

Informe sobre el siniestro en la mina «El Teniente», ocurrido el 19 de junio de 1945

POR LAIN DIEZ K.

I. ANTECEDENTES

1. La mina «El Teniente» pertenece a la «Braden Copper Co.», subsidiaria de la «Kennecott Copper Corporation», una de las tres grandes empresas cupríferas de los Estados Unidos.

2. La mina está situada en el nacimiento del río Teniente, afluente del río Coya, que a su vez desemboca en el río Cachapoal, y a una altura de 2,273 m. (boca-mina del nivel Teniente 5) a 3,189 m. (boca-mina del nivel I) sobre el mar. El láboreo mismo, considerando únicamente las zonas en explotación, se encuentra a una altura media de 2,700 m. Un ferrocarril de 76 cm. de trocha une Rancagua con Sewell, estación de término situada al pie de la mina. Su longitud es de 70 km. (véase mapa minero adjunto, hoja (11) y perspectiva de la mina al final).

3. A la fecha del accidente, 19 de junio, trabajaban en el interior de la mina cerca de tres mil hombres, repartidos en tres turnos. En el turno A, comprendido entre las 7 y las 15 horas, en que se produjo el incendio, comienzo del siniestro, trabajaban 1,102 hombres.

4. Media hora más o menos después de iniciado el turno, estalló un incendio en una fragua situada en el taller eléctrico y de reparación de carros del nivel Teniente 1 (punto IX, anexos 19b y 19c y planos T1L y T 468 de la carpeta N.º 4: Ventilación). El fuego prendió con rapidez y no pudo ser dominado en un principio. Se siguió una explosión local, que causó pocos perjuicios.

5. La combustión incompleta de la enmaderación del taller mencionado durante el primer período, hasta la explosión, generó monóxido de carbono—CO—, gas que se propagó junto con el humo del incendio hacia los piques principales 1 y A, al pique auxiliar N.º 1 y a todos los niveles de la mina. De éstos, los más afectados fueron los niveles comprendidos entre el nivel Teniente 5, abajo, y el nivel C, arriba, especialmente los intermedios: Teniente 3, Teniente 1 y B (anexos indicados más arriba, párrafo 4; además, plano T 245 de la carpeta N.º 1: Estudio de ventilación de la mina «El Teniente»).

El monóxido de carbono provocó la muerte de 355 hombres.

II. OBJETO DEL PRESENTE INFORME

6. Dado el carácter técnico de mis funciones, me he impuesto las tres finalidades siguientes:

1.ª Analizar el desarrollo del siniestro y las condiciones que permitieron que éste adquiriera proporciones insólitas y ocasionara tantas pérdidas de vida.

2.ª Apreciar el estado de preparación de la Compañía, y de la Administración de la mina en particular, para encarar accidentes y dominar sus efectos con un mínimo de pérdidas humanas y materiales.

3.ª Deducir del análisis anterior recomendaciones útiles con el fin de prevenir nuevas ocurrencias fatales.

Queda fuera de la órbita de mis funciones y de mi competencia investigar la responsabilidad personal por la negligencia culpable, si la hubo, que provocó el incendio, materia cuyo conocimiento está entregado a la justicia ordinaria.

7. Los resultados de mi investigación se deducen principalmente de un estudio que realicé en el terreno y de las respuestas a un cuestionario que presenté al administrador de la mina, señor J. P. Withers, por intermedio de la sub-gerencia de la Compañía en Sewell (anexo N.º 1). Sendas copias de este cuestionario fueron enviadas al Sindicato Industrial Sewell y Minas y al Sindicato de Empleados de Sewell. Las respuestas del administrador de la mina están contenidas en el anexo 2, con sus respectivos anexos 2.ª) a 2f). El Sindicato Industrial y el Sindicato de Empleados contestaron el cuestionario en lo que juzgaron de su competencia (anexos N.º 29 y 2g).

Asimismo, tuve a mi disposición un informe preliminar del administrador de la mina, señor Withers. Este informe, breve aunque preciso, viene acompañado con planos a escala reducida y con marcas numeradas que permiten seguir el orden cronológico de los acontecimientos y fijar los puntos de referencia más importantes de la mina (anexo N.º 19 y sus respectivos planos N.º 19a) a 19b).

8. Analicé los documentos mencionados y los confronté con las declaraciones prestadas ante la Sub-Comisión Parlamentaria. En lo posible traté de resolver las dudas y contradicciones mediante mis propias observaciones y experimentos en el terreno.

Doy al final del presente informe una lista detallada de los documentos y planos que se acompañan.

III. EL DESARROLLO DEL SINIESTRO

A. La Ventilación

9. Los gases originados en el incendio siguieron las rutas preestablecidas por el sistema natural de ventilación, parcialmente controlado, que existía en la mina. El conocimiento preciso de estas rutas y, en particular, de la distribución de las corrientes de aire, debe ser atención preferente del administrador de una mina. Este, ya sea por sí mismo en minas pequeñas y medianas, o bien mediante la cooperación de un especialista, en las grandes, debe lograr un control apropiado de las corrientes de ventilación para conseguir los objetivos siguientes: 1.º evitar concentraciones nocivas de

gases tóxicos o no comburentes en los lugares de trabajo, como el monóxido de carbono o el bióxido de carbono; 2.º reducir las concentraciones excesivas de polvo, origen de la «silicosis» de los mineros; 3.º evitar temperaturas anormales, muy altas o muy bajas, y humedad excesiva del ambiente en los lugares de trabajo, y 4.º programar las instrucciones y órdenes para el caso de incendios en cualquier punto de la mina.

10. Según McElroy (1), «la falta de control, que se traduce en condiciones ignoradas de recirculación, agrava los accidentes naturales». Y más adelante (pág. 14-06) agrega lo siguiente sobre el personal de ventilación: «La ventilación en muchas minas metalíferas preocupa a medio mundo y nadie en particular es responsable. Bajo condiciones naturales favorables no resulta ningún daño; sin embargo, en caso de incendio, las pérdidas de vidas y materiales serán mucho mayores a causa de la ignorancia del sistema de reparto del aire».

11. Dada la importancia primordial de una correcta ventilación para la salud de los mineros y del conocimiento preciso de la forma en que se distribuyen las corrientes de aire para los efectos de órdenes de evacuación y rescate en caso de incendio, concentré mis estudios en este factor de la explotación. Puede afirmarse que el interés y competencia que una empresa minera demuestra por la ventilación es el mejor índice tanto de las condiciones higiénicas del ambiente de trabajo como de la capacidad de su administración para encarar el peligro de incendio y tomar las medidas adecuadas a esta emergencia.

12. Por lo tanto, estimé necesario realizar un estudio de la ventilación de la mina que, si bien de precisión limitada, permitiera a establecer sin lugar a dudas y con exactitud suficiente las características cualitativas y cuantitativas de las corrientes de aire.

Las conclusiones de esta investigación están incorporadas gráficamente en la carpeta N.º 1: Estudio de ventilación de la mina El Teniente. A continuación de los planos de los distintos niveles en proyección horizontal, en que se indica el «sentido» de las corrientes en que se descomponen las diversas fuentes de aire fresco entrante y se fijan los puntos en que se midió la velocidad del aire, he agregado las tablas que contienen todos los datos necesarios para el cálculo de los volúmenes por minuto. Se dan éstos y también las humedades relativas y absolutas para cada punto basadas en medidas barométricas y psicrométricas. En el apéndice N.º 1 se detalla el cálculo del aire total. A continuación de las tablas mencionadas cierra esta carpeta la perspectiva T 245, en que también se indica mediante flechas rojas el sentido de las corrientes de ventilación.

13. Las características de la ventilación de la mina El Teniente pueden resumirse como sigue:

Se trata de una ventilación natural, parcialmente controlada mediante puertas de ventilación y con ventilación mecánica sobrepuesta. Hasta 1936 la ventilación era sólo natural (2). Posteriormente se vió la necesidad de mejorar la ventilación y se instalaron seis ventiladores, uno de ellos en el nivel Teniente 1 y cinco en el Teniente

(1) Mine Ventilation, en *Peele: Mining Engineer's Handbook*, vol. I, pág. 14-02, 3.ª edic., 1941.

(2) Monografía sobre la Braden Copper Company, por el Instituto de Ingenieros de Minas, Santiago, 1936, pág. 24.

B. En los planos de la carpeta N.º 1 se indican las respectivas ubicaciones y características de los seis ventiladores. En los cinco ventiladores del Teniente B determiné el gasto efectivo y encontré que sólo era en promedio igual a 59,2% de la capacidad indicada. Aplicando este coeficiente de reducción al ventilador del Teniente 1 resulta para el conjunto de los seis ventiladores un gasto real de 140154 pies cúb. p. m., equivalente casi a 4000 m. cúb. p. m. La potencia nominal instalada en estos seis ventiladores es de 200 HP.

Del gasto de 4000 m. cúb. p. m. hay que descontar el que corresponde al ventilador del Teniente B situado en el RRH 210, pues no extrae aire viciado como los demás, sino que introduce aire fresco a un sector de trabajo y el aire viciado saliente que resulta es extraído por los ventiladores de 50 HP nominales cada uno situados en el XC 45 AS—DR 15 L y XC 054 AS—DR 21 L respectivamente. Deduciendo el gasto de 28460 pies cúb. p. m. del ventilador referido, se obtiene para la ventilación mecánica sobrepuesta un gasto de 124618 pies cúb. p. m. Para calcular el aire extraído efectivamente por los ventiladores a la superficie hay que deducir el gasto del ventilador del Teniente 1, puesto que éste entrega el aire al nivel B. Resulta un gasto de aire viciado saliente movilizado por la ventilación mecánica igual a 104518 pies cúb. p. m., equivalente a 3240 m. cúb. p. m.

14. Según el cálculo de ventilación (apéndice 1), el aire fresco entrante total es de 5954 m. cúb. p. m.; pero hay que deducir 1053 m. cúb. p. m., que salen por el pique A y por la puerta corta-fuego N.º 4 del nivel B a la superficie en el nivel C, de modo que no queda para el aire fresco entrante neto sino un gasto de 2901 m. cúb. p. m., que debiera ser igual a lo que extraen los ventiladores. La diferencia se explica en parte por errores inevitables en medidas que se efectuaron bajo circunstancias de régimen variable dentro del período de observación, que abarcó cinco días, y en parte por recirculación a causa de instalación defectuosa de los ventiladores. En el apéndice 1 se indican los límites de error, aceptables dadas las circunstancias anotadas, y que en nada afectan el aspecto cualitativo de la distribución del aire y las conclusiones que de éste se deducen.

