un desalojamiento bien marcado hacia el E.; la desviación de la 1.^a fase también es de 1 minuto, y a los 10 segundos de haber principiado la segunda fase el estilete quedó fuera del registro. También en esta dirección se registra el 1er. microséismo que sigue al gran choque. El impulso inicial es más enérgico en la dirección N.S. que en la E.W., miden las semi-amplitudes de la primera onda respectivamente 3mm25 y 2mm5. Hay mucha semejanza entre el aspecto de las primeras ondas en ambas componentes. Dada la situación de la Estación con respecto al epifoco, es decir, lo que se llama el azimut de la Estación, era de esperarse que el impulso longitudinal pusiera en movimiento al péndulo en un plano vertical colocado en los cuadrantes N.W. y S.E.; pero aquí observamos esta contradicción: que el péndulo osciló del N.E. al S.W.; para explicar esta dirección del movimiento hay que suponer: falta de independencia entre las componentes, o bien la existencia de algún accidente local que influya modificando la dirección del primer impulso. Aquí la explicación del método del P. Galitzin hubiera conducido a un error. La primera fase dura un minuto en el diagrama (núm. 5, lám. LVIII) del péndulo vertical; en el principio se registran verdaderos tremors cuya ampli-

tud impide apreciar la dirección inicial del impulso; y en el final del registro aparecen vibraciones de menor período que corresponden a nuevos choques procedentes del mismo origen probablemente.

ESTACIONES DE SEGUNDO ORDEN

Guadalajara, Jalisco.

(Provisional)

Coordenadas: $\varphi = 20^{\circ}40'45''$ N.; $\lambda = 103^{\circ}20'25''$ W. de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar; m.

Dotación de instrumentos: Un seismógrafo horizontal Wiechert de 125 kg. y un seismógrafo vertical de 80 kg. del mismo autor.

Constantes: Componente N.-S.: $T_0 = 3$ s.; $V = 80$; $\epsilon = 3.5$.

„ E.-W.: $T_0 = 3,5$; $V = 80$; $\epsilon = 3$.

„ Z.: $T = 4$; $V = 80$; $\epsilon = 4$.

Corrección del reloj desconocida.

Componente	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Milligalls	Grado en la escala de Cancani
	P.	L.	M.	C.					
N.-S. Funcionó mal el mecanismo de esta componente.									
E.-W.	h m s 13 57 03	h m s 13 57 49	h m s ?	h m s 14 01 09	h m s 14 08 37	288	4	72	1.
Z. El temblor empezó a registrarse después de su llegada...	.....	.....	.....	.....	.....	2,510	8	156	I.

El mecanismo de la componente N.S. del péndulo horizontal estaba entorpecido y el registro de la E.W. (núm. 1, lám. LIX), quedó limitado en las ondas largas por los topes de la masa del péndulo.¹ El registro de la componente vertical tiene un gran defecto: debido a la casualidad, el estilete comenzó a registrar cuando ya habían llegado las primeras ondas a la estación, el empleado que hacía el cambio de tiras se dió cuenta de que un temblor ponía en acción a los instrumentos y se apresuró a poner el péndulo vertical en condiciones de funcionar; por esta razón sólo podemos utilizar el seismograma para dar el principio de las ondas largas y la intensidad del movimiento.

En los mismos diagramas de este péndulo aparecen los registros de uno de los microsismos locales que se iniciaron en Guadalajara en Abril de 1912.

¹ A los 7^s del principio gradual del movimiento en esta componente, viene la primera onda reflejada hacia el E.

Mazatlán, Sinaloa.

Coordenadas: $\varphi = 23^{\circ}11'17''13$ N.; $\lambda = 106^{\circ}23'37''5$ W. de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar: 76 m.

Dotación de instrumentos: Un seismógrafo horizontal Wiechert de 200 kg. y un seismógrafo vertical de 80 kg. del mismo autor.

Constantes: Componente N.-S.: $T_0 = 5$ s.; $V = 80$; $\epsilon = 4.5$.

„ E.-W.: $T = 5$ „ $V = 80$; $\epsilon = 4.5$.

„ Z.: $T = 5$ „ $V = 80$; $\epsilon = 4.3$.

Corrección del reloj: -6^m30^s .

Constante	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin.	A. μ	T. s	Δg . Milligalls	Grado en la escala de Cancani
	P.	L.	M.	C.					
N.-S.	h m s 13 57 03	h m s 13 58 47	h m s ?	h m s 14 04 39	h m s 14 36 40	286	4	72	I.
E.-W.	13 57 03	13 58 47	Salió el estilete						
Z.	13 57 03	13 58 49	13 59 59	14 04 11	14 32 03	277	4	70	I.

Los seismogramas (núms. 2-4, lám.LIX), se inician también por verdaderos tremors que hacen imposible apreciar la dirección ni menos medir la amplitud de la primera onda. La primera fase dura de 1 m. 44 s. a 1 m. 46 s., según el péndulo vertical. Las ondas largas alcanzan en la dirección E.W. una amplitud tal que el estilete se desprendió y no pudo continuar el registro. La componente N.S. alcanzó el límite de su oscilación. La primera onda reflejada tiene verticalmente su componente dirigida de abajo hacia arriba que corresponde a una onda de dilatación.

Oaxaca, Oax.

(Hacienda de San Miguel).

Coordenadas: $\varphi = 17^{\circ}01'13''59$ N.; $\lambda = 96^{\circ}42'32''5$ W. de Greenwich.

Altura sobre el nivel del mar: 1570m.85

Dotación de instrumentos: Un seismógrafo horizontal de 200 kg. de Wichert y un seismógrafo vertical de 80 kg. del mismo autor.

Constantes: Componente N.-S.: $T = 4.8$ V. = 80; $\epsilon = 5$.

„ E.-W.: „ = 5 „ = 80; „ = 4.5.

„ Z.: „ = 4 „ = 80; „ = 5.

Corrección del reloj: $+30$ seg.

Componente	PRINCIPIO DE LAS FASES EN TIEMPO DE GREENWICH				Fin	A. μ	T. s	Δg Miligalls	Grado en la escala de Cancani
	P.	L.	M.	C.					
N.-S.	h m s 13 55 51	h m s 13 56 57	h m s 13 57 57	h m s 14 01 27	h m s 14 12 30	488	4	122	I.
E.-W.	13 55 47	13 56 56	13 57 53	14 02 31	14 14 07	375	4	94	I.
Z.	13 55 49	13 56 54	13 57 51	14 00 21	14 12 41	402	4	100	I.

En la componente N.E. (núm. 5, lám. LIX), empieza el registro con retardo de cuatro segundos con respecto a la N. 43° W., (núm. 6, lám. LIX). El principio en ambas direcciones es gradual y en la componente vertical (núm. 7, lám. LIX), sucede lo mismo y al hacerse la primera reflexión se manifiesta la onda como una dilatación poco intensa. Debido a esta incertidumbre en el principio de cada registro resultan las diferencias en la duración de la primera fase que varía según las lecturas de 1^m 05^s a 1^m 09^s.

