

Informe sobre las causas del derrumbe del Tranque de Barahona

El informe de los peritos señores Osvaldo Elorza y Miguel R. Machado acerca del derrumbe del tranque de relaves, Barahona, aparte su interés geológico y sismológico, reviste una importancia indiscutible en sus aplicaciones a la ingeniería hidráulica y se produce en circunstancia que hay en proyecto la construcción de grandes tranques de regadío en nuestro país. Habrá, pues, que tener en cuenta en lo sucesivo para calcular la resistencia y disposición de materiales en dichas obras, el evento de las fuerzas sísmicas actuando en forma de levantamiento del suelo que pueden alcanzar hasta unos cincuenta centímetros en extensiones de varios metros superficiales; levantamientos que en el informe a que damos cabida a continuación, aparecen como factor determinante de la catástrofe de Barahona que tan serios perjuicios ocasionó en vidas humanas y en intereses materiales.

La Redacción.

INDICE DE MATERIALES DEL INFORME PERICIAL SOBRE EL ACCIDENTE DEL TRANQUE BARAHONA.

Introducción.

- 1.—Importancia científica.
- 2.—El interés público.
- 3.—Aspecto geológico.
- 4.—Responsabilidad de la Empresa.
- 5.—Cometido de los peritos.
- 6.—El punto esencial.
- 7.—Plan del informe.
- 8.—Consideración previa.
- 9.—Medios de investigación.

PRIMERA PARTE.

LAS CONDICIONES DEL MURO

A) LOS RELAVES.

- 10.—Importancia de los relaves.
- 11.—Peligros de su evacuación.
- 12.—La Ley 3133.
- 13.—El beneficio del cobre.
- 14.—La espumación.
- 15.—Clasificación de arenas.

B) LA UBICACION DEL TRANQUE.

- 16.—Cuatro tranques derrumbados.
- 17.—Primeros depósitos en la Quebrada Barahona.
- 18.—Los planos del tranque.
- 19.—La hoya hidrográfica.
- 20.—Desniveles de la poza.
- 21.—Geología de la región.
- 22.—Aspectos sísmicos.
- 23.—Rocas sísmicas.

C) LA CONSTRUCCION DEL MURO.

- 24.—Tranques de riego y tranques de relaves.
- 25.—Los cimientos.
- 26.—La función de los conos.
- 27.—Dimensiones del muro.
- 28.—El contenido del tranque.
- 29.—Decantación y salida de las aguas.

SEGUNDA PARTE

LA ACCIÓN DEL SISMO

A) LAS HUELLAS DE LA CATASTROFE.

- 30.—Las materias salidas con el derrumbe.
- 31.—El viraje de las capas del muro.
- 32.—Cortes verticales de las capas.
- 33.—Fluidez del fango.
- 34.—La línea negra del aceite y su desnivelación.
- 35.—Arenas incrustadas cerca del campamento.

B) EL DESLIZAMIENTO DEL MURO.

- 36.—La vigilancia del tranque.
- 37.—Un vacío de la Ley 3133.
- 38.—Declaración de testigos.
- 39.—Las pruebas del deslizamiento.
- 40.—Las huellas de la catástrofe.
- 41.—Un muro apto para deslizarse.
- 42.—Como fué el levantamiento.
- 43.—Influencia de anteriores sismos.
- 44.—No hubo choque de las aguas.
- 45.—La acción directa del temblor.
- 46.—Conclusiones.
- 47.—Resumiendo.

INFORME PERICIAL SOBRE EL ACCIDENTE DEL TRANQUE
BARAHONA.

Rancagua, 15 de Abril de 1929.

Con los planos anexos, tenemos el honor de presentar a US. el informe siguiente, sobre el accidente del tranque Barahona, por el cual ordenó US. la instrucción del sumario correspondiente a fin de establecer las responsabilidades penales que pudieran haber con motivo del siniestro, a los constructores de la obra, a los que la utilizaban y debían cuidar de su conservación o a terceros que la hubiesen socavado maliciosamente.

I

Por autos de 3 de Diciembre y de 11 de Marzo próximos pasados, respectivamente, fuimos, los técnicos que suscribimos el presente informe, nombrados peritos, en razón de las especialidades profesionales de cada uno de nosotros; y teniendo en cuenta los diversos problemas o aspectos del asunto, cuyo esclarecimiento requería conocimientos de índole también distinta: ingeniería hidráulica, arquitectura, geología, etc.

La importancia del asunto en su aspecto científico, ha sido debidamente considerada por el Cuerpo de Ingenieros de nuestro país, cuyo Instituto ha abierto un debate al respecto, actualmente, y éste se ha iniciado por una interesante conferencia del ingeniero hidráulico señor don Guillermo Agüero.

En el informe presente se utilizan importantes observaciones de este competente profesional, recogidas por nosotros en la expresada conferencia, así como también los datos y apreciaciones de otros caracterizados técnicos en la materia.

II

No podíamos los suscritos considerarnos, sin esa ayuda, suficientemente aptos para desempeñar el cometido con que US. nos honrara.

El asunto ha preocupado vivamente al Supremo Gobierno, por la trascendencia que encierra para diversas y magnas obras hidráulicas que ahora se emprenden por cuenta del Estado.

El señor Ministro de Fomento ha concurrido personalmente al debate habido en el Centro de Ingenieros.

Aparte del aspecto económico y fiscal, están en juego otros más vitales para la nación. Los tranques son amenazas para la vida de las personas que habitan sus alrededores, y los de los relaves atentan a veces contra la salubridad de las aguas que beben los moradores de las ciudades vecinas y comprometen la agricultura, haciendo infecundas y dañinas las aguas de regadío.

III

El tranque Barahona es el quinto tranque de la planta industrial y minera de El Teniente que sufre un accidente de consecuencias.

Pero la catástrofe del 1.º de Diciembre de 1928, ha sido la primera en que intervienen causas sísmicas, circunstancia que ha inducido a sospechar que dicho aspecto no sea el único que deba tomarse en cuenta.

Dentro del aspecto sísmico, y con ilustrado criterio, ha estimado US. indispensable la investigación geológica del tranque y su región. El último gran temblor de Talca, comprobó una vez más y en forma tangible la importancia de la naturaleza de las rocas en la propagación de los temblores, puesta de manifiesto por el geólogo firmante en numerosas publicaciones, desde 1906, en que a raíz del terremoto del 16 de Agosto tuvo a bien el Gobierno designarlo perito para investigar las causas geológicas del fenómeno y poder así tomarlas en cuenta en la edificación de ciudades y ubicación de tranques y demás obras hidráulicas.

En los tranques de relaves, que son simples depósitos o montículos de arena, fácilmente escurridiza, la acción de los sismos es especialmente constatable y, como veremos, hacen éstos variar la orientación de los taludes, lo que si no determina una catástrofe inmediata, la prepara, y entonces un nuevo sismo más intenso la produce. Y es éste uno de los hechos observados en el caso presente.

Por lo demás, en Chile hay diariamente, sacudimientos insensibles pero que sólo el terreno suelto sobre roca firme los padece.

IV

Al avanzar las anteriores apreciaciones nos hemos propuesto justificar la extensión del informe con la importancia del asunto y recalcar sus aspectos de mayor interés público.

Nos resta una consideración previa y general respecto al interés de la Braden Copper C.º, ligada también fuertemente a la economía de Chile.

La paralización de las faenas y después la restricción de sus labores productoras, a consecuencia del siniestro, significan para ella algunos millones de dollars perdidos.

Los ingenieros de esta Compañía no se explican satisfactoriamente cómo, el sismo, por sí solo, haya producido el derrumbe violento de la muralla del tranque, y delicadamente pesan sus responsabilidades.

Nadie, pues, más vivamente que la Compañía ha debido sentir las consecuencias de la catástrofe.

Su interés humanitario, bien comprobado, la hace ya preocuparse de indemnizar a las familias afectadas por las desgracias personales, sin esperar un pronunciamiento legal de las autoridades, que por lo demás no temen en conciencia que les sea adverso, los respetables directores de la Empresa.