15. Con los datos anteriores resulta como ración de aire fresco entrante neto un gasto de 2,63 m. cúb. p. m. equivalente a 93 pies cub. p. m. por hombre. Esto es en invierno, con viento apreciable del norte y tapado imperfecto en el taller de reparación de carros del nivel Teniente 1, donde estalló el incendio. Con buen tiempo y sin viento, las entradas de aire por el nivel Teniente 1 y Teniente 3 son bastante menores, lo que comprobé mediante una repetición de la medida en el punto V 22 del Teniente 1 (ver tablas, al final). Si suponemos un tapado más perfecto, como el que existía el 19 de junio antes del siniestro, puede asegurarse que el aire fresco entrante neto es de 80 a 90 pies cúb. p. m. por hombre.

Esta cifra es inferior a las necesidades de la mina si consideramos que los tiros se disparan a toda hora y no sólo al final del turno, y que diversas operaciones propias del sistema de explotación implantado en El Teniente originan grandes concentraciones de polvo locales. A esto se agrega una elevada humedad relativa en casi todos los puntos de la mina, en promedio 90% y sobre 95% en los lugares de mayor densidad de trabajo. Así se explican las condensaciones que se observan en algunos sectores en forma de nieblas que estorban la vista. En las condiciones imperantes la ración mínima de aire debiera ser a lo menos de 120 a 150 pies cúb. p. m. por hombre.

16. Consciente de esta deficiencia, la Compañía resolvió ampliar sus instalaciones. Con este fin y a iniciativa de su presidente, señor E. T. Stannard, se contrató al ingeniero especialista señor W. Warren. Este ingeniero vino a Chile a mediados de 1943 y, después de tres meses de estudios en la mina, de agosto a octubre, presentó un extenso informe que incluía un proyecto completo de ventilación. El documento fué recibido por la gerencia de la Compañía en Sewell en febrero de 1944.

De acuerdo con las conclusiones y recomendaciones de dicho informe, la Compañía colocó pedidos por ventiladores nuevos, de mayor capacidad y encargó un equipo completo de instrumentos para investigar en forma sistemática la cantidad y calidad del aire de ventilación. El instrumental ya está en bodega desde hace ocho meses; pero aún no inicia la Administración de la mina las investigaciones que se imponen para formarse una idea precisa de las condiciones imperantes, ejercer un control continuo sobre la ventilación y acumular datos que permitan apreciar cuantitativamente los progresos que se realizarán más tarde, una vez instalados los nuevos ventiladores y los dispositivos auxiliares propuestos por el señor Warren.

17. Los ventiladores fueron encargados a los Estados Unidos según orden N.º BC—36,907 del 4 de abril de 1944 (véase anexo 11). Sus características son:

3 Ventiladores de la American Blower Co., Detroit, Mich., tipo HS N.º 6, de 40 000 pies cúb. p. m. c|u.

2 Ventiladores de la Jeffrey Mfg. Co., Columbus, Ohio, tipo Aerodyne, de paso ajustable, y de 150 000 pies cúb. p. m. c|u.

Además, se ha encargado un motor de reserva para cada grupo de ventiladores.

18. Este nuevo equipo de ventiladores permitirá casi triplicar la capacidad actual de ventilación mecánica superpuesta. Con ayuda de los ventiladores sobrantes podrá disponerse, además, de ventilación auxiliar en los sectores de mayor concentración de polvo. Según Warren, éste se genera principalmente en las operaciones siguientes:

- perforación en seco
- tronadura
- extracción por buzones
- maniobra de compuertas
- volcamiento en el reacarreo
- trabajos y reparación de ademes

Agrega que, siendo imposible utilizar trampas de polvo en la mina, debiera descartarse por completo la perforación en seco. Ignoro si esta recomendación ha surtido efecto y sería conveniente verificarlo.

19. El informante concluye con las diez recomendaciones siguientes:

1. Perforación en húmedo exclusiva
2. Instalar la ventilación positiva necesaria
3. Ventilación auxiliar en todos los remates o frentes de avances
4. Adoptar un programa completo de control del polvo
5. Fundar un departamento de higiene industrial
6. Adquirir el instrumental necesario
7. Fomentar un programa de experimentos e investigación

8. Ingreso de la Administración a la Fundación de Higiene Industrial (Industrial Hygiene Foundation)

9. Formar una biblioteca de higiene industrial

10. Normalizar los métodos de muestreo y recuento del polvo.

De las recomendaciones anteriores sólo se ha realizado la 6.^a y está en vías de realizarse la segunda. Podría darse cumplimiento de inmediato a las recomendaciones 7.^a y 10.^a. Las demás están subordinadas a la instalación de los nuevos ventiladores, menos la 5.^a, que también podría llevarse a la práctica en corto tiempo.

20. Warren afirma que las concentraciones de polvo en las faenas del Teniente son, por lo general, elevadas («... the samples are generally of high order», pág. 50); pero no precisa el límite de tolerancia. El promedio de sus muestras arroja un valor de 13,82 millones de partículas por pie cúb. Esta cifra por sí sola no permite orientarse respecto al grado de nocividad del polvo, porque falta la indicación de los diámetros y el análisis petrográfico. Más arriba de cierto tamaño las partículas pierden su nocividad porque no alcanzan a llegar a las vías respiratorias internas. Además, no todas las materias presentan el mismo peligro. Se supone, sin fundamento serio, que la sílice resulta perjudicial en mayor proporción que otras substancias por su gran dureza. Este aspecto es secundario, pues el fenómeno es más bien de orden físico-químico y químico.

21. No existen en nuestro país datos respecto a las concentraciones de polvo usuales en las minas y en los diversos tipos de faenas mineras, menos aún antecedentes que permitan correlacionar los efectos fisiológicos con estas concentraciones, con el tamaño de las partículas y con su composición química. La mina El Teniente sería un campo experimental utilísimo porque hay numerosos mineros que han trabajado largos años sin moverse o se han ausentado sólo por breves períodos, de manera que no han estado sino bajo las condiciones imperantes en ella. Por esta razón sería deseable se fundara en la Braden el Departamento de Higiene Industrial y se instalara el laboratorio de análisis de polvo, para lo cual se cuenta ya con los aparatos y útiles necesarios. Este departamento debe ser presidido por el sub-gerente y lo integrarán el ingeniero de ventilación de la mina, un médico del servicio de la empresa y el personal de otras dependencias, planta y fundición de preferencia, que la Compañía juzgara conveniente incluir.

22. Los ventiladores pedidos no han sido despachados aún, por recargo de trabajo en las fábricas respectivas. La Compañía no ha escatimado empeños en obtener las prioridades y en acelerar los trámites necesarios. He comprobado esta circunstancia mediante carta y cables intercambiadas entre la gerencia en Chile y los principales en Nueva York (anexos 12 a 16). Sería conveniente informar al Gobierno sobre el particular con el fin de obtener que nuestra representación diplomática en Washington sume sus esfuerzos a los de la Compañía para conseguir la pronta entrega de esta maquinaria, cuya falta se siente desde hace años y afecta la salud de nuestros obreros.

23. Mientras llegan y se instalan los nuevos ventiladores debe encarecerse al administrador de la mina una mayor solicitud por la ventilación a fin de sacar el mejor partido posible de las instalaciones actuales. Me refiero especialmente al ventilador auxiliar situado en el nivel Teniente 5, junto al OP N.º 11, que se instaló en forma que aspirase aire fresco del nivel Teniente 3. Sin embargo, por defectos de isn-

talación este ventilador no hace sino recircular aire parcialmente viciado del nivel principal, con daño para la salud de la gente que trabaja en el avance del socavón. El señor Warren ya había llamado la atención sobre defectos similares (pág. 29) que reducían la capacidad efectiva de los ventiladores expresada en aire fresco entrante o viciado saliente por minuto. Hay todavía margen para mejorar la eficiencia, la conservación y la supervigilancia de algunos ventiladores, como se lo hice notar al administrador. Debo declarar que mis observaciones encontraron la mejor acogida y fueron atendidas de inmediato.

24. También observé circuitos incorrectos, como el del aire viciado que bota el ventilador del DR 3 R en el nivel BNN y sale al exterior por el antiguo taller de reparación de carros del nivel Teniente C. Se me advirtió que dentro del nuevo plan de ventilación esto quedaría subsanado. Asimismo, deberán tomarse las medidas del caso para evitar las intermitencias y las corrientes reversibles en el pique A, entre los niveles Teniente 5 y Teniente 3, que impiden todo control del sentido de la ventilación en esta parte del circuito. En cuanto a zonas casi muertas y que se impurifican por largos períodos con los tiros o «callos», como en el nivel Teniente 1 entre el OP N.º 7 y el cruzado 059 AS, debe corregirse la ventilación en forma eficaz.

25. Por último convendría estudiar la posibilidad de aprovechar al máximo la entrada de aire fresco por la boca-mina del nivel Teniente 1, donde se halla el taller eléctrico y de reparación de carros. Si éste no se puede trasladar al centro del nivel por razones de orden práctico, convendría dejarlo aislado de la corriente de ventilación mediante puertas corta-fuego firmes y romper el socavón principal («main adit») a la superficie inmediatamente al Este del taller. Una de las puertas debe estar en la salida del taller al socavón y la otra en la salida del taller a la cortada al pique 1. Ambas deben cerrar en forma automática mediante contrapesos y su ajuste debe ser lo más perfecto posible. Esta disposición reducirá los efectos de un incendio y permitirá aprovechar por lo menos 30000 pies cúb. por minuto de aire fresco. Una puerta corta-fuego situada en el socavón principal entre la nueva boca-mina y el pique auxiliar N.º 1, abierta normalmente, permitirá, cuando se cierra, crear una presión de aire contraria a la propagación del incendio y de gases en el taller hacia el interior de la mina. Por lo demás, si el taller se reviste en concreto, un amago de incendio no puede tomar proporciones y es tarea fácil aislarlo y sofocarlo.

B. Etapas del desarrollo del siniestro

26. Las características de la ventilación reseñadas permiten apreciar el alcance de las órdenes precisas de evacuación y las medidas que tomó el administrador de la mina. El sentido de las corrientes de ventilación, observado al efectuar las medidas del gasto, se comprobó mediante varias observaciones aisladas y dos experimentos con acetato de amilo. Este reactivo se inyectó en la corriente de aire en el taller de reparación, foco del incendio (anexo 21). Pero antes de analizar estas órdenes y medidas a la luz de los resultados de la investigación, conviene formarse una idea cierta de la forma en que se propagaron los gases y un concepto preciso, dentro de su relatividad, sobre las concentraciones en monóxido de carbono de estos gases.