Se desprende de la comparación de los resultados obtenidos en las lecturas de los diagramas que, tomando cada estación aisladamente, sólo la Estación Central nos hubiera conducido aproximadamente (como de hecho sucedió) a situar las coordenadas del epifoco del temblor y que los métodos para hacer esta localización, fundados en el tiempo de llegada de la primera onda a cada estación, hubieran fracasado dado el desacuerdo con que caminan los relojes de cada una de ellas. Se tiene el mejor deseo de uniformar la marcha, pero se tropieza con dificultades que no discutimos por ser bien comprendidas. Ahora bien, la utilización de estos datos motivan una investigación más profunda sobre la velocidad de las ondas y las particularidades de su propagación, pero no puede hacerse en este estudio porque no se conocen desde luego, como ya se dice en otro lugar, las coordenadas de algún lugar de la falla y se comprende que por lo menos son indispensables las coordenadas de los extremos de élla; pues, dada su extensión aproximada de 52 km. y su proximidad a la Estación Central (el punto medio del alineamiento de referencia estará entre 90 y 100 k.), cualquier error es de consideración y los límites de tal error quedarán desconocidos, tanto más si se considera que en el movimiento intenso como en los siguientes, no es la falla en conjunto el origen de las vibraciones, sino ya un segmento, ya otro, limitados en extensión, serán los focos de vibración. Por esta razón para cuando haya mejores datos podrá volver a tratarse el asunto con todo el cuidado que merece, pues dado el número de microseismos subsecuentes que han acompañado al temblor de Noviembre de 1912, se cuenta ya con elementos suficientes de observación para establecer la constante que enlace las velo-

ciudades de propagación de las ondas longitudinales y superficiales con la duración de la primera fase en los diagramas de temblores de focos cercanos.

El pueblo de Acambay está situado casi en el borde del alto de la falla que hemos convenido en llamar con el mismo nombre, y por la circunstancia de estar aproximadamente en el medio del alineamiento que principia en el cerro de La Manga y termina en Botí, tomamos sus coordenadas ¹ para formar el cuadro siguiente, considerando que el pueblo mencionado está en el epifoco.

Coordenadas de Acambay: $\varphi = 20^{\circ}00'$, N; $\lambda = 99^{\circ}50'$ W. de Greenwich.

ESTACIONES	COORDENADAS		Distancia epifocal calculada	PRINCIPIO DE LAS FASES		Distancias deducidas con las fórmulas de Ömori	
	φ	λ		P.	L.	(1)	(2)
Tacubaya, D. F.....	19 24	99 12	107 km.	h m s 13 55 17	h m s 13 55 29	125 km.	90 km.
Guadalajara, Jal.....	20 41	103 20	372 ,,	13 57 08	13 57 49	372 ,,	344 ,,
Zacatecas, Zac.....	22 47	102 33	420 ,,	13 54 10	13 55 10	474 ,,	448 ,,
Oaxaca, Oax.....	17 01	96 43	468 ,,	13 55 47	13 56 56	540 ,,	516 ,,
Mazatlán, Sin.....	23 11	106 24	766 ,,	13 57 03	13 58 47	794 ,,	778 ,,
Mérida, Yuc.....	20 57	89 37	1,054 ,,	14 02 47	14 04 44	889 ,,	875 ,,

*promediado
= a la de*

Hemos hecho uso de las fórmulas de F. Ömori: x . km. = 7.27 (L.-P.) segundos $38 + \text{km.} \dots \dots (1)$ y x . km. = 7.48 (L.-P.) segundos. (2) Esta última es la que empleamos en el cuadro de los choques subsecuentes.

Choques subsecuentes

(Seismogramas 1 y 2, Lám. LV)

Al macroseísmo del día 19 de Noviembre, siguieron otros movimientos de menor intensidad que aunque contribuyeron poco a concluir la obra destructora del primero, mantuvieron en constante alarma a los habitantes de la zona megasísmica, quienes no se ocuparon de llevar un registro de ellos. Sabemos que en Acambay, se presentaron los movimientos subsecuentes con intervalos de 2 y de 3 minutos, durante el día y la noche del 19 de Noviembre; la descripción de estos temblores que en vista de su poca intensidad se prestan mejor que un macroseísmo para la observación, no la obtuvimos de ninguno de los supervivientes, pero reuniendo las relaciones de unos y otros y añadiendo nuestra observación directa, podemos decir que en Acambay, el tipo general de microseísmo es el descrito al dar idea general del fenómeno; el principio marcado por un desalojamiento del suelo, seguido de una o dos oscilaciones de período rápido y

¹ Carta General de la República Mexicana, publicada en el año de 1910, por la Secretaría de Fomento. México.

que terminan por ondas superficiales en las que el período disminuye considerablemente; su duración es muy corta, inapreciable algunas veces, y según que alguna de las fases del movimiento sea más sensible que la otra queda clasificado el temblor como *oscilatorio o trepidatorio*. El empuje inicial es apreciable generalmente, pues algunas veces dejan al observador la impresión de la dirección que tuvo y en Acambay esta dirección fué apreciada como N.S. la mayoría de las veces. Durante nuestra estancia en esa población, no pudimos percibir ruido subterráneo que acompañara al temblor. En otros lugares como se ve en los cuadros págs. 81 y 82, formado por nuestras propias observaciones, sí tuvimos oportunidad de oír los ruidos acompañantes. Durante el día y la noche del 19 de Noviembre se sintieron los temblores no sólo en Acambay sino en todos los pueblos y lugares habitados de la zona megaséismica; con el transcurso del tiempo, los intervalos han ido creciendo y en general el área de percepción abarcada por algunos de estos movimientos puede considerarse: al E. hasta San Juan Tuxtepec (en el camino de San Andrés Timilpan a Chapa de Mota); al N. hasta Aculco; al N.W. Amealco; al W. Tepetongo; al S.W. El Oro; al S. y S.E. Atlacomulco y probablemente Xocotitlán.

El estudio instrumental de los choques subsecuentes hubiera sido muy provechoso; pero desgraciadamente no contamos en nuestra expedición con un tromómetro, que es el instrumento destinado a registrar las vibraciones rápidas del suelo; hubiéramos conseguido comprobar nuestras apreciaciones y determinar el azimut del empuje inicial y una distancia al foco de vibración, que admitida en el primer movimiento, se prestaba a ser comprobada en los movimientos siguientes variando el lugar de observación y quizá se hubiera llegado a localizar el segmento de la falla que era el foco activo de vibración. (Véase el Registro en el cuadro adjunto).