La culpa de las deficiencias técnicas parece desde luego mitigada considerablemente, u obscurecida, por la novedad y complicación del problema que la determina.

V

Comprenderá fácilmente US. con cuanto interés y con cuantos esfuerzos hemos tratado de corresponder a la confianza y a la honra que US. nos ha dispensado al nombrarnos peritos en un asunto de tal magnitud.

Nuestra misión, felizmente, es clara y precisa dentro de los términos de los decretos de US. que contienen nuestros respectivos nombramientos.

Por auto de 3 de Diciembre de 1928, se ordena al ingeniero suscrito, Osvaldo Elorza, informar:

“Acerca de la estructura del tranque Barahona;

Acerca de la solidez del muro que contenía los relaves;

Acerca de si en su construcción se usaron materiales adecuados y se consultaron las reglas de la técnica;

Acerca de si la rotura y desbordamiento del tranque se debió única y exclusivamente al movimiento sísmico,

Acerca de si pudo consultarse en la construcción alguna defensa contra temblores;

Acerca de si pudo evitarse la catástrofe por algún medio de previsión o emergencia, y, en fin;

Acerca de lo que la ciencia del perito le sugiera”.

Con fecha 11 de Marzo ppdo. decretó además US. lo siguiente:

“Nómbrese al profesor de Geología don Miguel R. Machado para que en calidad de perito informe, conjunta o separadamente:

Acerca de la constitución geológica del terreno sobre que se ubica el tranque de Barahona; y

Acerca de si la constitución geológica del terreno, el terremoto u otra causa es la que ha producido el derrumbe”.

VI

Se ve, pues, de las actuaciones copiadas, que las responsabilidades penales que se trata de esclarecer, quedan subordinadas al hecho de que técnicamente se hubiese podido o no evitar, aminorar la fuerza y violencia, o disminuir los efectos de la catástrofe.

Evidentemente, al plantear este problema se supone averiguado que un temblor derribó, directa o indirectamente, la muralla del tranque en cuestión.

Por consiguiente, es sabido que la muralla no estaba en condiciones de resistir la acción del sismo.

Lo que se trata de esclarecer es: si todo esto se debió conocer técnicamente con antelación al siniestro; o si, el arte de la construcción asísmica no reviste todavía los caracteres de vulgarización que permitan exigir su empleo obligatorio.

Nos permitimos creer lo último; y, consecuentemente, no inculpamos a la Empresa de El Teniente por los accidentes que provocó la salida del tranque Barahona.

VII

La irresponsabilidad técnica que establecemos en el presente informe, deriva de dos factores:

Primero, debe considerarse el muro, sus materiales, su ubicación, su papel dentro de las finalidades del tranque, su estado al tiempo del temblor último; y, en general, el conjunto de sus condiciones.

Debe, en segundo lugar, estudiarse la *acción del sismo* sobre el muro, contemplando también en detalle y en conjunto, las características del fenómeno y la influencia que en su intensidad y forma hayan podido tener la geología de la región, la topografía de la hoya hidrográfica y la estructura del tranque y del muro.

Los dos factores señalados constituyen los datos del problema a resolver y sobre ellos hemos encaminado las investigaciones que consignamos más adelante.

VIII

Creemos útil anticipar uno de los hechos comprobados, y el más ostensible, que debe tenerse en cuenta como una premisa del problema técnico planteado. Es el hecho de que una sección del muro quedó incólume después del temblor; lo que prueba que esta sección se encontraba en distintas condiciones que la destruída por el sismo.

En realidad, se trata de un muro con cimiento natural y de tierra firme que impidieron el derrumbe de las arenas, como ocurrió en el otro muro, que era su continuación en línea casi recta, pero del cual lo separaba un montículo de roca.

La constatación de este hecho viene a justificar la forma cómo planteamos el problema de las responsabilidades, al dar por sentado que las condi-

ciones bien diversas del otro muro permitieron al temblor ejercer su acción destructora; y es también un fundamento de nuestra teoría sobre la acción de los sismos en las arenas. Teoría que, repetimos, no puede considerarse oficialmente dogmática todavía.

IX

Los medios de investigación y estudio que hemos empleado, han sido, como se comprende, principalmente la inspección ocular del terreno, a fin de constatar las huellas del sismo y de la catástrofe, de conocer la topografía y la condición geológica de la región; el examen de las arenas y relaves, la nivelación de la línea que el aceite de las aguas dejó en los faldeos rocosos del tranque, y demás observaciones pertinentes.

Presentamos a U.S., como anexo de este informe, los tres siguientes planos:

1.º A)—Plano de la región del tranque, quebradas, cerros vecinos con líneas de alturas;

2.º B)—Plano del tranque Barahona; y

3.º C)—Perfil que señala el levantamiento de las aguas y del terreno de la poza del tranque, con motivo del oleaje sísmico; y, además, una fotografía.

Aparte de nuestras investigaciones personales, hemos tratado de recoger testimonios de personas que conocieron circunstancias del siniestro; pero muy pocos datos nos ha procurado el personal de El Teniente. Lo más grave es que no se encuentran los planos con que se inició la construcción del tranque. Estos han desaparecido, o se hallan en poder de personas ausentes de Chile.

Es de creer que esta Empresa ha debido llevar algún libro, una especie de bitácora, para anotar las observaciones sobre el estado del tranque y los defectos que se conocieran en su funcionamiento.

Ya en 1924, hubo reclamaciones por su desagüe de parte de la Asociación de Canalistas del Cachapoal, y se obtuvo del Gobierno el envío del ingeniero don Guillermo Agüero, quien en 18 de Septiembre de ese año pasó al Ministerio de Fomento un interesante informe.

Muchos datos interesantes del presente han sido tomados de aquél. Más de cuatro meses de labor se han necesitado para presentar debidamente fundado el que nos corresponde evacuar.

Entramos ahora de lleno a la exposición de los hechos y conclusiones.

X

Hemos dicho que los hechos por investigar son relativos: a la condición del muro, y a la acción del sismo sobre él. El muro del tranque Barahona se formó, gradualmente, con el depósito de las arenas de los relaves procedentes del beneficio del cobre en las faenas de El Teniente; yacimiento que explota la Braden Copper C.º en SEWELL.

El tranque se llena con los demás residuos.

Importa, pues, conocer la composición y cantidades respectivas de estos relaves.

XI

Los relaves del beneficio del cobre, varían de composición según sea el procedimiento empleado para dejar al metal en condiciones de poder pasar a los hornos de fundición, que habrán de dejarlos convertidos en lingotes.

El procedimiento de beneficio depende no sólo de motivos técnicos, concernientes al interés particular, sino también de razones de interés social. No pueden emplearse líquidos nocivos que dañen, al ser evacuados, la salud de algún pueblo o los terrenos de cultivo. Tampoco pueden tratarse grandes masas de mineral que dejen residuos sólidos considerables en la pendiente de un cerro, sin tomarse precauciones de seguridad para los moradores de regiones situadas más abajo. De aquí la exigencia pública de los buenos tranques y de la conveniente neutralización y depuración de los líquidos.

XII

Después de una experiencia desgraciada de cuatro tranques en el río Coya, de la región de El Teniente, hubo de dictarse la Ley 3133, de 7 de Septiembre de 1916.

En su primer artículo, dispone esa ley: que los Establecimientos industriales no vaciarán en cauces naturales o artificiales, lagunas o depósitos, los relaves y líquidos de su funcionamiento que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin previa neutralización o depuración de tales residuos, por medios adecuados y permanentes; y en ningún caso podrá arrojarse a dichos cauces y depósitos las materias sólidas que puedan provenir de estos establecimientos.

XIII

Los residuos son compuestos de materias sólidas y líquidas. Las primeras provienen del mineral primitivo y han sido separadas del metal útil que va a la fundición; y los materiales líquidos, son los empleados para obtener dicha separación.