27. Fijadas ya las rutas preestablecidas, señalaremos dos de ellas que presentan una importancia fundamental para explicar las consecuencias fatales del siniestro.

Ambas coinciden desde su origen común, el foco del incendio, hasta su bifurcación en el nivel Teniente 3, frente al pique auxiliar N.º 1. En este punto se reparten y la primera sigue hacia abajo por este pique auxiliar hasta empalmar con la corriente principal de aire fresco entrante del nivel Teniente 5: es el circuito N.º 1. La otra ruta sigue horizontal hasta el pique A, donde se bifurca: una de sus ramas, la que nos interesa, baja por este pique al nivel Teniente 5 y constituye el circuito N.º 2; la otra sube por el pique y empalma con otras rutas en los niveles comprendidos entre el Teniente 3 y el Teniente C. El circuito N.º 1 es muy estable; no así el segundo, que experimenta intermitencias y fuertes variaciones de régimen a causa del movimiento de los trenes en el nivel Teniente 5 y el ir y venir de las jaulas en el pique A.

28. Los gases generados durante el incendio siguieron, entre otras rutas, los circuitos N.º 1 y N.º 2, diluyéndose por etapas proporcionalmente a los gastos en cada rama convergente de una bifurcación. Pudieron de esta manera contaminar la corriente principal de aire fresco del nivel Teniente 5 y las derivaciones de esta corriente que ascienden por el pique 1 y por las buitras con sus auxiliares desde este nivel hacia los niveles superiores.

29. Esta contaminación puso en peligro durante algún tiempo toda la obra de salvamento, pues el administrador, con el personal de médicos, practicantes y auxiliares, estableció su cuartel general en la sub-estación Las Cuevas, que comprende la sala de transformadores y la de los compresores que suministran el aire comprimido a la mina. En esta última sala se encuentran también los grupos convertidores que generan la corriente continua de tracción. De este cuartel general salían las brigadas de rescate hacia el interior del nivel en busca de los mineros que bajaban por los auxiliares desde los niveles superiores.

Consciente de la gravedad de la situación, el administrador hizo tapar los boquetes de la butra N.º 1 y de su pique auxiliar en el nivel Teniente 5, y cerrar las puertas corta-fuego N.º 3, frente al pique A, y N.º 1 en la paralela nueva del pique 1. La numeración de estas puertas corresponde respectivamente a la marca 8 y 25 X del informe del señor Withers (anexo 19, pág. 1), con la salvedad de que la N.º 1 o 25 X no se encuentra en la revuelta del pique 1 al pique A, como dice, sino en la nueva paralela al pique 1 («new drift to shaft N.º 1», según rezan los planos). La revuelta misma, donde se halla la central telefónica, no tiene puerta y, en consecuencia, no pudo evitarse que los gases contaminados siguieran por ella y salieran por la paralela referida hacia el pique 1 y el socavón principal. Así se explica la invasión de la central telefónica de la mina por gases tóxicos que hicieron perder el conocimiento al telefonista. Este dejó de contestar llamados a las 9.05 y fué retirado inconsciente algún tiempo después por una cuadrilla de rescate. A partir de esa hora precisa, o antes según otras fuentes, declara el señor Withers en su informe (pág. 2), quedaron cortadas todas las comunicaciones con la mina, salvo una línea directa al pañol de mecánicos en el Teniente C (ver carpeta de planos N.º 3). De consiguiente, agrega, se perdió el contacto entre los empleados superiores y el movimiento de los mineros quedó a merced del criterio de sus capataces y cabos. El servicio telefónico se restableció a las 16.30.

30. Antes de proseguir con el examen de las órdenes impartidas por la superioridad de la mina o de las que se omitió dar, es necesario indicar algunas cifras sobre el volumen de los gases desarrollados y su concentración en monóxido de carbono.

Los datos que doy a continuación resumen el cálculo completo que figura en el apéndice N.º 2.

En el taller de reparación eléctrico y de carros del nivel Teniente 1 había una cantidad de madera, en además y durmientes, de 99 m. cúb., avaluada según el plano T 468 de la carpeta N.º 4. He aceptado un peso específico de 0,9 y una humedad de 10%. Resulta un peso de madera seca de 80,190 kg. con la siguiente composición aproximada (3):

Materia	%	Fino, Kg.
C	50,3	40,380
H	6	4,810
O	41,2	33,000
N	1,3	1,040
Ceniza.....	1,2	960
	100,0	80,190

Tenemos forzosamente que introducir una hipótesis respecto del tipo y forma de la combustión. Según la declaración del Dr. Luis Silva, médico-jefe de la Compañía, el cuadro clínico de las víctimas del accidente indicaba sin lugar a duda una intoxicación por monóxido de carbono. Esto sugiere una combustión incompleta de la madera, con proporciones variables de monóxido de carbono (CO) y bióxido de carbono (CO₂) en los gases resultantes. Además, para que una cantidad determinada de los gases explotara, es necesario suponer que la concentración en volumen de monóxido fué superior a 12,5% (4). En consecuencia, parto de la hipótesis de que el 60% del carbono contenido en la madera se convirtió en monóxido y el 40% en bióxido de carbono. Con el aire preciso para la combustión resulta una mezcla de 12,7% en volumen de monóxido. Es posible que algo del vapor de agua formado por evaporación de la humedad de la madera interviniera en las reacciones, de modo que el gas resultante fuese una mezcla de «gas de aire» y de «gas de agua», con proporciones variables de monóxido de carbono, hidrógeno, bióxido de carbono y nitrógeno. La presencia de hidrógeno por sí sola o por formación de hidrocarburos con carbón finamente dividido contribuye a reducir el límite inferior de explosión.

31. Para calcular el volumen de gases tóxicos producido por minuto he supuesto que durante la media hora que precedió a la explosión, se quemó 1/24 de la madera. El incendio fué apagado a las 19.30, según declaración del señor R. P. Fitch, actual sub-jefe general de mina, quien tuvo a su cargo la lucha contra el fuego (anexo 10). Un período de 30 minutos representa precisamente 1/24 del tiempo total hasta extinción del incendio; pero no hay duda que éste fué más intenso durante las primeras horas, antes de que la cuadrilla de bomberos lograra descolgar una manguera desde el nivel Teniente C por fuera. En resumen, los puntos de partida de los cálculos de volumen y concentración son más bien conservadores, porque aceptamos la con-

(3) P. KRASSA: Combustión y combustibles, Santiago 1939, pág. 32.

(4) LANGE: Handbook of Chemistry, 5.ª ed., pág. 37. Según HURTE, 24.ª ed. alemana, 1924, t. I, pág. 57, el límite inferior sería 16,4%.

centración explosiva mínima y un período de producción de monóxido relativamente corto, de sólo 30 minutos, y cabe suponer que después de la explosión siguió durante algún tiempo generándose monóxido de carbono en concentraciones peligrosas, en parte por efecto del agua empleada en apagar el incendio.

32. En las condiciones fijadas, el volumen «original» de gas producido a partir de 100 kg. de madera seca ocupa un volumen de 442,7 m. cúb. a 0° y 760 mm. de presión, y su concentración en monóxido es 12,7%. En 30 minutos se quemaron 3,341 kg. de madera seca, que suministraron 10780 m. cúb. a razón de 359 m. cúb. p. m., a 0°C y 554 mm., presión que corresponde al nivel Teniente 1. Este volumen exigió un volumen de aire ambiente, principalmente del exterior, de 11300 m. cúb. a 0° y 760 mm., a razón de 275 m. cúb. p. m. a 0° y 554 mm. El aire del exterior entra, según el estudio de ventilación (V 22+V 22 A), a razón de 919 m. cúb. p. m. Deduciendo los 275 m. cb. necesarios, queda un exceso de $919 - 275 = 644$ m. cúb. p. m. y la concentración «original» se reduce de 12,7% a 4,54% en CO. Designaremos esta última por concentración «inicial».

Es claro que al principio la entrada de aire fué menor, porque el tapado que cerraba la boca-mina tenía pocas rendijas (anexo N.° 1, respuesta 44). El 25 de julio, con un boquete abierto de casi 2 m. cúb., con buen tiempo y sin viento, medí 383 m. cúb. p. m. Deduciendo los 275 m. cúb. p. m. necesarios para la combustión en las condiciones aceptadas, queda un exceso de 108 m. cúb., y la concentración «original» se reduce a 9,77% en CO. A la hora en que se declaró el incendio había viento, lo que contrarrestó la estrechez de las rendijas. Por lo tanto, la cantidad de aire que entraba por minuto no debe haber sido muy inferior al menor de los gastos que determiné de 383 m. cúb. p. m. Con sólo reducir éste a 275 m. cúb. p. m. se obtiene precisamente la concentración original de 12,7% en CO.

33. Sin embargo, para calcular la dilución en diversos puntos de la mina, me puse en el caso de que entraba aire a razón de 838 m. cúb. p. m., considerando que el fuego debió muy pronto carcomer el tapado de madera próximo a la fragua en que estalló y que a la media hora de iniciado se produjo la explosión. Esta rompió el tapado y permitió que el aire entrara en mayor cantidad al interior. Parto, pues, de una concentración «inicial» de sólo 4,94% en CO. Pero antes daré algunas cifras sobre el volumen de gases de concentración «inicial» producidos en 30 minutos.

El volumen generado por minuto es 923 m. cúb., y en 30 minutos es de 27,690 m. cúb., que ocuparán 28,700 m. cúb. a 10°C. Diluyendo estos gases con un volumen nueve veces mayor de aire fresco, se obtienen 287,000 m. cúb. de gases de 0,494%, casi medio por ciento. El pique A tiene una sección de 16,86 m. cúb. y una altura de 506 m. Un socavón de 2,90 m. de ancho por 2,30 m. de alto, tiene una sección de 6,66 m. cd. El volumen de gases desarrollados durante 30 minutos y diluidos a medio por ciento en monóxido puede llenar un espacio equivalente al del pique A más 42 km. de socavón.

34. Supondremos que al interior del socavón Teniente 1 entró la misma cantidad de gases por minuto que la de aire que observé durante la primera medida (V 22 del 19 de julio). Esta era de 820 m. cúb. p. m. que, a la temperatura media de 10°C de la mina equivalen a 850 m. cúb. p. m. De este gasto baja por el pique aux. N.° 1 un volumen de 293 m. cúb. p. m. al nivel Teniente 3, donde se mezcla con 566 m. cúb. p. m. de aire fresco, lo que reduce la concentración inicial a 1,685% en CO. De esta

mezcla bajan 113 m. cúb. p. m. por la buitra y pique aux. N.º 1 y se mezclan con 1792 m. cúb. p. m. de aire fresco en el nivel Teniente 5; la concentración resultante es de 0,1%. En el nivel Teniente 3, la concentración en CO en el pique A es también 1,685%, e igual concentración habrá en la cancha del pique 1.