Fórmulas empíricas

Hace poco tiempo que se ha presentado como necesaria la determinación de la constante o constantes que deben ligar la duración del intervalo entre las dos primeras fases del registro de un temblor cercano con la distancia entre el foco y la estación; dos son las condiciones para que lleguemos en México al establecimiento de tales constantes: 1.^a, la identificación del epifoco hecha sobre el terreno, geológicamente; el estudio de los movimientos que tienen ahí su origen con instrumental apropiado, variando el lugar de observación y comparando los registros obtenidos en el campo con los que dan las Estaciones de la Red. 2.^a, la determinación de las coordenadas geográficas de los puntos que señalen

REGISTRO DE LOS CHOQUES SUBSECUENTES DEL TEMBLOR DEL 19 DE NOVIEMBRE DE 1912

(EN LA ZONA DE INTENSIDAD MAXIMA)

Número progresivo	LUGAR DE OBSERVACION	FECHA	HORA	DIRECCION	INTENSIDAD	DURACION	OBSERVACIONES
1 (*)	Acambay, Méx.....	25 Noviembre 1912	6 ^m 43	N.-S.	II	Instantáneo.	Trepidatorio.
2 (*)	" "	" "	14 13	"	III	"	"
3 (*)	" "	" "	5 32	N.-S.	III	"	5 vibraciones finales.
4	" "	" "	1 02	NW.-SE.	III	"	Trepidatorio.
5	" "	" "	1 16	"	II	"	Entre este movimiento y el anterior hubo 2 segundos de intervalo.
6	" "	" "	1 19	"	II	"	Oscilatorio.
7	" "	1º Diciembre 1912	11 47	N.-S.	III	Corta.	Trepidatorio.
8	" "	" "	20 30	"	II	Muy corta.	"
9 (*)	" "	" "	21 04	"	III	"	"
10	" "	" "	22 45	"	II	"	"
11	" "	" "	2 57	"	II	"	"
12 (*)	" "	" "	10 42	N.-S.	IV	"	Oscilatorio.
13	San Andrés Tmilpan, Méx.....	4 " "	1 32	"	II	"	Trepidatorio.
14	" "	4 " "	17 07	"	II	"	Ruido subterráneo sin temblor, parecido a un disparo lejano de artillería.
15	" "	6 " "	2 17	"	II	"	Ruido sin temblor, semejante al que produce un cuerpo al caer dentro de un pozo; parece haber provenído del N.E.
16	Aculco, Méx.....	11 " "	13 31	"	III	"	Las hojas de los árboles se sacudieron; el ruido, parecido a un disparo lejano de artillería, se escuchó 2 segundos antes de que el temblor se dejara sentir.
17 (*)	San Pedro el Alto, Méx.....	19 " "	17 12	"	III	"	"
18	" "	19 " "	17 22	"	II	"	Ruido sin temblor.
19	" "	19 " "	17 37	"	II	"	Trepidatorio, precedido de ruido subterráneo.
20	" "	19 " "	17 47	"	II	"	Tres ondas.
21	Temascalcingo, Méx.	20 " "	9 09	N.-S.	III	"	"
22	Hacienda de Toxi, Méx.....	25 Enero 1913	18 07	N.-S.?	III	"	El movimiento derribó algunas paredes desplomadas anteriormente en Temascalcingo.
23	" "	25 " "	20 17	N.-S.?	III	"	"
24	" "	26 " "	22 51	N.-S.	III	"	"
25	" "	27 " "	5 57	N.-S.	III	"	"
26 (*)	Hacienda de Tepetongo, Mich.....	29 " "	2 04	NE.-SW.	III	12 segundos.	Este movimiento lo sintieron los vecinos de Acambay, y a nosotros nos sorprendió en el interior del túnel llamado "La Mina," en donde brota el agua de que se surte el pueblo; se encuentra dicho túnel en la loma de Botidi a 1,720 metros (aproximadamente) al NW. de Acambay, es decir, en los depósitos del frente de la falla y estando de pie, solo nos dimos cuenta del temblor por haber escuchado un ruido en las paredes del túnel, semejante al que producen las hojas de los árboles movidas por el viento, sin haber sentido absolutamente ninguno de nosotros la vibración mecánica de la que se dieron cuenta perfectamente en Acambay.
27	Acambay, Méx.....	11 Febrero 1913	18 07	"	III	"	"

NOTAS.—Nuestros relojes no estaban corregidos; las horas están dadas en tiempo medio de Greenwich. La intensidad fué la aparente, pero procuramos referirla a la escala absoluta de Cancun. Los temblores señalados con (*) fueron registrados por los instrumentos de la Estación Seismológica Central [Tacubaya, D. F.] y sus análisis constan en el cuadro siguiente. El 25 de Diciembre, la Comisión siguiendo su itinerario se alejó hacia el SW. de la zona megasísmica para visitar los pueblos de Atlacomulco y Xicotitlán y el volcán de este nombre, perdiendo por esta circunstancia la oportunidad de registrar los choques subsecuentes desde esta fecha hasta que a mediados de Enero, volvió a la región en que estos choques son perceptibles.

Principio de las fases en tiempo medio de Greenwich				Grado (Cancani).	Distancia según la fórmula (2) de Omori.	EMPLEADOS DE TURNO	OBSERVACIONES
P	L	M	F				
2 11 57	2 12 18	2 12 30	2 18 07	I	157 km.	Patiño y Gortari.	
2 12 00?	2 12 20?	2 12 48	2 14 48	I	150? km.	" "	No se distingue la dirección del primer impulso.
6 43 24	6 43 40	6 43 55?	6 50 47	I	120 km.	" "	
6 43 24	6 43 40	6 43 46	6 50 07	I	120 km.	" "	
6 43 24	6 43 40	6 43 46	6 46 08	I	120 km.	" "	No se distingue la variación del primer impulso.
16 48 51	16 49 09	16 49 18	16 54 06	I	135 km.	" "	
16 48 51	16 49 09	16 49 15	16 53 45	I	135 km.	" "	
14 05 48	.....	14 06 09	14 12 09	I	.....	" "
14 05 48	.....	.....	14 09 15	I	.....	" "
5 36 52	5 37 07	5 37 39	5 45 39	I	112 km.	" "	
5 36 53	5 37 07	5 37 38	5 45 38	I	105 km.	" "	No se distingue el primer impulso.
5 36 56?	.....	5 37 41	5 40 56	I	.....	" "
2 11 39	2 11 51	2 12 27	2 21 57	III	90 km.	" "	
2 11 39	2 11 51	.....	.....	III	90 km.	" "	
2 11 39	.....	.....	2 15 04	III	.....	" "	No se distingue el principio de L.
12 55 00	12 55 15	12 55 21	13 02 48	I	112 km.	" "	
21 12 44	21 13 05	21 13 30	21 18 46	I	157 km.	" "	
21 12 44	21 13 05	21 13 15?	21 17 39	I	157 km.	" "	
10 41 53	10 42 04	10 42 15	10 45 43	I	82 km.	" "	
10 41 53	10 42 05	10 42 16	10 46 06	I	90 km.	" "	
10 41 53	10 42 05	10 43 21	10 46 37	I	90 km.	" "	
18 00 53	.....	18 01 18	18 04 35	I	.....	" "
18 00 53	18 01 04	18 01 12	18 04 35	I	82 km.	" "	
17 12 38	17 12 51	17 12 56	17 14 47	I	97 km.	" "	
17 12 39	17 12 51	17 12 57	17 16 15	I	90 km.	" "	
2 42 15	2 42 27	.....	2 45 17	I	90 km.	" "	
2 42 15	2 42 28	.....	2 45 10	I	97 km.	" "	
5 36 46	5 36 58	5 37 02	5 39 36	I	90 km.	" "	
5 36 46	5 36 59	5 37 07	5 39 45	I	97 km.	" "	
15 34 03	15 34 15	15 34 18	15 36 58	I	90 km.	" "	
15 34 03	15 34 16	15 34 20	15 37 02	I	97 km.	" "	
4 40 12	4 40 24	4 40 31	4 43 23	I	90 km.	Patiño y Muñoz L.	
4 40 12	4 40 24	.....	4 42 39	I	90 km.	" "	
5 41 40	5 41 53	.....	5 44 45	I	97 km.	" "	
5 41 40	5 41 53	5 41 57	5 44 40	I	97 km.	" "	
18 33 41	18 33 58	18 34 08	18 37 01	I	127 km.	" "	
18 33 41	18 33 57	.....	18 36 11	I	120 km.	" "	
20 25 37	20 25 52	20 26 00	20 32 46	I	112 km.	" "	
20 25 37	20 25 53	.....	20 29 07	I	120 km.	" "	
2 03 11	2 03 27	2 03 35	2 07 50	I	120 km.	" "	
2 03 12	2 03 27	2 03 34	2 08 19	I	112 km.	" "	
4 36 21	4 36 33	4 36 38	4 41 11	I	90 km.	" "	
4 36 21	4 36 33	4 36 37	4 40 12	I	90 km.	" "	
18 59 19	18 59 37	.....	19 08 09	I	135 km.	Camacho y Muñoz L.	
18 59 19	.....	.....	19 08 09	I	.....	" "
22 48 32	22 48 48	22 48 54	22 55 40	I	120 km.	" "	
22 48 32	22 48 46	.....	22 52 22	I	105 km.	" "	
23 01 36	23 01 54	23 02 08	23 05 03	I	135 km.	" "	
7 38 51	7 39 08	7 39 27	7 43 30	I	127 km.	" "	
7 38 51	7 39 08	7 39 24	7 42 29	I	127 km.	" "	
5 38 49	5 39 03	5 39 11	5 42 16	I	105 km.	Patiño y Muñoz L.	
5 38 48	5 39 02	5 39 10	5 41 48	I	105 km.	" "	
23 56 04	23 56 18	.....	23 59 48	I	105 km.	Camacho y Muñoz L.	
23 56 04	23 56 16	.....	23 58 21	I	90 km.	" "	
6 00 57	6 01 11	6 01 15	6 05 45	I	105 km.	" "	
6 00 57	6 01 10	6 01 11	6 05 51	I	97 km.	" "	
17 08 31	17 08 45	17 09 00	17 13 24	I	105 km.	Patiño y Ordaz.	
17 08 31	17 08 44	.....	17 11 25	I	97 km.	" "	
4 12 39	4 12 49	4 12 55	4 15 48	I	75 km.	" "	
4 12 39	4 12 49	4 12 52	4 14 57	I	75 km.	" "	