En el beneficio del cobre, depende el procedimiento empleado de la forma en que se presenta el metal, de su ley, de su abundancia y de la magnitud de la planta industrial que lo explota.

Así, por ejemplo, la Empresa de Chuquicamata, extrae un subsulfato de cobre, sustancia casi soluble en el agua, y que con una pequeña agregación de ácido sulfúrico, puede ser beneficiada.

A lo cual hay que añadir, que esa planta industrial no necesita preocuparse con la eliminación de las aguas sulfurosas que no aprovecha en nuevos lavados. Está ese establecimiento situado en medio de desiertos; no ofrece peligros la botadura de los relaves.

Muy otro es el caso de El Teniente.

XIV

En El Teniente se presenta el cobre en estado de sulfuro, en una aleación de azufre y de hierro. Y aunque en ese estado podría ser inmediatamente fundido, no resulta económica la fundición, porque la ley del cobre es muy baja, un 2 % y más conviene concentrarlo antes de llevarlo a los hornos.

La abundancia del mineral, compensa los costos del procedimiento. Pueden beneficiarse, y se han beneficiado diariamente, hasta el tiempo del derrumbe del tranque Barahona, diez y siete mil toneladas. Un pequeño cerro...

El procedimiento empleado se denomina de "Flotación o Espumación". Con él se tratan grandes masas, que dejan residuos de 6,500 y 7,000 metros cúbicos.

Desde el interior de las minas, conducidos por trenes eléctricos, van los minerales a unos buzones, donde se depositan provisoriamente. De aquí se les transportan, por correas, a las chancadoras Mac-Cully, y después, a los molinos Garfield en combinación con chancadoras Sysmonde.

Reducidos a polvo esos minerales y cernido el polvo, se agrega el agua, en la proporción de cuatro y medio metros cúbicos por tonelada de material sólido.

Comienza entonces la "concentración", en las mesas móviles Willfley, desde donde la masa es llevada a los molinos Harding.

La concentración se opera mezclando el mineral, es decir cada tonelada de éste, con cuatro kilos de ácido sulfúrico, cien gramos de petróleo y un kilo de aceite de pino; destinados éstos a levantar a la superficie las partículas de sulfuro de cobre, en forma de espumas; lo que da el nombre al procedimiento.

Dato curioso: El aceite de los relaves, flotando en el tranque, ha tenido en el caso del siniestro de Barahona, "como lo veremos", un importante rol acusador de la forma y dirección de la onda sísmica...

XV

Tenemos así, en detalle, indicadas las materias que constituyen los relaves: Líquidos: aceite de pino, petróleo, ácido sulfúrico y agua. Sólidos: arcillas y arenas.

Las arenas pueden clasificarse, según su tamaño, en cuatro grupos:

Un 36%	quedan retenidas en un tamiz de	0,208 m/m.
> 28%	> > > > > >	0,147 >
> 28%	> > > > > >	0,74 >
> 14%	que pasan por este último tamiz.		

Finalmente, el agua que humedece las arenas sumidas en este líquido, puede calcularse: en un 38% en las arenas menos finas, y en un 400% en las más finas.

La arena fina llega a ser impalpable; y, mezclada con la arcilla semicooidal y con los relaves líquidos, constituye el fango, enteramente fluido, que llena la poza de los tranques de relaves.

La separación de las arenas se efectúa al vaciar los relaves, y por medio de "conos" de madera que habremos de describir más adelante.

El muro del tranque Barahona se formó con las arenas más gruesas, o menos finas.

XVI

Desde que inició sus faenas en Sewell la Compañía de El Teniente, se le presentó el problema de la evacuación de los residuos del beneficio. El Establecimiento tenía, es cierto, en sus dominios la hoya del río Coya; pero este río es afluente del Cachapoal, y las aguas del último, son la vida de los habitantes de Rancagua y el tesoro de los agricultores de la zona.

Construyó la Compañía su primer tranque; y sucesivamente, un segundo, un tercero y un cuarto tranque en el río Coya. Todos fueron tranques desgraciados.

Lo veremos sumariamente.

Desde que, en 1911, se inició la explotación por esta gran Empresa, hasta dos años después, se arrojaron los relaves directamente al Coya, mezclados con las aguas de este río.

En 1918 se construyó un acueducto, y en la quebrada seca se depositaron los relaves, encima de aquél.

PRIMER TRANQUE.—Este depósito constituyó el primer tranque; su muro lo formaron las arenas que se fueron vaciando desde el mes de Junio de 1913; pero, antes de dos meses, y cuando el muro alcanzaba la altura de diez metros, el tranque se rebalsó. El acueducto se había obstruido y vertió el río sus aguas en el tranque.

SEGUNDO TRANQUE.—Se hizo en el mismo sitio. En 22 de Noviembre de 1914, sin haber habido exceso extraordinario de aguas, se fueron las que contenía, por una grieta abierta en el muro. Duró menos de dos meses.

Es de notar que esta grieta ha sido explicada por algunos ingenieros como efecto de una inadecuada distribución del material del muro. Se ha dicho que existía en él un defecto de construcción, consistente en haberse dejado las arenas más finas en la parte superior; y que, siendo estas arenas las más hidratadas, quedaban expuestas a derrumbarse.

Veremos que en el caso del muro del tranque Barahona, se ha sostenido la tesis contraria. . .

Por lo demás, debe tenerse presente que, el hecho de haber quedado en el segundo tranque las arenas finas en la parte de arriba, se debió a la forma

de los aparatos o canaletas en que se vertía el material de relaves. Desde entonces se empezó a evolucionar en el sistema, hasta llegar a los "conos" usados últimamente y que habremos de describir en su lugar.

TERCER TRANQUE.—Construyóse el muro, al lado y más adentro de la quebrada, aprovechando la base del segundo tranque. Este tranque duró, también, menos de dos meses. Se rebalsó el 11 de Enero de 1915, a causa de un aumento de las aguas, y cuando el muro llegaba a una altura de tres y medio metros.

La causa del aumento de las aguas fué, como en el caso del primer tranque, la inutilización del acueducto del Coya. Pero aquella vez se obstruyó en la boca del acueducto, por una gran cantidad de piedras, maderas y barriles que a él llegaron en un gran temporal de lluvias; y ahora se había destruído su sección interior, por el continuo roce de piedras chicas, que venían desde la hoya del río. No pasaban cuerpos más grandes porque se habían colocado rejas en la boca del cauce artificial.

CUARTO TRANQUE.— Se construyó en la misma quebrada: su muro llegó a tener cuarenta y un metros de altura, y se acumularon cerca de un millón y medio de metros cúbicos de relaves sólidos y noventa mil de aguas.

Este tranque desapareció el 15 de Julio de 1916.

La causa fué la misma que destruyó el segundo: muro con arenas finas arriba y gruesas debajo. Al menos tal fué el diagnóstico dado por los especialistas, con la ciencia de ese entonces. . .

XVII

La explicación de tantos siniestros podía ser todo lo satisfactoria que se quisiera; pero las consecuencias del último derrumbe, produjeron graves perjuicios a la ganadería, a la agricultura de la región y a las instalaciones del agua potable de Rancagua.

Las protestas no se dejaron esperar, y tuvieron acogida en los poderes públicos.

Se dictó inmediatamente la Ley de 7 de Septiembre de 1916 a que antes hemos aludido. Era casi una Ley especial para el caso de la Compañía de Sewell.

La quebrada del río Coya, con y sin acueductos artificiales, tenía, pues, que ser abandonada; y había que buscar en otra parte un sitio más adecuado para depositar los relaves, sin daño de terceros.

La Compañía, aconsejada por sus técnicos, resolvió adquirir y compró a ese objeto, la quebrada de Barahona.

Pero el tranque de esta quebrada no estuvo en condiciones de recibir la totalidad de los residuos del beneficio minero, hasta el 1.º de Mayo de 1920. Se le había proyectado con capacidad suficiente para recibir doscientos millones e toneladas.