35. La concentración en V 6 (carpeta N.º 4: Estudio de ventilación), pasado el pique A en el nivel Teniente 5 hacia el interior, es de 0,358%. Esta es la concentración máxima y constante del aire contaminado en el Teniente 5 a partir de V 6 y en el cruzado 20 S, así como en todas las buitras y auxiliares que bajan desde el nivel Teniente 3 al Teniente 5. En el Teniente 3 la concentración máxima de 1,685 se reduce paulatinamente hacia el interior, o sea hacia el sur, por dilución con los gases de 0,358% que suben desde el nivel Teniente 5 por los diversos auxiliares.

36. Asimismo, en el Teniente 1, la concentración inicial de 4,94% se va reduciendo al mezclarse con los gases que suben por los auxiliares desde el Teniente 3, cuya concentración está comprendida entre 1,685% y 0,358%, y al mezclarse también con aire del pique 1, que sube desde el Teniente 5 con una concentración algo superior a 0,1% (por mezcla en Teniente 3 con 117 m. cúb. p. m. de 1,685% en CO). Se diluye mucho más aún, ya muy al interior (sur) del nivel con el aporte de aire fresco proveniente del nivel Fortuna 2 por la chimenea 62 S.

37. En el nivel Teniente B, la concentración es menor que en el Teniente 1 porque resulta de la mezcla, primero, de aire puro que entra por la boca-mina del socavón cabeza con parte del aire que sale por el pique 1. Este aire tiene una concentración en CO comprendida entre 4,94%, proveniente del aire del Teniente 1, y 0,1% proveniente del Teniente 5, con una pequeña proporción de aire de 1,685% que proviene del Teniente 3, La concentración se reduce también gradualmente hacia el interior (sur).

38. En resumen, las concentraciones máximas se encuentran en orden decreciente en los niveles Teniente 1, Teniente 3 y Teniente B, al norte del pique A, y las mínimas en los sectores opuestos, es decir, al sur del pique auxiliar N.º 11. En el Teniente 1, la concentración se reduce a 0 en la bifurcación del socavón cabeza sur y del cruzado 059 AS, debido al aire fresco a mayor presión que baja por la chimenea 62 S desde Fortuna 2 y que desvía los gases contaminados hacia el cruzado referido, dejando exenta de CO la continuación al sur del socavón cabeza sur.

Considerando ahora la concentración por niveles, de lo anterior se desprende que las concentraciones mínimas se encontraban en el Teniente 5, eran mayores en el Teniente 3, máximas en el Teniente 1, con excepción de su extremo sur, y decrecían nuevamente en el Teniente B, para salir finalmente, parte por este nivel, parte por el nivel C. La concentración media de los gases salientes era aproximadamente de 1,57%. O sea, entre el nivel Teniente 5, al sur del OP1 aux., y el nivel Teniente C, las concentraciones «medias» por nivel variaban desde un mínimo de 0,1% frente a la sub-estación Cuevas, o de 0,358% al sur del pique A, hasta un valor de 1,57% en el nivel C, pasando por un máximo superior a 2,5% en el nivel Teniente 1. Dentro de cada nivel hay también variaciones y, por lo tanto, zonas de mayor o menor concentración. Por ejemplo, la sección BNN, comunicada con la superficie por el cruzado 32 AN estaba libre de monóxido, como asimismo la sección del Teniente 1 al sur del cruzado 059 AS. Otro tanto sucedía en el nivel Teniente C, entre las puertas de ventilación N.º 1 y N.º 3.

39. De los piques, el más afectado debió ser el A, pues su escaso tiraje comparado con el del 1, a causa de sus caras ásperas e irregulares de roca viva y con marcos de madera sobresalientes de $10 \times 10''$ a intervalos de 2 metros, lo convierte en «receptor» de los niveles Teniente 3, Teniente 1 y Teniente B, mientras que el pique 1, con sus caras lisas de concreto recibe todo su aire desde el nivel Teniente 5, salvo una escasa cantidad que recibe en el Teniente 3, y entrega en el Teniente Sub-B, en el Teniente 1 y en el Teniente B. En cambio, el pique A no recibe nada o sólo con intermitencias del Teniente 5 y muy poco del Teniente 3 (117 m. cúb. p. m.), más del Teniente 1 (468 m. cúb. p. m.) y algo menos (244 m. cúb. p. m.) del Teniente B; entrega todo su aire a la superficie en el Teniente C, quizá algo en el Sub-B, aunque no se midió al gasto en este nivel. Por lo tanto, las concentraciones en CO eran mucho más altas en el pique A que en el pique 1, puesto que recibía gases de alta concentración, de 1,685% en Teniente 3 y 4,94% en Teniente 1, mientras que el 1, salvo una pequeña cuota del Teniente 3, recibía todo su aire del nivel Teniente 5 a una concentración algo superior a 0,1%. Se explica así que este pique haya sido el primero en quedar nuevamente en servicio (a las 0.30 del día 20 según el informe Withers, anexo 19). Según el señor G. Owens, capataz mecánico general de la mina y el señor A. Farías, huincherero del pique 1, éste fué el último en quedar fuera de servicio, a las 8.30.

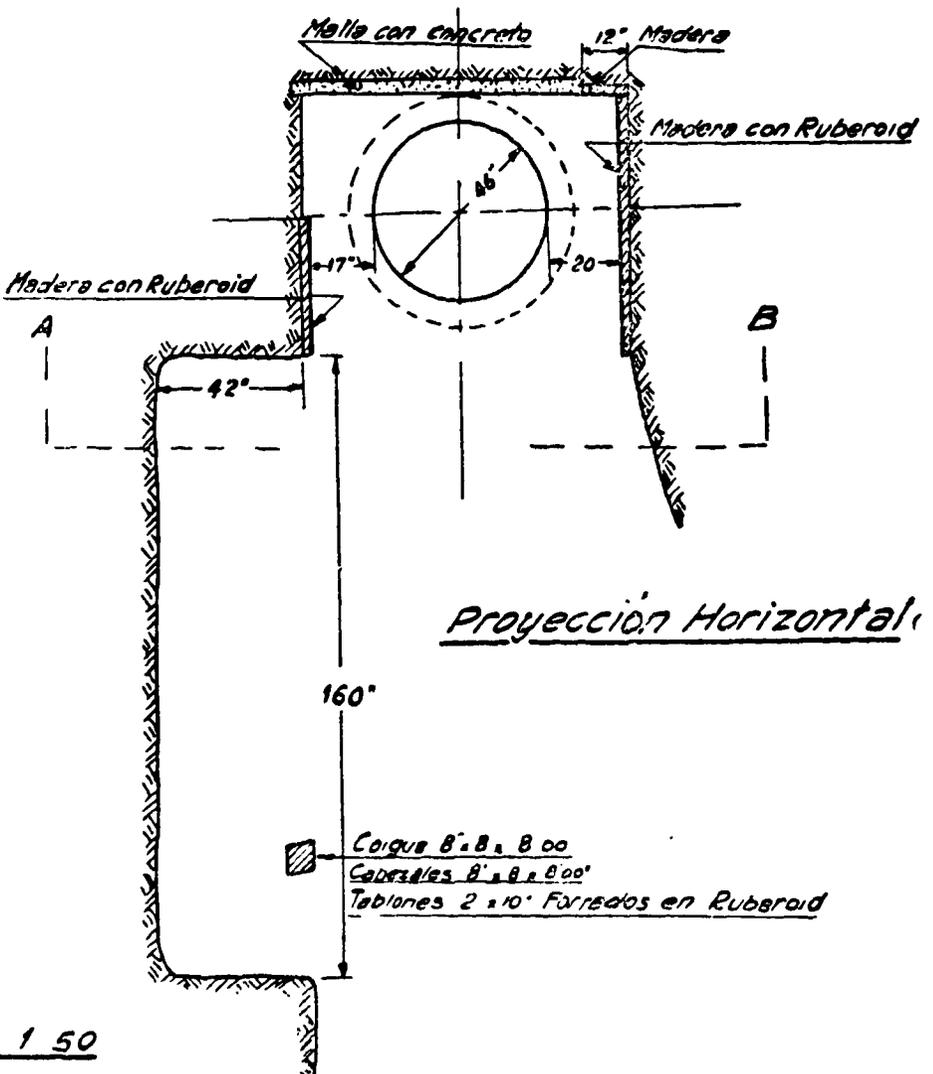
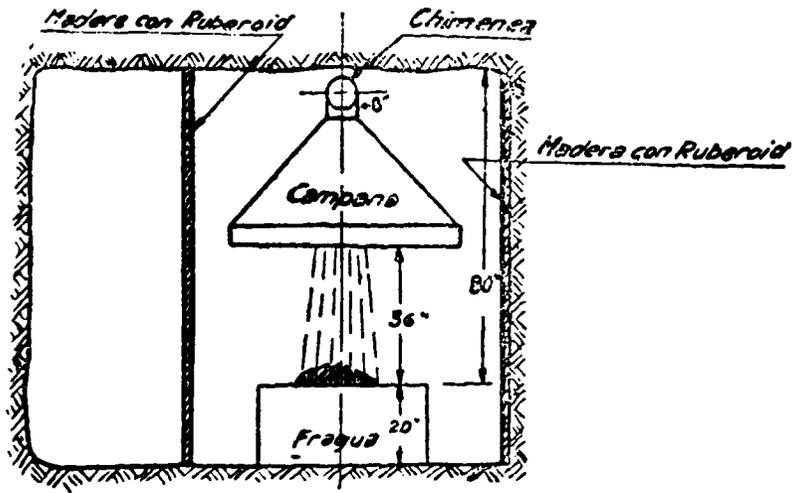
40. Naturalmente, la paralización de los ventiladores por orden del administrador, a las 8 aproximadamente (anexo 19, pág. 1, aunque no se indica la hora exacta), modificó algo las condiciones, pues redujo el tiraje de la mina y permitió una mayor difusión del monóxido hacia las zonas de menor concentración. Los ventiladores volvieron a ponerse en servicio a las 0.45 del día siguiente, 20 de junio (anexo 19, pág. 3). La interrupción no modificó los circuitos de aire, pero demoró el despejo de los gases tóxicos una vez dominado el foco.

41. El cuadro que resulta de los cálculos y observaciones anteriores permite resumir brevemente las etapas del desarrollo del siniestro.