Por carta fechada el 25 del presente, remitida por Sabino Arcos, de Acambay e insertada en el Apéndice a este informe, sabemos que este temblor derrumbó nuevamente, casas, portal y resto de la Iglesia y cuartel el colegio recién reparado en Temascalcingo, situado en la zona megasísmica.

Número progresivo.	FECHAS		INSTRUMENTO			Carácter.	Principio de las fases en tiempo medio de Greenwich				Grado (Caneani).	Distancia según la fórmula (2) de Omori.
	Mes	Día	Autor	Masa	Componente		P	L	M	F		
34	Noviembre 1912	25	Wiechert	1200 kg.	E.-W.	I _v	h ^m _s 2 11 57	h ^m _s 2 12 18	h ^m _s 2 12 30	h ^m _s 2 18 07	I	157 km.
	"	"	"	80 kg.	Z.	I _v	2 12 00?	2 12 20?	2 12 48	2 14 48	I	150? km.
35	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	6 43 24	6 43 40	6 43 55?	6 50 47	I	120 km.
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	6 43 24	6 43 40	6 43 46	6 50 07	I	120 km.
	"	"	"	80 kg.	Z.	I _v	6 43 24	6 43 40	6 43 46	6 46 08	I	120 km.
36	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	16 48 51	16 49 09	16 49 18	16 54 06	I	135 km.
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	16 48 51	16 49 09	16 49 15	16 53 45	I	135 km.
37	"	26	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	14 05 48	.....	14 06 09	14 12 09	I	.....
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	14 05 48	.....	14 06 15	14 09 15	I	.....
38	"	29	"	1200 kg.	N.-S.	II _v	5 36 52	5 37 07	5 37 39	5 45 39	I	112 km.
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	II _v	5 36 53	5 37 07	5 37 38	5 45 38	I	105 km.
	"	"	"	80 kg.	Z.	I _v	5 36 56?	.....	5 37 41	5 40 56	I	.....
39	"	30	"	1200 kg.	N.-S.	II _v	2 11 39	2 11 51	2 12 27	2 21 57	III	90 km.
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	II _v	2 11 39	2 11 51	.....	.....	III	90 km.
	"	"	"	80 kg.	Z.	II _v	2 11 39	.....	.....	2 15 04	III	.....
40	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	12 55 00	12 55 15	12 55 21	13 02 48	I	112 km.
41	Diciembre 1912	1 ^o	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	21 12 44	21 13 05	21 13 30	21 18 46	I	157 km.
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	21 12 44	21 13 05	21 13 15?	21 17 39	I	157 km.
42	"	3	"	17000 kg.	N.-S.	II _v	10 41 53	10 42 04	10 42 15	10 45 43	I	82 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	II _v	10 41 53	10 42 05	10 42 16	10 46 06	I	90 km.
	"	"	"	80 kg.	Z.	I _v	10 41 53	10 42 05	10 43 21	10 46 37	I	90 km.
43	"	15	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	18 00 53	.....	18 01 18	18 04 35	I	.....
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	18 00 53	18 01 04	18 01 12	18 04 35	I	82 km.
44	"	19	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	17 12 38	17 12 51	17 12 56	17 14 47	I	97 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	17 12 39	17 12 51	17 12 57	17 16 15	I	90 km.
45	"	27	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	2 42 15	2 42 27	.....	2 45 17	I	90 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	2 42 15	2 42 28	2 42 36	2 45 10	I	97 km.
46	"	"	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	5 36 46	5 36 58	5 37 02	5 39 36	I	90 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	5 36 46	5 36 59	5 37 07	5 39 45	I	97 km.
47	"	28	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	15 34 03	15 34 15	15 34 18	15 36 58	I	90 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	15 34 03	15 34 16	15 34 20	15 37 02	I	97 km.
48	Enero 1913	14	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	4 40 12	4 40 24	4 40 31	4 43 23	I	90 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	4 40 12	4 40 24	.....	4 42 39	I	90 km.
49	"	"	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	5 41 40	5 41 53	.....	5 44 45	I	97 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	5 41 40	5 41 53	5 41 57	5 44 40	I	97 km.
50	"	"	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	18 33 41	18 33 58	18 34 08	18 37 01	I	127 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	18 33 41	18 33 57	.....	18 36 11	I	120 km.
51	"	24	"	17000 kg.	N.-S.	II _v	20 25 37	20 25 52	20 26 00	20 32 46	I	112 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	II _v	20 25 37	20 25 53	.....	20 29 07	I	120 km.
52	"	29	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	2 03 11	2 03 27	2 03 35	2 07 50	I	120 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	2 03 12	2 03 27	2 03 34	2 08 19	I	112 km.
53	Febrero 1913	4	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	4 36 21	4 36 33	4 36 38	4 41 11	I	90 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	4 36 21	4 36 33	4 36 37	4 40 12	I	90 km.
54	"	21	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	18 59 19	18 59 37	.....	19 08 09	I	135 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	18 59 19	.....	.....	19 08 09	I	.....
55	"	23	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	22 48 32	22 48 48	22 48 54	22 55 40	I	120 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	22 48 32	22 48 46	.....	22 52 22	I	105 km.
56	"	"	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	23 01 36	23 01 54	23 02 08	23 05 03	I	135 km.
57	Marzo 1913	15	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	7 38 51	7 39 08	7 39 27	7 43 30	I	127 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	7 38 51	7 39 08	7 39 24	7 42 29	I	127 km.
58	"	19	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	5 38 49	5 39 03	5 39 11	5 42 16	I	105 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	5 38 48	5 39 02	5 39 10	5 41 48	I	105 km.
59	"	23	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	23 56 04	23 56 18	.....	23 59 48	I	105 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	23 56 04	23 56 16	.....	23 58 21	I	90 km.
60	"	24	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	6 00 57	6 01 11	6 01 16	6 05 45	I	105 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	6 00 57	6 01 10	6 01 11	6 05 51	I	97 km.
61	Abril 1913	13	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	17 08 31	17 08 45	17 09 60	17 13 24	I	105 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	17 08 31	17 08 44	.....	17 11 25	I	97 km.
62	"	15	"	17000 kg.	N.-S.	I _v	4 12 39	4 12 49	4 12 55	4 15 48	I	75 km.
	"	"	"	17000 kg.	E.-W.	I _v	4 12 39	4 12 49	4 12 52	4 14 57	I	75 km.