Las faenas de beneficio se habían paralizado, desde el derrumbe de 15 de Junio de 1916 hasta el 8 de Julio siguiente.

En esta última fecha se inició la formación de un depósito provisional de relaves, en dos puntos de la misma quebrada del Coya, que se les llama, respectivamente, tranque Arena y Marga.

XVIII

No hemos tenido la suerte de encontrar el Decreto aprobatorio del proyecto de construcción del tranque de Barahona ni existen en la Compañía los planos de la obra.

Debió ser punto esencial en la aceptación de la obra por parte del Supremo Gobierno, el relativo a la buena ubicación del nuevo tranque.

De los cuatro accidentes, que acabaron con otros tantos tranques en el río Coya, dos se debieron a estar situados éstos en la cuenca del río.

Nos toca a nosotros, con nuestras solas modestas luces, estudiar, *a posteriori*, las condiciones geográficas, topográficas, geológicas y sísmicas de la región del nuevo y también malhadado tranque; en cumplimiento de tareas que al respecto nos señala, con precisión, el decreto de nombramiento como peritos.

XIX

La quebrada de Barahona es parte integrante de la cuenca del río Coya, afluente del Cachapoal.

Una ojeada sobre la carta geográfica que acompañamos al presente informe, bajo la letra A, permitirá fácilmente penetrarse de que toda la planta del Establecimiento de El Teniente se despliega en una región cordillerana, en el seno de los Andes.

Todos sus terrenos pueden considerarse comprendidos dentro de la hoya hidrográfica del Cachapoal; río que recibe del Coya un caudal considerable de sus aguas: las cuales, en la época de los riegos—de Octubre hasta Abril—habrán de resentirse de la calidad de las aguas del Coya; como, a su vez, éste queda subordinado a la de las que recibe de la quebrada de Barahona.

El punto en que ha sido ubicado el tranque, dista de los molinos del beneficio de Sewell, unos tres kilómetros.

XX

La quebrada baja de Norte a Sur, y sus laderas van estrechándose hasta unos mil ochocientos metros. En este punto se construyó el muro del tranque de Barahona.

Gran parte de él quedó sobre un suave lomaje que se levanta sobre el lecho, a modo de muralla natural, con una prominencia más próxima a la ladera occidental.

Esta prominencia divide al muro en dos secciones: una de cuatrocientos metros más o menos, y que toca la ladera poniente; y otra de un mil cuatrocientos metros. La primera es la que se derrumbó.

El lecho de la quebrada en la poza del tranque, no es horizontal; sino ligeramente inclinado: va subiendo desde la falda del montículo que cimienta al muro en la sección que permanece incólume.

Dicho montículo, por su falda occidental, termina bruscamente; circunstancia que privó de toda defensa natural a la parte del muro ahí construída, cuando se produjo el sismo. En cambio, la pendiente oriental es bastante suave y ofrece un sólido cimiento a la sección salvada.

Es conveniente tomar nota desde luego de esta circunstancia para apreciar la diversa fortuna que han tenido estas dos secciones del muro; o, más bien, para desconfiar de toda interpretación casual del fenómeno.

Se ve, pues, que el subsuelo del muro y de la poza, acusan desniveles en varias direcciones. (Véase el plano A, anexo a este informe).

Hay tres desniveles principales, según lo demuestran las curvas:

PRIMER DESNIVEL.—Bajan la quebrada y la poza hasta llegar al muro; es decir, de Norte a Sur, no menos de cuatro por cada cien metros.

Dentro de la poza, que en esa dirección es de un mil doscientos metros, la inclinación del piso puede calcularse en una suma total de cuarenta y un metros. De este modo, el límite Norte de la poza queda a esta altura respecto a la base del muro; y la poza no podría llenarse de agua sin dársele al muro la dimensión vertical correspondiente.

SEGUNDO DESNIVEL.—Es el determinado por el montículo divisorio del muro. Determina éste una pendiente suave hacia el lado oriente, y escarpada al poniente. En consecuencia, queda más bajo el suelo de esta última sección, donde se construyó el muro caído. Aquí el lecho del tranque desciende en pendiente rápida y parece brindar un fácil deslizamiento a las materias en él almacenadas.

TERCER DESNIVEL.—Es de oriente a poniente, dirección en que la poza tiene unos mil cuarenta metros en las proximidades del muro. Se nota inclinación total de cuarenta metros. De esta suerte, el ángulo formado por el muro y la ladera poniente de la poza, alcanza en el piso de ésta las más bajas medidas de altura. Es la parte más honda del tranque.

Debe tenerse en cuenta este hecho topográfico en la explicación de la violencia con que el muro se desplazó de esa parte. Los tres órdenes de desniveles anotados convergen, conspirando a la producción de la catástrofe.

XXI

Entrando ahora a tratar del aspecto geológico del tranque, de sus alrededores y en general de la región, nos cumple ante todo advertir que las observaciones recogidas no se refieren sólo a la estructura superficial de los terrenos. En nuestros viajes al tranque, nos detuvimos a estudiar los cortes de

la vía férrea, bastante profundos y numerosos para ofrecernos, como en un libro abierto, las estratas y filones de la naturaleza en esta región.

Hallándose ésta en plena cordillera andina, no es necesario recalcar el hecho de que las rocas predominantes son de formación secundaria.

Esto no obstante, abundan las rocas andesitas, cubiertas por lo general de residuos de modernos *glaciers*, o ventisqueros.

Asimismo encontramos lavas andesíticas y cenizas volcánicas bastante recientes. Estas se extienden en el suelo y laderas de la quebrada de Barahona y de sus inmediaciones.

Casi toda la región u hoya geográfica del tranque Barahona se asienta en estos restos de *glaciers* cuaternarios.

Pero irrumpen ahí gruesos filones de andesitas, augíticas en su mayor parte; y, hecho de significación para el caso, esas rocas superficiales se presentan en extremo fracturadas.

XXII

La trituración de la roca en esta zona geológica no se explica por la sola acción de las aguas, nieves y demás fenómenos neptunianos. Tampoco queda suficientemente esclarecido el fenómeno, añadiendo a aquellas influencias las acciones meteorológicas o la radiación térmica; puesto que bajo la acción de ambos factores, en otras partes, una trituración tan prolija de los suelos no se verifica.

Debe asignarse una buena proporción entre las causas del hecho, a la acción de las ondas sísmicas, que sólo muy recientemente han sido objeto de la debida consideración, y que precisamente el siniestro del Barahona ha ofrecido una elocuente oportunidad de sorprenderlas en su íntimo modo de obrar, por los rastros dejados, y que habremos de interpretar muy luego.

La trituración por la exclusiva acción sísmica, puede también comprobarse en regiones donde no obran sino en débil escala los factores de otro orden. Ejemplo patente es la región de Constitución, adonde hace poco se trasladó el geólogo suscrito en comisión del Museo Nacional y en estudio de los efectos del mismo temblor, cuyo rol en el siniestro del tranque Barahona debemos aquí delimitar.

Pero, como ocurre siempre, hay reacción del efecto a la causa. Producida la disgregación del terreno, esa disgregación misma hace que los sismos asuman proporciones especialmente considerables.

Y si a ello se añaden circunstancias topográficas como las que acabamos de notar, son evidentes las consecuencias de un levantamiento tectónico.

La acción sísmica sobre las arenas y capas de éstas amalgamadas con arcillas, la trataremos en otro lugar con detenimiento, por ser punto fundamental en el caso de este informe.

XXIII

La intensidad de los temblores en terrenos disgregados se relaciona con la vecindad de éstos a cierta especie de rocas dioríticas, que sin duda existen pero no a la vista, en la región de El Teniente. El efecto destructor del sismo en un muro dado, como el del tranque Barahona, es no sólo producido por la frecuencia de las ondas o vibraciones sino principalmente por la orientación de este muro con respecto al rumbo seguido por la serie de ondas.