El incendio estalló a las 7.30 del 19 de junio en la fragua del taller de reparación de carros del nivel Teniente 1. Tomó cuerpo con rapidez porque la madera estaba relativamente seca y el revestimiento de «rubberoid» que se había colocado para impedir la entrada de aire frío por las rendijas del tapado es inflamable. Según el informe del Instituto de Materias Primas (Anexo 22), este material se inflama con gran facilidad y basta calentarlo con la llama de un fósforo. Empieza a destilar a 140°C y su punto de inflamación en crisol abierto es de 254°C , siendo el de la madera 210°C . El revestimiento de «rubberoid» quedaba por un lado a 50 cm. de distancia de la fragua y por otro a sólo 43 cm. (ver croquis adjunto).

42. Los humos se propagan siguiendo las rutas preestablecidas y una parte baja por los circuitos 1 y 2, descritos en los párrafos 27 y 28, al nivel principal, Teniente 5. Esta parte se propaga enseguida horizontalmente hasta contaminar todo el nivel con sus cruzados y sube por los piques auxiliares a los niveles superiores para salir finalmente al exterior en el nivel C, parte por el taller de carros, parte por el antiguo inclinado N.º 4 al nivel Teniente F. Al mismo tiempo los gases contaminados se propagan horizontalmente por el nivel Teniente 3 y suben por los auxiliares al Teniente 1, donde se mezclan con los que se propagan horizontalmente por este nivel. Del Teniente 1 suben los gases por el pique A, el pique 2 y los auxiliares al nivel B.

Proyección Vertical A-B



Escala 1 50

Del pique 1 en este nivel sale también una parte que se propaga horizontalmente hacia el sur y se confunde con los gases que suben desde el nivel Teniente 1.

43. Los gases contaminados que suben por los auxiliares desde los niveles Teniente 5 y Teniente 3 cortan la retirada a los grupos de mineros que bajan por los auxiliares desde los niveles Teniente 1 y Teniente 3 en demanda de salvación al Teniente 5. Esto explica el elevado porcentaje de víctimas en los auxiliares entre el nivel Teniente 5 y el nivel Teniente 1. La mayor parte de los muertos es recogida durante las operaciones de rescate en la zona próxima al nivel Teniente 3 (informe Withers, anexo 19, pág. 3).

Sólo salvaron sin daño los grupos que salieron del BNN por el cruzado 32 AN y del Teniente 1 Sur por la chimenea 62 S al nivel Fortuna 2, en total 320 hombres más o menos. De éstos salieron por la chimenea 62 S 180 a 200 hombres (declaración del señor W. Lee, anexo 6); por el cruzado 32 AN, 65 a 70 hombres (declaración del señor J. J. Reed, anexo 8), y por el socavón de cabeza del nivel Teniente B, 40 a 50 hombres (declaración del señor W. H. Burt, anexo 9). Según el señor R. P. Fitch, el número total que salió, ya sea por el socavón cabeza del Teniente B o por el cruzado 32 AN, fué de 175 (anexo 10).

De los 355 fallecidos, 345 pertenecían a los niveles Teniente 3 al Teniente B e intermedios (anexo 23). Murieron 5 del Teniente C, probablemente porque se hallaban en la zona del inclinado N.º 4 al nivel Teniente F, ruta obligada de la mayor parte del aire viciado que sale de la mina, y no tuvieron noticia del incendio. Otros cinco murieron en el nivel inferior, Teniente 5, y es probable que pertenecieron a la cuadrilla que trabaja en el avance del socavón.

44. La velocidad de propagación de los gases puede apreciarse por las observaciones recogidas durante un experimento, ya mencionado en el párrafo 26, que se efectuó inyectando acetato de amilo a la corriente de ventilación que arranca del taller en el Teniente 1, foco del incendio. El 25 de julio se realizó un experimento preliminar y se utilizó un pequeño pulverizador de «flit». El olor del reactivo se percibió en el nivel Teniente 3, al pie del pique aux. N.º 1, 9 min. 46 seg. después de iniciada la inyección. Al nivel Teniente 5, en el boquete del pique aux. N.º 1, llegó el olor a los 14 min. 15 seg.

El experimento se repitió en mayor escala el 29 de julio bajo la supervigilancia del ingeniero jefe de la Oficina Mina, señor W. P. Klugescheid (informe del ing. señor R. A. Lizana, anexo 21). Se utilizó un equipo de pintura al «duco» y se colocaron 49 observadores en diferentes puntos de la mina. Al Teniente 3 llegó el olor a los 7 min. 47 seg., y al Teniente 5, a los 9 min. 50 seg.

45. Conviene hacer notar que la primera masa de aire con acetato de amilo llegó al pie del aux. N.º 11 en el nivel Teniente 5, 43 minutos después de iniciada la inyección. Casi en el mismo tiempo debió de haber llegado la primera fracción del reactivo, ya muy diluído, a este pique auxiliar en el Teniente 3, puesto que tardó 25 min. 15 seg. en llegar al OP N.º 5, y éste queda a 320 m. más atrás, hacia el pique A.

Según declaración del señor W. Lee (anexo 6), la gente del Teniente B, comenzó a moverse hacia los piques auxiliares entre las 8.20 y las 8.45, aproximadamente tres cuartos de hora después de iniciado el incendio. O sea, en el momento en que los mineros comenzaron a bajar por el inclinado 11 al sub-nivel, para seguir después por los auxiliares N.º 9 y N.º 11 en demanda sucesiva de los niveles Teniente 1, Teniente

3 y Teniente 5, ya comenzaba el ascenso mortal de los gases contaminados desde los niveles Teniente 5 y Teniente 3 por esos mismos auxiliares.

46. Los efectos del monóxido de carbono pueden inferirse de los datos siguientes:

A una concentración de 1%, el monóxido de carbono es capaz de llegar al 80% del valor de equilibrio de saturación en la sangre, para una persona en reposo, dentro de 2 a 15 min., tiempo que se reduce cuando la persona realiza un esfuerzo, porque el ritmo respiratorio se acelera y el volumen aspirado en cada inspiración aumenta. Aún en concentraciones de 0,1% en monóxido, que debió existir en el nivel Teniente 5, frente a la sub-estación Cuevas, antes de que se tapara el boquete del OP N.º 1 y de su auxiliar y se cerrara la puerta corta-fuego N.º 1, el límite de saturación peligroso puede alcanzarse dentro de 3 horas (5). La saturación de equilibrio es generalmente mortal si el individuo no es sacado de inmediato a una atmósfera pura y sometido al tratamiento que se indica en estos casos. Cuando está inconsciente, el método más eficaz es la respiración artificial, seguida de inhalaciones de oxígeno puro con 5 a 7 por ciento de bióxido de carbono.

Se explica el efecto pernicioso del monóxido, aún a muy bajas concentraciones, por su afinidad extraordinaria con la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre, 300 veces más intensa que en el caso del oxígeno. Se forma monóxido-hemoglobina en los pulmones, más estable que la oxi-hemoglobina. Si hay bastante hemoglobina combinada con el monóxido de carbono, los tejidos no reciben suficiente oxígeno: se produce anoxemia, con debilidad y luego colapso (6).

47. Falta explicar un punto: el de la explosión que se produjo en el nivel Teniente 1, media hora después de iniciado el incendio. La explosión puede haber sido provocada por una chispa eléctrica. Es probable que los cables eléctricos se alargaran con el calor y se cruzaran o tocaran tierra. Existía un cable desnudo de cobre para la corriente de tracción y había línea de alumbrado. La aislación de esta última se corrió y quemó, y el menor contacto pudo hacer saltar una chispa. También es posible que la compresión inicial que desencadenó el fenómeno fuera originada por la explosión preliminar de una mezcla gaseosa muy explosiva. En el taller había cierta cantidad de aceite lubricante que, al gasificarse con el calor, pudo reaccionar con carbón finalmente dividido resultante de la madera que ardía, y dar origen a un compuesto explosivo.

48. Cuántas y cuáles hipótesis hagamos sobre el particular, el hecho mismo de la explosión no pudo tener una influencia determinante en el desarrollo del siniestro: sólo aceleró la propagación de los humos horizontalmente por el nivel Teniente 1; pero los gases habían invadido ya la mina por los circuitos 1 y 2. Es interesante dejar constancia del estado en que se encontraban, en el instante de la explosión, las diversas puertas corta-fuego de la mina que pudieron retardar, cerradas, o facilitar, abiertas, la propagación del humo.:

Teniente B.—La puerta corta-fuego N.º 2 no se cerró, pues no tiene demostraciones por efecto de la explosión como las abolladuras que demuestran otras puertas.

(5) R. P. SAYERS y W. P. YANT: Dangers of and treatment for carbon monoxide poisoning, R. I. 2476, mayo 1935, Bureau of Mines, pág. 6.

(6) I. C. 6983, enero 1938, Bureau of Mines, pág. 7. Esta circular indica también 12,5% como límite inferior explosivo del monóxido con aire, pág. 5.

Teniente 1.—La puerta corta-fuego N.º 1, junto al pique A, en la cortada al pique 1, se cerró, pues está abollada por la explosión. La puerta corta-fuego N.º 2, en el socavón principal, entre la puerta de control y el cruzado 4 R, no se cerró; no tiene abolladuras, (ver, además, declaración del señor J. P. Withers). La N.º 3 se cerró y se nota muy abollada.

Teniente Sub-B.—La puerta corta-fuego N.º 1, en la cortada al pique 1, se cerró o estaba cerrada, pues se nota ligeramente abollada. La puerta N.º 2, en la prolongación de la cortada al pique A, quedó abierta; asimismo la N.º 3, pues la pequeña abolladura que presenta en su parte inferior es efecto más bien de un choque o golpe con un carro u objeto duro. Las abolladuras en todas las puertas que sufrieron por la explosión muestran deformaciones más pronunciadas al centro de los paños y no en las pestañas o refuerzos. No he registrado órdenes de cerrar estas puertas. De 15 obreros que trabajaban en este nivel, murieron 11, la mayor proporción de todos los niveles. Esto indicaría que los gases contaminados subieron desde el nivel Teniente 3, por el pique A y de ahí se propagaron rápidamente al interior por encontrarse abiertas las puertas N.º 2 y N.º 3.

Teniente 3.—Las dos únicas puertas corta-fuego, N.º 1 y N.º 2 no tienen demostraciones. Normalmente permanecen abiertas y no he registrado órdenes de cerrarlas.