temblor del 19 de Noviembre de 1912, registrados en la Estación Seismológica desde esa fecha hasta el 15 de Abril de 1913

Inicio de las fases en tiempo medio de Greenwich			Grado (Cancari).	Distancia según la fórmula (2) de Omori.	EMPLEADOS DE TURNO	OBSERVACIONES
L	M	F				
59 ^s	14 27 12 ^s	14 27 19 ^s	14 36 34 ^s	I	97 km.	Camacho y Gortari.
59	14 27 11	14 27 26	14 33 59	I	90 km.	
59	15 15 14	.....	15 18 58	I	112 km.
59	15 15 14	.....	15 19 05	I	112 km.
47	15 35 02	.....	15 37 32	I	112 km.
58	.....	.....	16 13 18	I	.....
58	16 10 18	16 10 26	16 12 42	I	150 km.	
02	.....	.....	16 31 02	I	.....
02	.....	.....	16 31 02	I	.....
09	17 35 23	17 35 39	17 40 39	I	105 km.	
09	17 35 25?	17 35 41	17 38 41	I	120? km.	
49	17 55 05	17 55 41	18 00 21	I	120 km.	
49	17 55 09?	17 55 21	17 59 47	I	?	
10	18 03 30?	.....	18 06 18	I	?
10	18 03 26	.....	18 05 06	I	?
53	18 50 09	18 50 29	18 52 37	I	120 km.	
53	18 50 09	.....	18 52 57	I	120 km.
47	22 36 01	22 36 07	22 43 07	I	104 km.	
47	22 35 59	22 36 17	22 42 50	I	90 km.	
35	23 22 48	23 22 54	23 27 11	I	97 km.	
35	23 22 46	23 22 55	23 26 13	I	82 km.	
24	23 28 43	.....	23 34 06	I	142 km.
24	23 28 43	23 28 52	23 33 04	I	142 km.	
41	.....	.....	23 47 17	I	.....
41	23 40 00	23 40 42	23 43 02	I	142 km.	
35	1 36 50	1 37 20	1 42 07	I	112 km.	
35	1 36 50	1 37 44	1 40 10	I	112 km.	
28	.....	.....	2 05 43	I	.....
28	2 01 48	2 01 57	2 06 07	I	150 km.	
43	3 11 56	.....	3 14 05	I	97 km.
23	6 57 45	6 57 56	7 00 09	I	165 km.	
30	7 25 47	7 25 58	7 29 19	I	127 km.	
51	.....	.....	9 58 14	I	.....
51	9 54 10	9 54 23	9 58 24	I	142 km.	
27	10 50 46	10 51 05	10 55 18	I	142 km.	
27	10 50 44	10 50 59	10 55 20	I	127 km.	
15	11 39 34	.....	11 41 25	I	142 km.
15	.....	.....	18 00 30	I	.....
15	17 56 34	17 56 56	17 59 07	I	142 km.	
36	19 05 57	.....	19 09 19	I	157 km.
36	19 05 55	19 05 58	19 08 39	I	142 km.	
32	4 22 51	4 23 32	4 27 56	I	142 km.	
32	4 22 54?	4 23 24	4 26 54	I	.....
19	.....	.....	19 16 22	I	.....
18	19 13 33	19 14 15	19 16 45	I	112 km.	
23	.....	20 22 14	20 25 32	I	.....
23	20 21 41	20 22 11	20 24 26	I	134 km.	
59	.....	20 31 44	20 34 29	I	.....
59	20 31 17	20 31 51	20 33 24	I	135 km.	
11	23 59 29?	00 00 06	00 02 49	I	135? km.	
11	23 59 26	00 00 00	00 01 36	I	112 km.	
56	3 55 06	3 55 51	3 57 45	I	75 km.	
56	3 55 07	.....	3 57 26	I	82 km.
11	14 13 23	14 13 41	14 18 05	I	90 km.	
11	14 13 24	14 13 42	14 17 52	I	97 km.	
35	20 33 51	.....	20 36 21	I	120 km.
56	21 02 11	21 02 13	21 04 10	I	112 km.	
50	14 20 02	14 20 27	14 23 27	I	90 km.	
57	2 12 18	2 12 33	2 18 12	I	157 km.	

Registro de los choques subsecuentes del temblor del 19 de Noviembre de 1912,
Central desde esa fecha hasta el 15 de Abril de 1913