A su vez el rumbo de las ondas es función de la orientación de los filones de rocas que las propagan con sus vibraciones laterales. De lo cual resulta perpendicular al filón, la dirección de las oleadas sísmicas.

Los ramales menos gruesos de un filón, producen también otros tantos oleajes tangenciales pero más calmados, es decir, dejando transcurrir más tiempo entre el paso de dos crestas sucesivas de la onda.

La experiencia recogida en los grandes temblores, y en especial en el último, cerca de su foco, en Constitución, nos ha permitido formular esta hipótesis. En El Teniente, no estando visible la roca sísmica en los lugares visitados, hemos debido contentarnos con inducciones de simple analogía.

Diversas huellas dejadas por el temblor en el tranque Barahona, nos han permitido establecer las direcciones de las ondas sísmicas que cruzaron la superficie de la poza y que desviaron al muro de su posición vertical.

Una descripción del tranque y sus secciones nos va a permitir explicar la acción sísmica dentro de él.

XXIV

Hemos indicado las finalidades de un tranque de relaves. No se conocen en Chile otros, que los cinco tranques infortunados, con muro de arena de diversos grosores y diversamente distribuidos.

Los tranques se hacen en todas partes para almacenar aguas destinadas al uso de las poblaciones o de la agricultura.

Lo común es que sean tranques de regadíos.

Son contados los siniestros producidos por éstos. Es legendario el tranque de Mena, cerca de Valparaíso. Se les construye con muros adecuados para resistir la presión normal y la extraordinaria de las aguas.

Los temblores, y especialmente el de 1.º de Diciembre último, no produjeron derrumbes de muros, en tranques de regadío situados en zonas afectadas, tanto o más que la de El Teniente, por ese sismo.

Cierto es que nunca se hacen de arenas esos muros, sino de tierra compacta, con núcleo de arcilla que asegura su impermeabilidad.

Los grandes tranques en proyecto, tendrán, parece, muros de concreto armado.

Tales son las principales diferencias entre todo los tranques conocidos

y el que pasamos a describir. Tal vez la comparación contribuya a esclarecer las causas del fracaso de este último y de sus cuatro antecesores, construídos también con muro de arena.

XXV

La construcción del muro del Barahona, según nuestras informaciones, parece que se pensó hacer con un terraplén de tierra, pero se abandonó esta idea para seguir el sistema empleado en los tranques del río Coya, cuyos muros no cayeron por la falta de buenos fundamentos, sino por otras causas muy diferentes.

Por lo demás, en el minucioso examen a que sometimos los despojos de la pared caída, no logramos encontrar ni rastros de terraplén.

La sección del muro, dos tercios del total, que ha quedado inmune, tiene como hemos dicho, el respaldo que le ofrece la ladera del promontorio sobre que se lo construyó.

La disposición de los taludes de arenas hacia el interior de la poza, pudo estimarse tal vez como buena defensa contra una presión de las aguas y materiales almacenados.

XXVI

El muro se empezó con el simple depósito de las primeras arenas de los relaves.

Eran éstos traídos desde el molino, distante 13 kilómetros, por un canal que baja con tres por ciento de pendiente, y cuya sección interior es de 0,48 por 0,62.

Los relaves se vaciaban en "conos" de madera con su vértice hacia abajo, suspendidos en andamios movedizos.

Dichos conos se indicaron en sustitución de las canoas aportilladas, usadas en los anteriores tranques para la clasificación y separación de los relaves. Los orificios, colocados a diferente altura, permitían la salida de las arenas de diferente tamaño. Las más finas, flotaban más arriba y se escurrían por los hoyos más altos, quedando casi siempre sobre la parte superior del muro.

Los conos evitan esto, que se estimó un defecto. En el fondo de éstos hay una abertura, que se mantiene tapada mientras están llenándose. Un vástago de madera obstruye entonces la abertura; y es levantado, por contrapesos, cuando su carga se completa. De la parte superior de los conos, arranca una canaleta portadora del material menos pesado y los líquidos. Estos eran conducidos al interior de la poza.

El muro se construía, pues, con las arenas menos finas y por secciones de unos tres metros de altura. En seguida se levantaban los conos con sus caballetes.

XXVII

A la época del siniestro, tenía el muro una longitud total de 1,792 metros, (mil setecientos noventa y dos metros).

Su ancho en la parte más baja, alcanzaba a 350 metros; y en la cresta 12 metros. Su altura máxima era de 67 metros.

Este muro tenía un talud hacia el interior, de $2\frac{1}{2}$ por 1. Al pie del talud había un embanque de arenas finas, impropriamente llamado "delta"; de unos trescientos metros según el señor Guillermo Agüero, y de 244, según el señor Arriola.

Es de notar que la arena del delta, a medida que avanzaba el muro hacia adentro, iba sirviéndole de cimiento.

Los demás residuos líquidos, fluídos y coloides, llenaban el resto de la poza.

XXVIII

Estos residuos componen el fango semifluído sobre el cual se extendía el agua de la poza, en una superficie de seiscientos mil metros cuadrados, prudencialmente calculada.

Se forma así una laguna, con un ancho de mil doscientos metros, entre las faldas de la quebrada, que constituyen las paredes oriental y occidental de la poza del tranque (Véase el plano, anexo B).

El largo o distancia entre el delta de arenas finas y el límite de las aguas por el Norte, es de unos 350 a 450 metros, salvo en el vértice N. O., en que llega a 600 metros, aproximadamente.

Ese vértice corresponde a la parte del muro caído, y dista de él unos 1,200 metros. La parte más profunda del barranco se extiende por ese lado de la poza, y por eso el agua en esa parte remonta más al interior.

El agua se decanta encima del fango, que también adopta una forma suficientemente fluída para no perder su horizontalidad.

La altura del agua clarificada es de setenta y seis centímetros a un metro veinte centímetros.

El aceite y el petróleo del relave flotan en la superficie de las aguas e imprimen una raya negra en las rocas circundantes; por esta causa algunos líquenes crecen con más vigor en las rocas así impregnadas. Plantas y arbustos alcanzados por esa línea de agua, adornan su tallo con una faja más ancha, de color negro, a la altura alcanzada por las aguas.

XXIX

Las aguas, decantadas por gravedad, van penetrando en la parte superior de un gran cajón o "torre", situada en la poza y cerca de la ladera poniente del tranque.

Este cajón se va levantando hasta la altura requerida para que no caigan dentro sino las aguas perfectamente depuradas.

Tiene además esa torre una sección suficiente para recibir las aguas lluvias de la hoya hidrográfica, que comprende cerca de 300 hectáreas.

De la torre sale un canal para la evacuación de las aguas que van entrando a ella, y por ese canal llegan a la quebrada, en la parte inferior de ésta.

XXX

Según lo ha declarado el contralor de la Compañía, contenía el tranque en sus últimos momentos, veintisiete millones de material sólido y 314,000 metros cúbicos de aguas.

Calcúlase que, al destruirse el muro, se fué casi toda el agua y unos cuatro millones de toneladas de material sólido.

Quedó intacta, y con ligeras grietas longitudinales en la cresta, la parte oriental del muro, que formaba dos tercios del muro total.

En la base del muro quedaron restos de las estratas de arena y arcilla de diferentes colores; pero esas capas aparecen en otra posición diversa de la que debieron tener al ser formadas, sucesivamente, y por obra del escurrimiento de las arenas desde los conos.

XXXI

Al caer las arenas, mezcladas de arcillas, iban formando estratas, perfectamente separables unas de las otras.

Esas arenas caían desde los conos situados en diversos puntos de la cresta del muro, hasta un poco más al interior de la base del talud. Es decir, que su dirección era inclinada de Sur a Norte.

Ahora, las capas que quedan al pie del muro destruído han tomado otra dirección. Al centro aparecen horizontales, y en parte inclinadas al Sur; y las de los lados han tomado una inclinación hacia el Este y al Oeste.

Descienden unas desde poniente a oriente y otras desde el oriente a poniente del marco del muro destruído, convergiendo hacia el centro en sus puntos más bajos.