49. El cuadro anterior demuestra sin lugar a dudas que la explosión sólo aceleró la propagación horizontal en el nivel Teniente 1, pues en el nivel Teniente B, la puerta N.º 2 estaba abierta y sólo fué cerrada cuando pasó el grupo que salió por el socavón cabeza, después de la explosión (el señor R. P. Fitch me manifestó que se cerró efectivamente). En el nivel Teniente 3 nada impidió la propagación horizontal, pues hay constancia de que las puertas permanecieron abiertas. Los gases contaminados subieron por el pique A al Teniente Sub-B y por este nivel al interior y de ahí por los auxiliares e intermedios de las diversas buitras al nivel Teniente 1. Otra parte bajó al nivel Teniente 5 por los circuitos 1 y 2 ya descritos.

Por el contrario, puede asegurarse que el hecho de que se cerraran las puertas N.º 1 y N.º 3 en el Teniente N.º 1 obligó a una mayor proporción de aire que el que normalmente baja por el pique aux. N.º 1 a bajar por éste al nivel Teniente N.º 3. Dada la existencia de esa ruta, poco efecto podía tener el que estuviesen o no cerradas las puertas referidas.

C. Dirección de las operaciones durante el siniestro

50. Con los antecedentes acumulados podemos apreciar el alcance de las órdenes precisas de evacuación y las medidas que tomó el administrador de la mina, señor J. P. Withers, secundado por el jefe general de mina («general mine foreman»), señor I. Casarotto, en adelante jefe de la mina. Me baso en las declaraciones de estos altos empleados ante la Sub-Comisión Parlamentaria y en el informe del primero de los nombrados (anexo 19), como asimismo en declaraciones que obtuve personalmente de algunos subalternos.

51. La primera orden, que llamaré N.º 1, fué la de sacar toda la gente de la mina. Recibió esta orden el jefe de la mina y la trasmitió a los capataces de mina («mine foremen») de los niveles Teniente B y Teniente 1.

52. La segunda orden, N.º 2, complementa y precisa la primera: la gente del

nivel Teniente B debe salir por el cruzado 32 AN, y la de los otros niveles, por los piques auxiliares hacia el Teniente 5, «pues no tenía razón lógica—dice el administrador en su informe—de suponer ningún movimiento de humo hacia abajo del nivel en que se declaró el incendio».

53. La tercera orden, N.º 3, se refiere a los ventiladores: éstos deben pararse para no impulsar el humo hacia las secciones de explotación antes de que los mineros las abandonen.

54. Las tres órdenes, N.º 1, N.º 2 y N.º 3 fueron impartidas al jefe de la mina en su propia oficina del Teniente C, instantes después de que éste recibiera la noticia del incendio, a las 7.45 del 19 de junio.

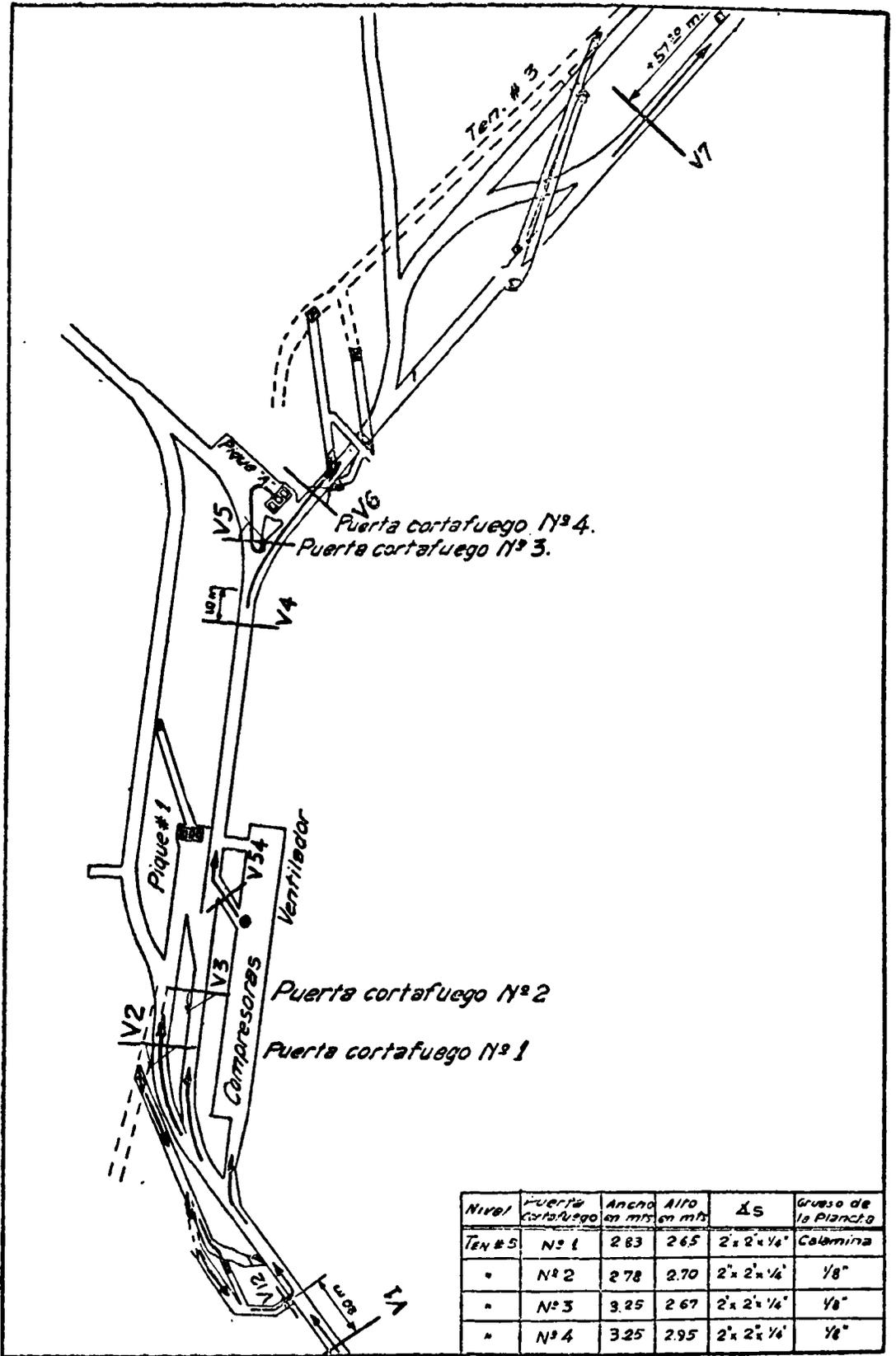
En seguida, los tres empleados superiores, a saber, el administrador, el sub-administrador, señor G. Decker y el jefe de la mina, se dirigieron al pique A y bajaron en jaula por este pique al nivel Teniente 5. En la cancha del Teniente 1 rescataron algunos hombres semi-asfixiados, que siguieron viaje con ellos al Teniente 5, donde el administrador instaló su cuartel general. Antes de bajar por el pique A dejó instrucciones para que inspector de seguridad, señor E. C. Olesen, bajara con las máscaras de oxígeno.

55. Ya instalado el administrador en su cuartel general, (ver croquis adjunto B) el señor W. Lee, desde su oficina en el nivel Teniente B, le comunica al jefe de la mina que no puede salir con su gente por el cruzado 32 AN porque antes de llegar frente al pique N.º 2 se encontró con humo muy espeso. Entonces, el jefe de la mina imparte la orden N.º 4: que el señor Lee baje por el inclinado 11 al sub-nivel y de ahí por los auxiliares al nivel Teniente 1 y de éste por los piques auxiliares N.º 9 y N.º 11 al nivel Teniente 5.

La orden N.º 4 a su vez complementa y modifica la orden N.º 2, en el sentido de que la gente del Teniente B que no puede salir por el cruzado 32 AN, tome los mismos caminos consabidos—piques auxiliares N.º 9 y N.º 11—que la gente de los demás niveles.

56. Ni el administrador ni el jefe de la mina en sus informes o declaraciones mencionan los niveles Teniente C y Teniente F, a cuyo personal no podía, sin embargo, aplicarse la orden N.º 2, de salir por el cruzado 32 N del Teniente B o hacia abajo al Teniente 5, puesto que los niveles Teniente C y Teniente F quedan encima del Teniente B. De los 48 hombres que trabajaban en los niveles Teniente C y Teniente F, murieron cinco, de los cuales cuatro pertenecían al nivel Teniente F, de un total de cinco. Estas cuatro víctimas se encontraban probablemente dentro o a inmediaciones del inclinado 4 que comunica el nivel Teniente C con el nivel F, por donde sale la mayor parte del aire viciado de la mina, y no tuvieron noticias del incendio hasta cuando se vieron envueltos en el humo. Tampoco hay constancia de que se ordenase parar el ventilador auxiliar de 5 HP instalado en el nivel Teniente 5 al pie del pique aux. N.º 11 y que ventila el remate del cruzado 053 AS, frente del socavón principal. Este ventilador inyectó aire viciado que sorprendió a los obreros del avance.

57. No es necesario detenerse por más tiempo en este aspecto del desarrollo del siniestro. Lo que ocurrió después no es sino la consecuencia lógica de las órdenes impartidas, en particular la N.º 2 y la N.º 4. Con estas órdenes, la situación que se planteó fué la de una batalla perdida de antemano. Dígase lo que se quiera respecto a insuficiencia de máscaras de oxígeno u otros elementos de rescate. Multiplíquese por dos, tres o más veces el número de dichos elementos, el cuadro no se modifica en sus



líneas generales, aparte de que para utilizar estos recursos es necesario contar con numeroso personal instruído, lo que no era el caso.

58. No obstante, es necesario terminar este análisis con el examen de dos cuestiones: 1.º cuáles debieron ser las órdenes correctas, apropiadas a las circunstancias y a las condiciones reales de ventilación existentes, y 2.º por qué no se tomaron las medidas que estas circunstancias y condiciones imponían.

59. 1.º Desde el momento en que un foco de incendio, en general de humos o gases de cualquiera naturaleza, se localiza en un extremo de la mina, lo indicado es abandonar la mina por el extremo opuesto, tanto más cuanto que en el caso actual hay una circunstancia favorable: por la chimenea 62 S que desemboca en el nivel Teniente 1 Sur entra aire fresco del nivel Fortuna 2 a una presión tal que impide que el aire proveniente de las boca-minas del norte (NN en el caso de Teniente 3) y viciado en su trayecto por el interior, penetre al socavón cabeza 5 al sur del cruzado 059 AS (párrafo 36 y 37). Una cola de centenares de hombres pudo haber esperado al sur de este cruzado su turno de subir por la chimenea referida sin peligro alguno. A lo más habría bastado levantar una barrera o tapado provisional en el socavón, inmediatamente al norte del cruzado 059 AS o más al norte, entre la oficina del despachador y el cruzado 049 AS, para evitar toda difusión de monóxido.