Número progresivo.	FECHA		INSTRUMENTO			Caracter.	Principio de las fases en tiempo medio de Greenwich				Grado (Caucani).	Distancia según la fórmula (2) de Omori.	EMPLEADO
	Mes	Día	Autor	Masa	Componente		P	L	M	F			
1	Noviembre	19	Wiechert.	200 kg.	N.-S.	I _v	14 ^h 26 ^m 59 ^s	14 ^h 27 ^m 12 ^s	14 ^h 27 ^m 19 ^s	14 ^h 36 ^m 34 ^s	I	97 km.	Camacho
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	14 26 59	14 27 11	14 27 26	14 33 59	I	90 km.	"
2	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	15 14 59	15 15 14	.....	15 18 58	I	112 km.	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	15 14 59	15 15 14	.....	15 19 05	I	112 km.	"
3	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	15 34 47	15 35 02	.....	15 37 32	I	112 km.	"
4	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	16 09 58	.....	.....	16 13 18	I	.....	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	16 09 58	16 10 18	16 10 26	16 12 42	I	150 km.	"
5	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	16 28 02	.....	.....	16 31 02	I	.....	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	16 28 02	.....	.....	16 31 02	I	.....	"
6	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	17 35 09	17 35 23	17 35 39	17 40 39	I	105 km.	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	17 35 09	17 35 25?	17 35 41	17 38 41	I	120? km.	"
7	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	17 54 49	17 55 05	17 55 41	18 00 21	I	120 km.	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	17 54 49	17 55 09?	17 55 21	17 59 47	I	?	"
8	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	18 03 10	18 03 30?	.....	18 06 18	I	?	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	18 03 10	18 03 26	.....	18 05 06	I	?	"
9	"	"	"	200 kg.	N.-S.	I _v	18 49 53	18 50 09	18 50 29	18 52 37	I	120 km.	"
	"	"	"	200 kg.	E.-W.	I _v	18 49 53	18 50 09	.....	18 52 57	I	120 km.	"
10	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	II _v	22 35 47	22 36 01	22 36 07	22 43 07	I	104 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	II _v	22 35 47	22 35 59	22 36 17	22 42 50	I	90 km.	"
11	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	II _v	23 22 35	23 22 48	23 22 54	23 27 11	I	97 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	23 22 35	23 22 46	23 22 55	23 26 13	I	82 km.	"
12	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	23 28 24	23 28 43	.....	23 34 06	I	142 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	23 28 24	23 28 43	23 28 52	23 33 04	I	142 km.	"
13	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	23 39 41	.....	.....	23 47 17	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	23 39 41	23 40 00	23 40 42	23 43 02	I	142 km.	"
14	"	20	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	1 36 35	1 36 50	1 37 20	1 42 07	I	112 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	1 36 35	1 36 50	1 37 44	1 40 10	I	112 km.	"
15	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	2 01 28	.....	.....	2 05 43	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	2 01 28	2 01 48	2 01 57	2 06 07	I	150 km.	"
16	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	3 11 43	3 11 56	.....	3 14 05	I	97 km.	"
17	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	6 57 23	6 57 45	6 57 56	7 00 09	I	165 km.	"
18	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	7 25 30	7 25 47	7 25 58	7 29 19	I	127 km.	"
19	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	9 53 51	.....	.....	9 58 14	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	9 53 51	9 54 10	9 54 23	9 58 24	I	142 km.	"
20	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	II _v	10 50 27	10 50 46	10 51 05	10 55 18	I	142 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	II _v	10 50 27	10 50 44	10 50 59	10 55 20	I	127 km.	"
21	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	11 39 15	11 39 34	.....	11 41 25	I	142 km.	"
22	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	17 56 15	.....	.....	18 00 30	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	17 56 15	17 56 34	17 56 56	17 59 07	I	142 km.	"
23	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	19 05 36	19 05 57	.....	19 09 19	I	157 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	19 05 36	19 05 55	19 05 58	19 08 39	I	142 km.	"
24	"	21	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	4 22 32	4 22 51	4 23 32	4 27 56	I	142 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	4 22 32	4 22 54?	4 23 24	4 26 54	I	.....	"
25	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	19 13 19	.....	.....	19 16 22	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	19 13 18	19 13 33	19 14 15	19 16 45	I	112 km.	Patino y
26	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	20 21 23	.....	20 22 14	20 25 32	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	20 21 23	20 21 41	20 22 11	20 24 26	I	134 km.	"
27	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	20 30 59	.....	20 31 44	20 34 29	I	.....	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	20 30 59	20 31 17	20 31 51	20 33 24	I	135 km.	"
28	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	23 59 11	23 59 29?	00 00 06	00 02 49	I	135? km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	23 59 11	23 59 26	00 00 00	00 01 36	I	112 km.	"
29	"	23	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	3 54 56	3 55 06	3 55 51	3 57 45	I	75 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	3 54 56	3 55 07	.....	3 57 26	I	82 km.	"
30	"	"	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	14 13 11	14 13 23	14 13 41	14 18 05	I	90 km.	"
	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	14 13 11	14 13 24	14 13 42	14 17 52	I	97 km.	"
31	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	20 33 35	20 33 51	.....	20 36 21	I	120 km.	"
32	"	"	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	21 01 56	21 02 11	21 02 13	21 04 10	I	112 km.	"
33	"	24	"	1200 kg.	E.-W.	I _v	14 19 50	14 20 02	14 20 27	14 23 27	I	90 km.	"
34	"	25	"	1200 kg.	N.-S.	I _v	2 11 57	2 12 18	2 12 33	2 18 12	I	157 km.	"

los miembros de la comisión; pues, para conocer los límites del error que puede cometerse al aceptar un coeficiente, debe tenerse presente la distancia de la estación al foco y las dimensiones de este último; cuando la distancia es pequeña y el foco puede hallarse indistintamente en un segmento o en otro de un accidente tectónico que aparentemente es de grande extensión, la fórmula no merece ninguna confianza.

El cuadro de los registros de los choques subsecuentes nos enseña que hay una concordancia muy grande en la duración del intervalo (L-P); los datos instrumentales se prestan á la determinación de las constantes; además, la fórmula (2) de F. Ōmori se acerca bastante a la verdad; pero, no podemos intentar una corrección para adaptarla á las condiciones propias del medio en que se han propagado las ondas, porque precisamente por ser pequeña la corrección que necesitamos hacerle, se impone la condición de que las coordenadas del foco sean exactas.

Del exámen del cuadro de la página 112, se desprende que la fórmula (1) de F. Ōmori, nos dá resultados que se aproximan más a la distancia calculada, cuando esta pasa de 100 km. y que la (2) se aproxima más que la (1) a la distancia calculada cuando es menor que 100 km. esto se explica porque F. Ōmori encontró la fórmula (2) por las observaciones de temblores locales.

Aprovechando las ventajas que ofrece la representación gráfica de la marcha de un fenómeno o de la ley a que obedece, nos ha parecido conveniente hacer una interpretación del cuadro de choques subsecuentes por medio de los diagramas números 1-2, láms. LXXIV y LXXV. El primero tiene por objeto marcar las distancias máxima y mínima de la Estación Seismológica de Tacubaya a los epifocos comprendidos en la zona megaséismica que se estudió y adoptando una magnitud proporcional al número de choques registrados a la misma distancia, ha sido fácil expresar las distancias epifocales que con mayor frecuencia se presentan; y si la fórmula de F. Ōmori: $\Delta \text{ km.} = 7,48 (L-P) \text{ seg.}$, fuera rigurosamente exacta en este caso especial quedarían por este medio, fijados los límites dentro de los cuales varían en distancia los epifocos que pertenecen a los lugares conmovidos con más frecuencia; estos límites son: 75 km. y 165 km. de Tacubaya. Los números colocados enfrente de cada segmento de ordenada son los números progresivos con los cuales se designan en el cuadro a cada movimiento. La distancia $\Delta = 0$ en la distancia *media* a que se encuentra el epifoco de la Estación. En esta determinación hemos promediado todas las distancias en vista de que las extremas, que rigurosamente no se debían tomar en consideración, se alejan casi simétricamente de la región más favorecida por el número de choques.

El segundo diagrama, construido tomando por abscisas el tiempo y por ordenadas las distancias epifocales, es probablemente más instructivo que el anterior: demuestra desde luego el decrecimiento desde el 19 de Noviembre del año próximo pasado hasta el 13 del presente, en la frecuencia de los choques y en cuanto a la distancia media, que con facilidad revela el primer diagrama, aquí quedaría representada por el valor de la ordenada media de la curva. También se nota que tan pronto era conmovida una región como otra de la zona mencionada y esta idea de *sucesión* no queda expresada en el diagrama núm. 1 (Lámina LXXIV).