El diferente color de cada estrata permite distinguirlas. Y esa diferencia de colores proviene de la arcilla, que presenta tantos matices distintos en las diversas porciones de mineral que se llevan sucesivamente al beneficio.

No creemos que este viraje de las capas la haya producido el impulso del material salido del tranque con el derrumbe, ni que lo haya producido la sola acción del último temblor. Otros sismos anteriores han determinado o preparado grandemente el fenómeno, como tendremos ocasión de explicarlo más adelante.

XXXII

Del muro destruído quedaron en pie cuatro farellones hasta de unos 25 metros de altura; altura que corresponde a la del delta arenisco. Dos de esos farellones encuéntrase adheridos al marco del muro, y los otros, al centro, dividen los cauces por donde se escapó el contenido del tranque. En su cúspide, ofrece el montículo central, una serie de plataformas escalonadas y dirigidas en el sentido del derrumbe, hacia la quebrada que desciende al Sur.

Los cortes laterales son parejos y en planos verticales, donde se estampan las estratas con la inclinación ya indicada, y en rígida concordancia unas con las otras. El grosor de las capas es, término medio, de siete centímetros.

La normalidad del corte excluye, desde luego, toda suposición de desmoronamiento por inconsistencia del material, mucho menos en la base del muro, sujeta a la presión de la masa que soportaba.

Ninguno de estos materiales de arena arcillosa ha podido permitir filtraciones interiores ni agrietamientos en ningún sentido.

La forma del trabajo de acumulación de las arenas, sus intermitencias y variación de sitio de los conos, es lo que produjo las diferentes capas y las secciones o bloques separados, que pudieron deslizarse merced a un cambio en su orientación, debido a movimientos telúricos anteriores, que habremos de explicar.

Las únicas grietas que se presentan a la vista, son las del muro no derrumbado.

Lo hemos descrito ya. En su cresta se pueden observar ahora tres rasgaduras longitudinales de un ancho de 5 centímetros, aproximadamente.

Una oscilación del muro, ha podido en esa parte, de reciente formación y no sometida a presión, operar el desvío de algunas secciones superficiales. Por lo demás, las aguas no tocaron a este muro, antes ni durante la catástrofe del tranque.

XXXIII

En el delta se conservan las arenas casi íntegramente. Su estado higrométrico, lo comprobamos al día siguiente del temblor, y después, a los cuatro meses.

La primera vez, era imposible pisar las arenas sin hundirse; y la segunda, tuvimos que tomar esmeradas precauciones para atravesarlas.

De este hecho no se deduce que las arenas finas, que son las de este delta, conserven el agua una vez sometidas a presión.

Dada la forma como se construía el muro, o sea avanzando hacia el interior, quedaban dichas arenas a modo de cimiento, pero soportando un peso mínimo de 400 kilogramos por decímetro cuadrado. Y esta presión la calculamos para las capas superiores del delta, y teniendo en cuenta los veinte metros que sobre ese plano se alzaba el muro.

Ante tal enorme presión, las arenas deben revestir la consistencia y tener la sequedad constatada en la base del muro caído.

No cabe, pues, la suposición de que hayan podido formarse "bolsas de agua", capaces de socavar el muro y preparar su derrumbe por sacudimientos terrestres o presiones e invasiones del contenido de la poza que encerraba.

El fango, extendido a continuación del delta, se conservaba, cuatro meses después del siniestro, en cantidad casi igual a la de antes. Calcúlase en 27 millones su anterior tonelaje, y en cuatro millones la masa escurrida.

En extremo fluído aparece el estado de ese fango todavía. Es una especie de gelatina, en donde se sumen los tablones ahí extendidos para cruzarlos.

Aguas no existen actualmente. La poza la forma el fango ya más deshidratado; y ocupa, por tanto, un menor espacio superficial.

XXXIV

La antigua línea impresa en las rocas circundantes del tranque por el agua aceitosa, se conserva todavía. Es de marcado color negro.

Sólo se borra por la influencia del fango, o desaparece junto con la piedra que ha sido removida al lado Poniente, para construir en parte un nuevo tranque. Al Oriente, es visible en unos cuatrocientos metros.

El límite Norte de la poza es desigual; pues se interna al Norte, en el ángulo Poniente, formando una puntilla; el resto, es casi recto y paralelo al muro.

La altura del agua sobre el fango, según el señor Arriola, contralor de la Compañía, no bajaba de setenta y seis centímetros, y llegaba hasta 1.20 metros. La línea negra corrobora el cálculo. Su nivelación por nosotros fué prolija, y practicada varias veces y en días diferentes. Comprobamos desniveles...

Teníamos la certeza de que el sacudimiento sísmico no había podido ser una simple e infinitesimal vibración de ondas. Nuestra experiencia al respecto, nos indicaba que el fenómeno sísmico consistía en levantamientos del suelo; y que, el temblor y sus características, sólo fueron consecuencias o repercusiones vibratorias, resultantes de la frotación de grandes masas. Por eso aprovechamos el precioso indicio de la raya de aceite, para constatar objetivamente nuestra hipótesis.

Las aguas, antes del sismo, tenían que estar tranquilas; y después, comenzaron a bajar, para escurrirse por el hueco del muro que se deslizó.

Presentamos anexos, una fotografía de la línea, y un perfil con tinta roja en el plano (A).

La línea no es horizontal sino en una parte del límite Norte. En el ángulo ya referido, esa línea Norte comienza a subir, desde su punto más lejano, hasta llegar a la parte horizontal. Esta subida alcanza en total—veintiún centímetros—en una distancia como de 600 metros. El total de la subida hasta el muro, debió de ser de unos cincuenta centímetros.

Al Oriente, sube la línea hasta 35 centímetros, al acercarse al delta.

XXXV

Tras los derrumbes del muro, iban escapándose los otros materiales del tranque, por la quebrada, cuya pendiente es de 15 a 25 por ciento.

Parte de las arenas del muro deslizaron al S. S. O., hasta unos cuatrocientos metros, quedando como incrustadas en las vecindades del campamento Barahona allí existente, y donde habita el Jefe de la obra hidráulica. Las aguas, mezcladas con los otros materiales, siguieron quebrada abajo, cortaron las líneas telefónicas y de fuerza; montaron un lomaje, y se descargaron, violentas, sobre un pequeño campamento del paradero del Ferrocarril donde aplastaron y ocasionaron la muerte de más de veinte personas.

La violencia de las aguas no tiene otra explicación que la fuerza gravitatoria. Está en perfecta relación con el peso de ella y de las materias que impregnaban y arrastraban, y en ecuación con la gradiente del camino referido.

En cuanto a las otras arenas incrustadas, examinadas en la inspección judicial, a raíz de la catástrofe, cabe observar que estaban mezcladas de carbón y otras materias usadas por la cuadrilla estacionada sobre la parte superior del muro; y, además, debe tomarse nota de que todos esos materiales se encontraban perfectamente secos. Lo que excluye todo contacto del muro con las materias fluidas del tranque.

El muro ha debido patinar. Por eso quedaron las arenas de su parte superior en el punto elevado, donde las examinamos, con el resultado que queda dicho.

XXXVI

Tal es el estado en que quedaron los despojos del tranque y tales las huellas del fenómeno que provocó su derrumbe.

Esas huellas nos permitirán contralorar los testimonios producidos acerca del modo de obrar del sismo; y de la participación en él, de otros factores.

Nada conocemos acerca de manifestaciones precursoras del temblor, ni de deficiencias del tranque notadas con anterioridad.

Sabemos que existía un servicio nocturno, y que la noche fatídica había sobre el muro unos cinco guardias por lo menos, de los cuales salvaron dos, únicos testigos del accidente.

El teléfono se cortó y no pudo usarlo el jefe del tranque, alojado en el campamento aquella noche.

No sabemos de que se llevara algún libro, por el estilo del bitácora en la navegación, que permitiera apuntar observaciones acerca de las anomalías del funcionamiento del tranque.