De haberse dado la orden precisa, toda la dotación del turno en los niveles Teniente B, Teniente 1 e intermedios habría salvado con vida. Exceptuando a los dos operarios que murieron en sus puestos en el taller de reparación de carros al tratar de sacar una locomotora eléctrica, *trescientos siete* (307) de los fallecidos se contarían hoy entre los que libraron del siniestro. Que no exageramos resulta de cotejar este aserto con las declaraciones de los señores Jiménez, Lee, Adamec, Lewis, Reed, Burt y Fitch (anexos 4 a 10). El primero cree que se habría salvado todo el turno del Teniente 1, y el señor Lee manifiesta que no habría perdido ni un solo hombre de su nivel.

La orden salvadora no se dió en ningún momento; los que se salvaron por la chimenea 62 S al nivel Fortuna 2, desobedeciendo las instrucciones de bajar por los auxiliares N.º 9 y N.º 11 al nivel Teniente 5, tomaron ese rumbo a insinuación y por iniciativa propia del capataz señor Roberto Jiménez. Así lo afirma él y lo corrobora el señor Lee, jefe de mina («mine foreman»), que corre con el nivel Teniente BN, BS y el sub-nivel del B. Por lo demás, el jefe de la mina, señor I. Casarotto, en su declaración, reconoce esta iniciativa del señor Jiménez.

60. 2.º Ahora se plantea la cuestión de averiguar por qué no dió el administrador la orden de salir por la chimenea 62 S a los jefes de los niveles Teniente 1, Teniente B y sub-Nivel del B. Da como razón para justificar la orden N.º 2, complementada posteriormente por la N.º 4, que no podía suponer lógicamente que los humos bajarían desde el nivel Teniente 1 a los niveles inferiores (párrafo 52).

El estudio de ventilación y de propagación de los gases que hemos resumido bajo los títulos A y B, conjuntamente con los experimentos de acetato de amilo, demuestran que el administrador no tiene base alguna en qué apoyar su razonamiento. A la comprobación empírica he agregado un cálculo que demuestra sin lugar a duda que el fenómeno debe producirse tal como se observa (apéndice 3).

61. La ignorancia de esta condición real queda evidenciada también en la respuesta del administrador a la pregunta 39 j del cuestionario. Asimismo, declara en su respuesta 39 e que no ha observado nunca inversiones súbitas del sentido de la co-

rriente. Sin embargo, esto es la regla en el pique A, entre los niveles Teniente 5 y Teniente 3. Al parecer, predomina el sentido de alto abajo, desde el nivel Teniente 3 al Teniente 5. Observé el fenómeno en diversas oportunidades y fué comprobado por otros observadores. Por ejemplo, el señor Carlos Rojas observó el sentido predominante de alto abajo el 25 de julio, cuando actuaba de observador durante el experimento preliminar con acetato de amilo, al pie del pique A en el Teniente 5. Nuevamente fué observado este sentido por los observadores 18 A y 4 durante el segundo experimento, el 29 de julio. En esta prueba no se produjo cambio del sentido porque no corrían trenes y el pique 1 no funcionaba, mientras que el pique A, sí. La resistencia del pique 1 era, por lo tanto, mínima, y su «drenaje» del pique A debió alcanzar un máximo.

62. Se ha invocado también la imposibilidad en que se vió el administrador de conservar contacto por teléfono con su personal, como circunstancia que le impidió hacer efectiva su dirección de las operaciones de despejo y rescate. Vimos más arriba, párrafo 29, que más o menos a las 9 dejó de funcionar la central telefónica, y antes según otros testimonios, de suerte que el movimiento de los mineros quedó a merced del criterio de sus capataces («foremen») y cabos («bosses»). ¿Qué confianza merecía el criterio de estos jefes subalternos para apreciar las conveniencias del momento? Suponiendo condiciones subjetivas favorables en estos empleados, y lo son sin lugar a duda, el criterio se forma principalmente por el conocimiento más preciso y completo posible de la mina. En este punto discrepan los testimonios, pues mientras el subadministrador, señor G. Decker, manifestó a la Sub-Comisión Parlamentaria, el 27 de junio, que «todos los hombres saben salir de la mina», de las declaraciones de los señores Jiménez, Adamec, Lee, Lewis, Reed, Burt y Fitch, se desprende que muchos no conocían la chimenea 62 S al nivel Fortuna 2.

63. El señor Fitch la conocía; pero no sabe si alguien más la conocía (anexo 10). Como salió con un grupo del Teniente BNN por el socavón cabeza para dedicarse primero a revisar máscaras de oxígeno en el Teniente C y, luego después, a extinguir el incendio, no pudo intervenir en los momentos decisivos, cuando los mineros iniciaron su caravana por los piques N.º 9 y N.º 11 hacia el Teniente 5.

El señor Burt sabía que había un camino al nivel Fortuna 2, aunque no conocía la chimenea 62 S; pero cree que la habría encontrado (anexo 9).

En cuanto a los señores Adamec, Lee, Lewis y Reed, ninguno de ellos conocía la chimenea 62 S ni sabían de su existencia (anexos 6, 7, 8 y 9). Estos jefes trabajan en la mina El Teniente desde hace dos años y dos meses el primero, cinco años y medio el segundo, dos años y cuatro meses el tercero, y un año y cuatro meses el último de los nombrados.

El señor Burt, que conocía de nombre la chimenea referida, trabaja desde hace dieciocho meses en la mina, y el señor Fitch, que la conocía y no pudo intervenir con eficacia en el momento supremo y en el lugar decisivo por estar ocupado en otra parte, trabaja desde hace cinco años y medio en la mina.

64. De no mediar la oportuna intervención del capataz señor Roberto Jiménez, único, fuera de su ayudante Ramón Torres, que conocía la chimenea 62 S al nivel Fortuna 2, entre los centenares de mineros que hacían cola para bajar por los piques auxiliares N.º 9 y N.º 11, doscientos o más hombres se habrían sumado a las víctimas de la catástrofe. Entre ellas figuran tres ingenieros «americanos» que murieron en el

nivel Teniente 1. Estos fueron los señores Egemo, Quinn y Ferry, ninguno de los cuales conocía probablemente la chimenea 62 S, según manifestarían los señores Adamec y Lee. El primero le oyó decir al señor Ford, sub-jefe general de mina («assistant general mine foreman»), que él le había dado instrucciones al señor Egemo para que bajara por los auxiliares N.º 9 y N.º 11 al nivel Teniente B. La repentina partida de señor Ford a los EE. UU. la víspera de la visita de la Sub-Comisión Parlamentaria, me impidió interrogarlo al respecto y sobre otros puntos de interés.

65. Por último, se argumenta que la explosión proyectó grandes masas de humo al interior de la mina y modificó los circuitos de ventilación.

La explosión ocurre en una fracción de segundo, el equilibrio se restablece instantáneamente y el fenómeno de la circulación del aire en la mina sigue su curso, determinado por las condiciones de presión estática imperantes normales.

Respecto a la proyección de grandes masas de aire al interior, basta decir que una explosión es una onda única que se propaga con velocidades de 1,000 a 3,000 m. por segundo. Es un sistema de temperaturas y presiones que se propaga con modificación química del medio, a diferencia de las ondas corrientes. La comunicación de las presiones se efectúa antes de que el aire tenga lugar a desplazarse ante los gases que resultan de la explosión (7).

Esta última hipótesis queda por lo tanto descartada también.

IV. CONCLUSIONES

A. Resumen de las conclusiones

66. 1.ª El examen de los antecedentes y testimonios relacionados con el desarrollo del siniestro permite establecer sin lugar a dudas que la magnitud que asumió el siniestro es el resultado de una orden impartida por el administrador al personal de la mina: la de salir por los piques auxiliares N.º 9 y N.º 11, en vez de salir por la chimenea 62 S.

67. 2.ª Esta orden funesta es consecuencia del desconocimiento de las condiciones reales de ventilación, en particular de los diversos circuitos de aire, por parte de mismo administrador y del personal ejecutivo que lo secundaba.

68. 3.ª Cierta escasez de medios de rescate, principalmente de máscaras livianas contra monóxido de carbono (autorrescatadores); la carencia de medios eficaces de protección contra incendios, y, en general, la falta de programas de operaciones y de suficiente personal instruido para llevarlos a cabo con éxito, son en parte responsables también, si bien en menor grado, de las proporciones de la catástrofe. La responsabilidad última por estas condiciones irregulares de prevención y combate gravita sobre la Administración de la mina.

69. 4.ª El comportamiento del personal superior y subalterno durante el desarrollo del siniestro, dentro de las condiciones adversas creadas por los factores analizados, ha sido ejemplar. Este personal no escatimó sacrificios y dió pruebas de un alto sentido del deber, (ver declaración del capitán de Carabineros don Darío Ochoa y anexos 5, 6, 7, 8, 9 y 19).

(7) H. BOUASSE: Cours de Thermodynamique, 2.ª ed., París 1925, 2.ª parte, cap. VI.

70. 5.ª La existencia de las condiciones y factores adversos mencionados no es efecto de alguna indiferencia de la Compañía por alcanzar un alto nivel de seguridad en sus faenas; por el contrario, hay demostraciones de su interés por dotarlas de los adelantos técnicos necesarios para ello y por ampliarlas de propia iniciativa, como en el caso de la ventilación, cuando lo imponen exigencias de salud. Cierta flojera en la observancia de los reglamentos de seguridad es también de responsabilidad exclusiva del personal superior, aunque fuerza es reconocer que no hay suficiente personal de jefes subalternos e inspectores, como consecuencia de la escasez de técnicos creada por la guerra.

B. Observaciones Generales

71. Las conclusiones 1.ª y 2.ª no precisan mayor comentario, pues hemos fundamentado su validez con acopio de antecedentes; no así las demás, que merecen algunas observaciones aclaratorias.

72. *Respecto a la tercera.*—Hemos indicado el caso de grupos aislados de hombres que trabajan en lugares distantes de los sectores de producción, como en el nivel C y en el avance del socavón principal del nivel Teniente 5. Cada uno de estos hombres debe llevar consigo una máscara contra monóxido de carbono, tipo D, último modelo, de las llamadas «autorrescatadores». Son livianas, pesan poco más de un kg. y dan protección durante a lo menos media hora en una atmósfera que contenga 1% de monóxido, y 20 min. en una que contenga 2%. Experimentos efectuados con estas máscaras por el Bureau of Mines de los E.E. UU. demuestran que con aire al 1% en CO, la saturación peligrosa en la sangre con estas máscaras se alcanza a los 70 minutos, de modo que en realidad el autorrescatador da protección eficaz durante a lo menos 45 minutos a una hora (8).