La combinación de estos diagramas, o por lo menos el núm. 2, con el rumbo de donde proviene el impulso longitudinal de cada movimiento, nos daría por resultado un conocimiento más completo de la manera de presentarse de estos movimientos sísmicos, pues en un sistema de coordenadas polares tomando como origen a la Estación Central, tendríamos la variación de situación del epifoco en *tiempo y en distancia*; la representación geométrica de este fenómeno sería interesante, pero la dificultad más grande es la medida del impulso inicial del suelo, que en la mayoría de estos microseismos es imposible realizar. En el curso del estudio, esta imposibilidad nos ha impedido aplicar el método del Príncipe B. Galitzin. En ambos diagramas no tiene representación la intensidad de cada choque; pero podemos decir que todos son microseismos del primer grado en Tacubaya. El péndulo horizontal de 17,000 kg. ha proporcionado los registros, pero en la región sísmica se han sentido los temblores en mayor número, con el carácter de locales, lo que demuestra que los últimos focos de vibración son muy poco profundos.



IV.—CAUSA DEL TEMBLOR Y PROFUNDIDAD DEL FOCO

De propósito hemos dejado este capítulo para el final, con el objeto de que aparezcan claramente, hasta donde lo permitan los datos recogidos en una excursión rápida, los hechos, que pueden conducirnos a la investigación de la causa geológica que produjo el temblor del 19 de Noviembre de 1912.

Dos factores importantes existen: además de la erosión, han intervenido en la formación del relieve el dislocamiento y el volcanismo: uno, el volcanismo, asociado al fracturamiento y el otro, el dislocamiento, revelándose a través del anterior. Del dislocamiento hay huellas superficiales de una actividad anterior y de la actual; del volcanismo encontramos solamente los restos de una enorme actividad pasada y ninguna muestra de la presente: las dos actividades ocasionan movimientos sísmicos de los que se pueden apreciar algunos caracteres que los diferencian; y estos, en esta vez, corresponden a la segunda: ¿a cuál de las dos atribuir el fenómeno de esa fecha?

Como hemos visto, la región megasísmica queda comprendida en un bloque (o más bien bloques) alargado de Este a Oeste y hundido, limitado al Norte por una dislocación de igual dirección a su alargamiento, con sus antiguos planos de resbalamiento, y al Sur, por otra que, aunque presenta caracteres topográficos semejantes a la primera y es paralela a ella, no tienen esos planos de resbalamiento. Esos planos por la posición que guardan indican movimientos anteriores verticales producidos durante largos períodos de tiempo, como ya lo señalamos, y que se han traducido por desnivelaciones conservadas hasta el presente. Estas desnivelaciones han ocasionado temblores, que en nuestro caso, para evitar discusiones admitiremos que los han producido únicamente cuando han sido bruscos.

Ahora bien; con el movimiento sísmico quedaron huellas que hacen presumir cambios de posición entre dos porciones y esas huellas (desnivelaciones aparentes) coinciden con las encontradas en el terreno en escala considerable, y si a lo anterior agregamos que los caracteres del movimiento, por lo que se refiere a dirección, líneas marcadas de destrucción, contraste notable entre la zona pleistosísmica y las adyacentes, area conmovida y a la ninguna manifes-

tación exterior que indique que los volcanes hayan sufrido modificación alguna en su economía, todo eso nos autoriza a manifestar que: el temblor de las 7^h 18^m 27^s del 19 de Noviembre del año próximo pasado, fué la repetición de una de las fases por las que ha pasado el relieve dislocado de la región. O de otro modo, como lo expresan los seismologistas: "un compartimiento de la corteza terrestre que se movió entre las dislocaciones que lo limitan para volver a encontrar, por reajustes, su equilibrio que se rompió bruscamente."

Para hacer más clara la comprensión de lo anterior, se recurre generalmente, a comparar los bloques que forman la corteza terrestre, en terrenos dislocados por fallas escalonadas, a las dovelas de un arco, cuyos planos de separación o "juntas" están representados por los planos de falla y cuya posición de equilibrio queda sujeta así a las variaciones de los esfuerzos verticales y empujes laterales. Esas variaciones son atribuidas a modificaciones que sufre la forma de nuestro planeta en las que se hace intervenir causas internas y hasta externas. Sin entrar a discutir las causas primordiales que producen estas variaciones y refiriéndonos, en nuestro caso a un cambio en los esfuerzos interiores que obran sobre los bloques, uno de ellos se hundió y el movimiento se produjo a lo largo de la falla de Acambay-Tixmadeje, principalmente, y de las otras líneas supuestas de fractura de la parte meridional, y como dichas dislocaciones, o sean las "juntas" de nuestras dovelas, no son exactamente planos verticales sino que la de Acambay tiene un echado hacia el Sur y la que limita la porción meridional hacia el Norte, de aquí resulta una componente horizontal para ambas que puede explicar muy bien la caída de algunas personas y edificios de un sólo golpe hacia el Norte, correspondiente a un desalojamiento del suelo hacia el Sur o sea hacia la misma dirección del echado, en la porción septentrional de la zona. De la meridional, sólo tenemos una declaración de un testigo que manifiesta que sintió el movimiento hacia el Sur y vió el agua de un canal desbordarse hacia esa dirección. (Esta noticia nos la proporcionó el Sr. D. Antonio Mendía, empleado de la hacienda de Toxi, quien ya ha tenido oportunidad de sentir temblores bastante intensos en otros lugares y quien, por la circunstancia de hallarse a esas horas en el campo, no corrió riesgo alguno y pudo, por lo mismo, darse cuenta muy bien del primer impulso del movimiento). Igual indicación presenta la parte superior de la torre de la Iglesia de San Pedro Potla, como puede verse en la fig. 78 de la lám. XLIX, que está situada al pie de "El Batán" en la misma porción meridional: por lo que creemos que no es aventurado señalar la existencia de una fuerte desviación del suelo hacia el Norte, en esta porción. Una explicación gráfica de cómo se produjo el temblor figura en la lámina LXXIII.

Las otras líneas tectónicas, de menor importancia, que existen dentro y fuera de este bloque, entraron también en actividad simultáneamente, por lo que la región experimentó sacudidas de orígenes diferentes. Estos nuevos focos se presentaron con mayor claridad en los choques subsecuentes que hasta la fecha tienen lugar y son producidos por los reajustes de que hablamos en la expresión usada para explicar el origen del temblor. Esto no quiere decir que en los movimientos futuros no puedan intervenir los otros factores, como el volcanismo, sino al contrario, pueden ser provocados por estos mismos movimientos.

Fieles a nuestro propósito de no consignar en este informe datos que no estén apoyados sobre la observación directa y que sean el resultado de una especulación teórica, por medio del cálculo, no damos la profundidad del foco que, en nuestro caso, sería más bien investigar desde donde se inició el movimiento, puesto que se verificó a lo largo de los planos de falla que alcanzan la superficie. Por los efectos que vimos, por los datos geológicos, que influyen mucho sobre las ideas que se forja uno acerca de la profundidad a que se pueden encontrar las causas capaces de producir estos sacudimientos, nos inclinamos a creer que no es profundo y que comparada esta profundidad que alcanza, con las dimensiones del planeta podemos considerarlo como superficial. Por otra parte, no existe aún un medio seguro para determinarlo. Tal vez más tarde alguno de nosotros hará cuando reciba más datos¹ un ensayo.