El mayordomo Desiderio Gajardo, muerto en el siniestro, parecía haber presentido su desgracia, a estarse por lo que a uno de nosotros refirió el contralor. Gajardo habría pedido con insistencia se le trasladara a otros servicios. Pero, naturalmente, meros presentimientos no abonaban sus exigencias, y no tuvieron éstas acogida.

XXXVII

La triste experiencia de cuatro tranques malogrados anteriormente, tuvo sin embargo algún valor de lección para la Empresa.

Al menos, nos avanzamos a suponer que a ello se debió la iniciación de un pequeño tranque, al lado poniente del Barahona.

Otra razón, aparte de la de previsión de un descalabro de este último, no la encontramos.

El Barahona estaba lejos de su punto de saturación: con capacidad para 200 millones de toneladas, había recibido solamente 27 millones.

La Empresa, por lo demás, fué dócil en la adopción de las medidas de seguridad dictadas por las autoridades. Cumplió fielmente las prescripciones de la ley de Septiembre de 1916.

Desgraciadamente esta ley, concerniente sólo a la depuración de los relaves y su conveniente evacuación, no contemplaba emergencias como la última ocurrida. Ni, tal vez, hubiese logrado señalar medidas adecuadas para prevenir un accidente tan extraordinario como éste y tan ajeno a las conquistas de la técnica corriente y a la ciencia, rudimentaria aún, que estudia los fenómenos sísmicos.

XXXVIII

La catástrofe llegó de improviso, sorprendiendo primeramente a los trabajadores del tranque. Los dos sobrevivientes han dado un testimonio de ella.

He aquí lo que dicen:

Domingo Vásquez Ollarce y Lisandro Aránguiz Pozo, se encontraban la noche del siniestro, revisando los conos de decantación desde la cresta del muro. Pocos minutos después de las 12 sintieron que se estremecía éste, pareciéndoles que la tierra bajaba. Las aguas del tranque se precipitaron hacia el muro y lo abrieron. Las aguas estaban retiradas 20 metros del muro. Entonces se pusieron a salvo en carrera loca, mientras detrás de ellos el muro "volaba" y las aguas y relaves se precipitaban, como una ola gigantesca de unos sesenta a ciento diez metros de altura. El tranque se abrió como trescientos metros y saltó el muro a unos 400 ó 500 metros de distancia, para depositarse después en el punto donde se encuentra actualmente.

Abelardo Sandoval Jara y Tránsito Espinoza Quijada, desde el campamento vieron que el muro volaba hasta ese campamento, mientras las aguas y relaves seguían río abajo.

El contralor señor Saúl Arriola, declara que las aguas del tranque antes del accidente distaban del muro 244 metros.

Nos hemos informado por el ingeniero señor Agüero de una declaración que a éste le hizo el ingeniero del tranque señor Jorge Winton Soady, en estos términos más o menos: Se encontraba en el campamento Barahona y sintió el temblor pocos minutos después de la cero hora, del primero de Diciembre. Divisó en ese momento escondidas las luces del tranque. El sismo duró un minuto y cuarto. Tres minutos después estaba el tranque a oscuras. Se habían destruído todas las líneas de alumbrado, de fuerza y de teléfonos.

XXXIX

Con los datos acumulados, podremos explicarnos la catástrofe. Hubo un DESLIZAMIENTO del muro.

A causa de un *levantamiento* del suelo, perdió el muro su estabilidad. Patinó o—como dicen gráficamente los dos únicos testigos presenciales—“voló”...

Las *huellas* dejadas por el fenómeno, corroboran el deslizamiento; y las *condiciones* del muro, eran condiciones adecuadas para que su escurrimiento, en bloques, se efectuase con facilidad.

XL

Recordemos las huellas.

Hay huellas de que el muro marchó en *masas compactas*.

Las plataformas enteras, y la verticalidad del corte de ellas y de los promontorios subsistentes, no permiten dudas al respecto.

Hay huellas de las arenas gruesas pertenecientes a la cresta del muro. Son las arenas “incrustadas” en el faldeo de la quebrada. Encuéntranse a una altura que corresponde a su situación anterior en el muro, llegando más arriba adonde alcanzaron las aguas. Han marchado por la quebrada, junto, y encima de las otras partes del muro, sobre las cuales descansaban.

XLI

Las condiciones del muro lo capacitaban para el deslizamiento.

Recordemos esas condiciones.

Son condiciones relativas a su *ubicación* y a su *estructura*.

Estaba el muro ubicado en una quebrada con gran pendiente.

Ocupaba en el tranque una situación correspondiente a su mayor *declive*.

Por lo que hace a la estructura, debemos, ante todo, fijarnos en que carecía de cimientos de tierra firme. No lo respaldeaba tampoco la falda del montículo central, como sucedía en la otra sección, *incólume*, del muro...

La estructura de las capas, era apropiada para su escurrimiento.

Eran capas *arcillosas*. La humedad las pone en las mejores condiciones para su patinaje.

Estaban las capas *inclinadas*, formando un talud bastante pronunciado. Si bien primitivamente, el talud se dirigía hacia el interior del tranque, este rumbo cambió después. Cambió por obra de algún sismo, o de varios sismos, como trataremos de probarlo ulteriormente.

Al sobrevenir el sismo del 1.º de Diciembre, el talud de las capas *se orientaba hacia la parte exterior* del tranque. Pero había también estratas que caían al oriente y al poniente; convergiendo al centro de la línea del muro, en el sentido de su longitud.

XLII

El levantamiento de todo el piso del tranque, comprendido el subsuelo del muro, es un hecho comprobado por la desnivelación considerable de la línea marcada por el aceite que sobrenadaba en las aguas.

El levantamiento ha debido ser seguido de depresiones, a modo de un gran oleaje.

Pero se ha levantado todo el piso al mismo tiempo, sin deformarse su superficie.

Esto se demuestra por la continuidad creciente o decreciente de los desniveles, y por el paralelismo de las líneas.

El plano del suelo se ha levantado y ha bajado alternativamente, llevando al muro hacia arriba o hacia abajo, inclinándose al norte o al sur.

No lo ha movido lateralmente.

En efecto, hemos comprobado que la línea de aceite paralela al muro se marca con una perfecta horizontalidad.

Por el contrario, las líneas normales al muro, van descendiendo a partir de éste y en dirección al norte.

El levantamiento ha sido, pues, de sur a norte.

Las bajadas del suelo han puesto al muro en posición inclinada hacia el camino por donde hubo de escurrirse al fin.

XLIII

En los sismos anteriores, ha ocurrido lo contrario. Los movimientos han sido de este a oeste. Los levantamientos de norte a sur, originados por ondas sísmicas llegadas de una zona epicentral norte, para esta región; han debido obrar, principalmente, inclinando las capas arenosas hacia afuera del tranque. Pero, las capas comprimidas de la base del muro, han opuesto mayor resistencia a desviarse. El muro debió conservar su firmeza todavía.

Es sabido el número de sacudimientos que ocurren a diario y que son insensibles al hombre.

Durante la vida del tranque Barahona, ocurrió, entre otros, el temblor de 14 de Abril de 1927.

Todos estos sismos han preparado, pues, el efecto del de 1.º de Diciembre de 1928.

XLIV

En cuanto a que el deslizamiento del muro pudiera haberse originado por acción indirecta del sismo, hay quienes sostienen otra tesis.

Se ha manifestado que las aguas, movidas por el levantamiento, chocaron reciamente con el muro y le hicieron lanzarse sobre la quebrada.

La hipótesis es inadmisibile.

Desde luego, existía una enorme y perfecta separación entre las aguas y el muro: más de doscientos metros, según el contralor de la Compañía.

Tanto las aguas como el muro, recibieron desde el primer momento la impulsión del sismo.

Las arenas que se hallaron incrustadas y que provenían del muro, estaban enteramente secas al día siguiente del siniestro.