¹ Esos datos consisten en los seismogramas del temblor obtenido en las estaciones extranjeras. En la actualidad solamente hemos recibido 14 registros consignados en los catálogos ordinarios; y de ellos solamente 4 traen el tiempo del principio de las tres primeras fases del temblor.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Hemos intentado recoger el mayor número de datos que nos pueden ilustrar acerca de los rasgos generales de la constitución y estructura de la porción de la corteza terrestre que fué fuertemente conmovida y en la que tuvo lugar la catástrofe; hemos procurado reunir detalles que permiten reconstruir algunas de las fases más importantes, o al menos, aquellas que por las huellas que dejaron de destrucción suministraron provechosas enseñanzas, tanto para los que se dedican a esta clase de estudios cuanto para los que están destinados a morar en esa zona; hemos tratado de seguir el movimiento hasta donde los aparatos de nuestra red seismológica existen, analizando los que registraron y hemos en fin, señalado la causa aparente: no volveremos a repetir más lo que ya se ha dicho, solamente queremos manifestar, antes de concluir este informe, que si no hemos podido suministrar noticias nuevas para la geología y seismología en general, sí por lo que se refiere a nuestro país creemos que el temblor del 19 de Noviembre de 1912 figurará entre los más importantes, puesto que es un nuevo foco que ha entrado en actividad en un terreno volcánico y dislocado, cercano a la ciudad de México. Y a propósito de temblores, pensamos también que en vista de la frecuencia con que se repiten estos sacudimientos, la Seismología va a llegar a ser aquí con el transcurso del tiempo, como en el Japón, una ciencia nacional. Quizás los datos recogidos por nosotros no inspiren el interés que merecía un estudio detenido de la zona; pero esperamos que siquiera la vista de algunas fotografías atraigan la atención y se inicien trabajos más en forma de las dislocaciones en terrenos de rocas efusivas en los que el temblor vino a poner en relieve la gran importancia que tienen. Prolongando ese estudio a unos cuantos kilómetros, menos de un centenar al Sureste, ya tenemos el Valle de México. Quién sabe cuantas sorpresas nos están reservadas y entre ellas pudiera haber alguna que nos hiciera útiles advertencias.

En lo que se refiere al problema geológico:

I.—La zona megaséismica quedó comprendida dentro de una zona netamente volcánica y claramente dislocada.

II.—El movimiento se produjo a lo largo de la principal dislocación, la fa-

lla de Acambay-Tixmadeje, siendo de duración muy corta, y en el que predominó el carácter oscilatorio en la dirección Norte-Sur. La dirección alcanzó su mayor grado en las poblaciones que se encuentran situadas en las líneas tectónicas y al pie de las pendientes más fuertes.

III.—Los efectos más notables del temblor en el terreno, fueron la formación de grietas, dirigidas de Este a Oeste, transversalmente a la dirección de mayor intensidad del movimiento, con desnivelaciones en los bordes en algunas partes y con ruptura de ellos en los lugares donde hubo compresión. Son de gran importancia por la longitud que alcanzan, por el paralelismo que guardan entre sí y con los sistemas montañosos, por su formación tanto en terrenos coherentes como en terrenos macizos, y por su coincidencia con los accidentes tectónicos de la región.

IV.—La circulación de las aguas superficiales, con excepción de los derrumbes que se produjeron en las márgenes del río Lerma y que lo azolvieron en parte, por los propios escombros, no presentan a la vista cambios perceptibles de desnivelación. En cambio la circulación subterránea sufrió modificaciones bastante notables en zona mayor que la megaséismica. En el fondo de algunos valles, dentro de esta zona, hubo las eyecciones de agua y lodo que acompañan a los grandes temblores.

V.—El temblor por su origen es tectónico y por los efectos que produjo puede considerarse como un megaséismo.

Dado el carácter y origen del temblor y como estos continúan sería interesante saber las deformaciones reales que sufre esa pequeña porción de la corteza terrestre con esos movimientos y resolver el problema “de si las grietas abiertas en el terreno tienden a ser el sitio de desnivelaciones cada vez más marcadas.”¹

De su resolución se ha encargado la Dirección del Instituto Geológico y actualmente se encuentra la Sección de Topógrafos en el lugar. El resultado de sus trabajos será dado a conocer en su oportunidad.

Igual cosa se pudiera decir de un levantamiento geológico detallado de la región por los problemas que presenta reunido el volcanismo y el fracturamiento.

Por lo que se refiere al problema mecánico:

I.—El temblor del 19 de Noviembre de 1912, fué registrado en todas las Estaciones de la Red Seismológica Nacional.

¹ Este problema ya se ha intentado resolver en otros países aunque con poco éxito y ésto lo atribuyen los seismólogos a que escogieron mal el lugar; pero insisten en que se prosiga y tienen fé en el éxito. Por nuestra parte, creemos que la ocasión se presenta favorable y el sitio no puede ser mejor escogido.

II.—En Tacubaya el principio del movimiento fué impetuoso y esto permitió localizar el epifoco por el método de B. Galitzin.

III.—Desde el punto de vista seismográfico fué posible desde luego identificar el origen de este movimiento con el de los microseísmos anteriores del 27 de Abril y 18 de Noviembre del mismo año.

IV.—Queda demostrado por la comparación de los resultados que la fórmula de F. Omori: $km. = 7.48 (L-P) \text{ seg.}$, debe sufrir una ligera corrección para ser aplicada con mejores resultados en los casos de temblores "domésticos" o locales (a menos de 100 km.).

V.—Tal corrección queda aplazada para cuando se puedan combinar las observaciones instrumentales del campo con las de nuestras estaciones seismológicas y se cuente con las coordenadas geográficas de varios puntos dentro de las regiones conmovidas por temblores.

VI.—Con el fin de alcanzar el mejor resultado en la localización de la parte o partes de la falla que son focos más activos de vibración, es conveniente que funcione una estación movable cerca y dentro de la zona megaséismica para elegir el mejor sitio de las observaciones y también para que con la variación de distancias entre el foco y la estación se adquieran observaciones útiles para el mejoramiento de las fórmulas; enlazando en todo caso esas observaciones con las de la Estación Central, que de las que forman la Red, es la más a propósito para estudiar la zona aludida. El *fracturamiento* de una estación con ese carácter especial permitirá estudiar los meros focos cuya actividad comienza a manifestarse en la misma región sísmica y en su cercanía. Los instrumentos adecuados para esta estación serían un seismógrafo horizontal y otro vertical (tromómetro) para movimientos rápidos del suelo.

VII.—Los datos acerca de la intensidad del fenómeno, suministrados por los instrumentos, están en desacuerdo con la intensidad aparente referida a cualquiera de las escalas empíricas.

VIII.—Las líneas de igual intensidad (isoseistas) no son curvas cerradas, sino líneas paralelas trazadas de E. a W. en la faja de terreno que se señala como de máxima intensidad.