Por último, el delta, todavía casi intacto, separaba del muro el fango y las aguas, escurriéndose éstas por un cauce formado al poniente de la poza, y por su desnivel en esa parte, hasta llegar a la brecha, ya abierta con el desprendimiento del muro.

XLV

Un *último punto* debemos tratar.

Al atribuir al sismo un papel tan decisivo en el siniestro, es necesario comparar sus efectos en el tranque Barahona con los efectos que ha tenido en el resto de la región. Así se esclarece la participación de los otros factores, y principalmente el de las condiciones del muro.

Pues bien, hay que decirlo desde luego: el desastre en cuestión ha sido un caso excepcional.

Pero también es caso excepcional el de un muro que esté en condiciones de deslizarse...

No debe, en suma, sorprendernos la rareza del efecto.

Lo que, seguramente, pondrán en duda algunos sismólogos, es el hecho de que el sismo produjera levantamientos.

Este hecho contraría las doctrinas clásicas que todavía imperan en esta materia.

Las ondas sísmicas han sido medidas en fracciones de milímetros. Jamás alcanzan las proporciones reveladas por el de nivel de la línea de aceite del tranque Barahona.

La física general, no sale del hecho general, consistente en vibraciones, atómicas y moleculares. Y esas vibraciones se producen efectivamente en el temblor.

Pero el temblor es trepidación causada por grandes movimientos de moles. Estos los estudia la Geofísica.

Un grueso filón de rocas, empujado, trepida, y al propio tiempo se desplaza. La trepidación es temblor, el desplazamiento produce acciones más gigantescas. Todas las sinuosidades de la superficie terrestre pueden atestiguarlo. Nuestra Cordillera de los Andes es hija de esta especie de sismos...

La sismología oficial, se ve, con todo, forzada a abandonar las indicaciones de sus aparatos, y de la física de lo infinitamente pequeño, cuando anuncia la *intensidad* de un temblor.

Gradúa la intensidad, por los efectos que produce en las obras artificiales, en la edificación.

Hay una escala internacional. La más usada es la de Sieberg. Consta de doce grados, de los cuales los dos últimos indican catástrofe. El noveno, señala destrucciones; el séptimo y sexto producen menores efectos.

El temblor de 1.º de Diciembre ha sido considerado de grado sexto para la zona de Rancagua, por la Oficina Sismológica de Chile.

En la escala, esto significa: pánico que puede hacer huir a las personas poco serenas; violentamente se agitan las luces colgadas; se agrieta el estucado y el enlucido de las paredes, etc., etc.

La zona de mayor intensidad fué la de Constitución, señalada con el grado séptimo. Ahí estuvo la zona del epicentro o sea la zona más próxima al *hipocentro*, o lugar interior del fenómeno originario.

Las ondas superficiales han llegado al tranque desde su límite Sur, o sea subiendo la quebrada, con las desviaciones consiguientes a la clase de rocas atravesadas o circunvecinas, y teniendo en cada parte efectos de intensidad diferente, según esas mismas circunstancias.

La hora y duración del temblor han sido poco diferentes de las observadas en Talca.

El oleaje del piso del tranque sobrevino casi a un tiempo con las primeras trepidaciones del temblor. El muro se deslizó después, dejando apenas tiempo de escapar a los dos trabajadores cuyo testimonio hemos recogido. A los tres minutos de concluído el temblor, ya no vió el jefe del tranque las luces que lo alumbraban. Se habían cortado los alambres del alumbrado eléctrico. Los derrumbes del tranque habían llegado hasta los postes. *La catástrofe de la estación ferroviaria también se había producido.*

En el campo de nuestra experiencia, no es caso nuevo el del tranque Barahona.

Levantamientos hemos visto producirse, en ausencia completa de temblores. Así ocurrió, quince años hace, en el cerro San Cristóbal de Santiago.

El temblor de 1.º de Diciembre, precedió en Constitución a un levantamiento del cauce del Maule. Pasó el río, durante ocho horas, entregado a un curioso juego de flujo y reflujo de sus aguas.

La doctrina de los levantamientos se discute todavía. Pero el lecho del Maule se ha levantado y se ha hundido, sin esperar la consagración oficial de semejantes *rebeliones* sísmicas...

Estos hechos están manifestando, por sí mismos, las alternativas de una lucha gigantesca en el seno del planeta. Moles enormes chocan entre sí. Grandes filones pugnan por levantarse entre las masas que los oprimen.

¿Qué fuerza impele a esos filones en su ambición de surgir?

Una ley suprema de equilibrio (isostasia) es la que ordena esos levantamientos.

Bajo la corteza del planeta se extiende una capa de materia fluída, viscosa, y elástica como la goma de una pelota. Y es, justamente, esa misma presión de la corteza la que fundió los materiales de ese mar interno.

Las erosiones y desgastes de las montañas, son arrastradas a su falda.

Se alivianan estos cerros, y aumentan el grosor y el peso de las llanuras. La balanza oscila... Uno de sus platillos cae; se levanta el otro.

Es entonces cuando obra la fuerza elástica del lecho en que descansan las moles, obligándolas a tomar nuevas posiciones más estables.

De la fricción de las rocas, nacen las trepidaciones del temblor.

Del empuje de las mismas, resultan los levantamientos.

Pero todo ello no se opera sin que un gigantesco oleaje se levante en el lecho del gran océano interior y en la superficie de los continentes que por él navegan.

Como un espejo, viene a ser la superficie del planeta, al copiar el oleaje inmenso del mar sepultado en sus entrañas...

XLVI

Con lo dicho quedan agotadas las materias del informe. El detalle de las materias lo procura el índice anexo.

Como peritos debíamos informar a US. acerca de si el temblor fué o no la causa única y exclusiva de la catástrofe, o si en ella intervinieron las condiciones del muro del tranque Barahona.

Especialmente, se nos indicaban como puntos de estudios los siguientes:

Geología del terreno,

Solidez del muro;

Acción del sismo;

Posibles defensas contra temblores; y

Medios de previsión o emergencia.

Nuestras CONCLUSIONES SON:

El muro era sólido; no estaba mal orientado ni mal ubicado.

Era capaz de resistir una presión cualquiera del contenido del tranque.

Estaba construído conforme a las exigencias técnico-edilicias.

La geología de la región, si bien no ofrecía condiciones asísmicas favorables, no constituía tampoco peligros. Un sismo destructor del tranque no era de esperarse, pues los tranques anteriores se derrumbaron por otras causas.

El sismo del 1.º de Diciembre, obró directamente sobre los bloques compactos del muro, y éstos se deslizaron hacia afuera.

La causa directa y precisa del deslizamiento del muro, fué el levantamiento y la bajada de todo el piso del tranque; calculable, por lo menos, en medio metro, según lo comprobó la desnivelación de la línea de las aguas.

Sismos anteriores, desviando la orientación de las capas de arenas, prepararon el deslizamiento del muro. Estos sismos obraron principalmente desde el Este y del Oeste; y levantaron alternativamente los puntos extremos del muro, provocando un giro de sus estratas.

Una técnica preventiva de esta clase de accidentes, no existe todavía. La Sismología Edilicia está en mantillas; necesita el concurso de la Geofísica, ciencia de las más obscuras hasta el día.

No caben responsabilidades. No hay de parte de los constructores, ni de los usuarios de la obra o actuales propietarios de ella, ni de terceros que maliciosamente hubieren preparado su derrumbe; ni, por fin, de parte del Estado, que le prestó su aprobación y pudo inspeccionarla por medio de sus agentes.

XLVII

RESUMIENDO:

- 1.º El muro tenía condiciones adecuadas;
- 2.º Un levantamiento del suelo, le hizo perder su estabilidad;
- 3.º El muro se deslizó compacto;
- 4.º Sismos anteriores prepararon el deslizamiento;
- 5.º La técnica usual no permite prever ni precaver esta clase de accidentes; y
- 6.º **NO HAY RESPONSABILIDADES.**
Es cuanto podemos informar a US.

Dios guarde a US.

Señor Juez Letrado del Crimen de Rancagua.