73. Todos los mineros que trabajan en los niveles Teniente 3 y Sub B debieran usar autorrescatadores. Hemos visto que la concentración máxima de los gases que penetraron al interior del nivel Teniente 5 y subían por los auxiliares al Teniente 3, a la altura de los piques auxiliares N.º 9 y N.º 11, estaba comprendida entre 0,358% y 1,685%, en promedio 1%, aunque por ser mayor el volumen de aire que llega por los auxiliares desde abajo que el que llega horizontalmente desde la boca-mina, la concentración debió ser inferior a 1%. Por lo tanto, y considerando las diferencias de cota entre el Teniente 5 y el Teniente 3, a saber, 117 m., el uso de autorrescatadores le habría permitido a casi todos los hombres del Teniente 3 salir holgadamente a lugar seguro. Los del Sub B también habrían logrado en su mayoría salvarse.

74. La mina El Teniente no cuenta sino con 10 autorrescatadores (anexo 2.ª, pág. 2). La Compañía Minera Fresnillo en Zacatecas, México, no es de una importancia comparable a la Braden Copper, pues sólo extrae 674,500 ton. al año con 4.500,000 hombres-hora, contra diez millones de toneladas con 7.200,000 hombres-hora en El Teniente; sin embargo, dispone de 50 autorrescatadores, fuera de un número proporcional mayor de aparatos de oxígeno Mc Caa (12 contra 18) y de máscaras

(8) J. J. FORBES Y G. W. GROVE: Protection against mine gases, M. C. 35, Bureau of Mines 1937, pág. 11 y sgtes. Esta circular fué traducida por la revista «Seguridad» de la Caja de Accidentes del Trabajo, N.º 53, julio-agosto 1942.

ras de servicio general (10 contra 8 en El Teniente) (9). Considerando la dotación de los niveles Teniente 3, Sub B y el personal aislado, la Compañía debiera disponer de 250 autorrescatadores con sus respectivas latas de repuesto.

75. En la mina faltan medios eficaces de lucha contra incendios. Todos los puntos en que el fuego puede prender con facilidad deben disponer a corta distancia de una cañería de agua de 2 pulgadas con manguera de longitud suficiente acoplada y lista para funcionar. Esta exigencia es imperativa en lugares de aire entrante como en el caso del taller en que estalló el incendio. A proximidad de estos puntos especiales en que las cuadrillas de bomberos deben trabajar con humo en contra, deben guardarse a lo menos dos máscaras de oxígeno de 1 hora y 4 autorrescadoras. Asimismo, es conveniente que, además de uno o dos extinguidores de mano comunes, se disponga en estos puntos de un extinguidor montado sobre ruedas, como el que está instalado en la sub-estación Cuevas, tipo Dugas de 150 lb., que genera gas carbónico seco. Este modelo es apropiado para recintos que contienen conductores eléctricos desnudos y maquinaria eléctrica y evitan daños materiales excesivos por uso precipitado del agua.

76. La falta de una organización de superficie adecuada para la lucha contra incendios explica la falta de programas de operaciones. Y la ausencia de estas directivas preestablecidas de acuerdo con las características de la mina, en particular del sistema de ventilación, se traduce inevitablemente en siniestros de magnitud. Debiera existir un esqueleto de organización permanente, cuyos cuadros pudieran completarse y pasar al pie de guerra en breves momentos, tal como lo recomiendan y detallan *J. J. Forbes y G. W. Grove* en: «Procedure in sealing and unsealing mine fires and in recovery operations following mine explosions» (10).

La falta de programas, a modo de planes extratégicos, explica la insuficiencia de personal instruido para operaciones de rescate y recuperación de víctimas. En la lista de 29 personas que han seguido cursos de rescate y primeros auxilios desde 1943 a 1944 inclusive, con asistencias totales variables de 6 a 63 horas (Anexo 2 C), no figura un sólo obrero. Son todos empleados y miembros del Sindicato de Empleados. Por lo menos al 5% de la dotación de la mina, unos 150 obreros, debieran estar instruidos en operaciones de rescate, como uso de máscaras de diversos tipos; de recuperación, como respiración artificial, y adiestrados en levantar barricadas o tapados. Este sencillo medio de protección contra el avance de gases contaminados en la mina es el primero en orden de importancia, según los dos autores que acabamos de citar, y sólo en los Estados Unidos ha salvado, hasta el año 1937, la vida de 766 hombres (11). Las mismas puertas corta-fuego y de ventilación pueden aprovecharse para este objeto y basta calafatearlas bien, operación que una cuadrilla, provista de autorrescatadores, puede realizar en pocos minutos.

77. En los Estados Unidos se dá mucha importancia a la participación activa de los obreros en cuanto concierne a la seguridad. Hay grandes empresas industriales

(9) A. C. FERNÁNDEZ: «Seguridad en las minas de Fresnillo», *Prevención Inter-Americana de Accidentes*, vol. 6, N.º 11, agosto 1944, pág. 27.

(10) M. C. 36, Bureau of Mines, 1938.

(11) M. C. 35, Bureau of Mines, pág. 2.

que reparten periódicamente formularios («suggestions») entre los obreros para que éstos sugieran ideas o medidas tendientes a obtener más eficacia en todos los aspectos de la organización del trabajo, incluyendo la prevención de accidentes.

78. *Respecto a la quinta conclusión.*—En sus líneas generales, no hay duda que la Braden ha prestado atención real y efectiva a las medidas de seguridad y prevención. Esto no se refiere únicamente a las instalaciones sino a las prácticas en uso. Mencionaré las instalaciones del pique A, con su freno automático de fin de carrera, sus rociadores contra incendio, su señalización luminosa y acústica y su contacto de emergencia en el interior de las jaulas; la planta automática de extinción de incendio con gas carbónico en la sub-estación Cuevas; la señalización automática en el transporte ferroviario del socavón principal, con circuitos de vía; los polvorines, con su aire a presión para disipar los gases y sus cajas de calefacción eléctrica para descongelar la dinamita; sus reglamentos internos (anexo 26), el especial para buzoneros (anexo 25), su curso de primeros auxilios (anexo 27). He observado que los empleados en los polvorines usan zapatos con taquillas de madera y mamelucos sin bolsillos; que todas las buitras cuentan con su cabo corredizo con gancho para el cinturón de seguridad, y me informé personalmente de que los buzoneros conocen su reglamento y están debidamente instruidos. El inspectos de seguridad recorre los sectores de trabajo y presenta diariamente partes minuciosos con sus observaciones (anexo 18).

79. Sin embargo, hay lunares en este cuadro en apariencia tranquilizador: cierta flojera en observar los reglamentos de policía minera e indiferencia por prácticas condenables desde el punto de vista de la seguridad. Un ejemplo: hemos visto a mineros transportar sobre sus hombros cajones con dinamita y llevando al brazo enrolladas guías con sus fulminantes. Consultado el administrador, no le dió importancia, y cuando le hice notar que esta práctica contrariaba disposiciones expresas del propio reglamento para el uso de explosivos de la Compañía, dió como razón temporal de la suspensión de la forma correcta de trasportar los explosivos, el que se hubiese agotado la lona que en se forran las latas destinadas al transporte de las guías con fulminantes y de que se hacen los bolsones para la dinamita. Aún admitiendo esta explicación—y es de todo punto inaceptable—no justifica el transporte sumultáneo de dinamita y fulminantes por un mismo individuo. Los párrafos pertinentes del reglamento para el uso de explosivos de la Compañía dicen, bajo el Título III:

c) El explosivo recibido será colocado en el bolsón o estuche respectivo que debe existir al respecto, cuya correa se terciará sobre el pecho. En ningún caso la dinamita o cualquier otro explosivo se transportarán en las manos o los bolsillos.

d) Los fulminantes recibidos con sus respectivas guías colocadas, se transportarán en el tambor de hojalata que debe existir para el objeto. Este irá colgado de una correa por sobre el hombro, terciándolo sobre el pecho. Queda prohibido llevarlos en las manos.

e) La pólvora se transportará en una caja o estuche de hojalata que irá pendiente de una correa, la cual se terciará por sobre un hombro y el pecho. Junto con la pólvora no puede ir dinamita.

f) Los hombres que conduzcan explosivos personalmente, nunca marcharán juntos sino separados a lo menos por 15 pasos. † † †

g) Los hombres que transporten guías con fulminantes o fulminantes solos, no pueden llevar ningún otro explosivo».

80. Y este otro ejemplo: según declaraciones del capataz mecánico señor José Arriagada, era costumbre colocar sobre la fragua un tarro con aceite de lubricación a fin de adelgazarlo. Sus jefes no ignoraban esta práctica, pues el jefe de maestranza de la mina, señor E. Eykelbosch, en su declaración, admite que existía la práctica en referencia y agrega que, a su juicio, no es peligrosa, «porque para ello tenía que llegar (el aceite) a un estado de ebullición de 240 grados y, en cambio, sólo se colocaba al fuego con el propósito de entibiarlo». No agrega este ingeniero que por una torpeza casual podría derramarse aceite sobre el fuego, o el fondo del tarro desoldarse o romperse por desgaste natural.

Según Peele: «En labores subterráneas el aceite de lubricación de carros debe guardarse en un recinto incombustible, con piso de cemento y puerta corta-fuego de acero. Para calentar el aceite se usarán serpentines de agua caliente. Se tendrá lista una cantidad de arena seca en baldes» (12).

81. Esta flojera o indiferencia a que nos referimos queda de manifiesto en la estadística de accidentes del trabajo llevada en muy buena forma por la propia Compañía (anexos 28, 28a, b, c). Mientras en 1936 el factor de frecuencia llegó a una cifra de 8 accidentes fatales por cada millón de horas de exposición al riesgo, la curva sube gradualmente hasta llegar en 1944 a 22 accidentes fatales en la misma unidad de tiempo.

Estas cifras son más bajas que las correspondientes a los Estados Unidos; pero el valor de las estadísticas no es un criterio suficiente, como lo demuestra el simple razonamiento si consideramos el estado de cosas *antes y después de un siniestro*. Cuando existen ciertos factores de riesgo inminente en un sistema en general satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad o prevención, la estadística sólo nos dice, antes de producirse un siniestro por obra de aquellos factores adversos, que a la fecha éstos no han tenido la ocasión de revelar su condición de inseguridad. La confianza excesiva en la estadística no controlada por el examen de los factores locales de inseguridad, puede fácilmente perturbar el criterio e infundir una fe desmedida en la perfección aparente de cierto estado de cosas.

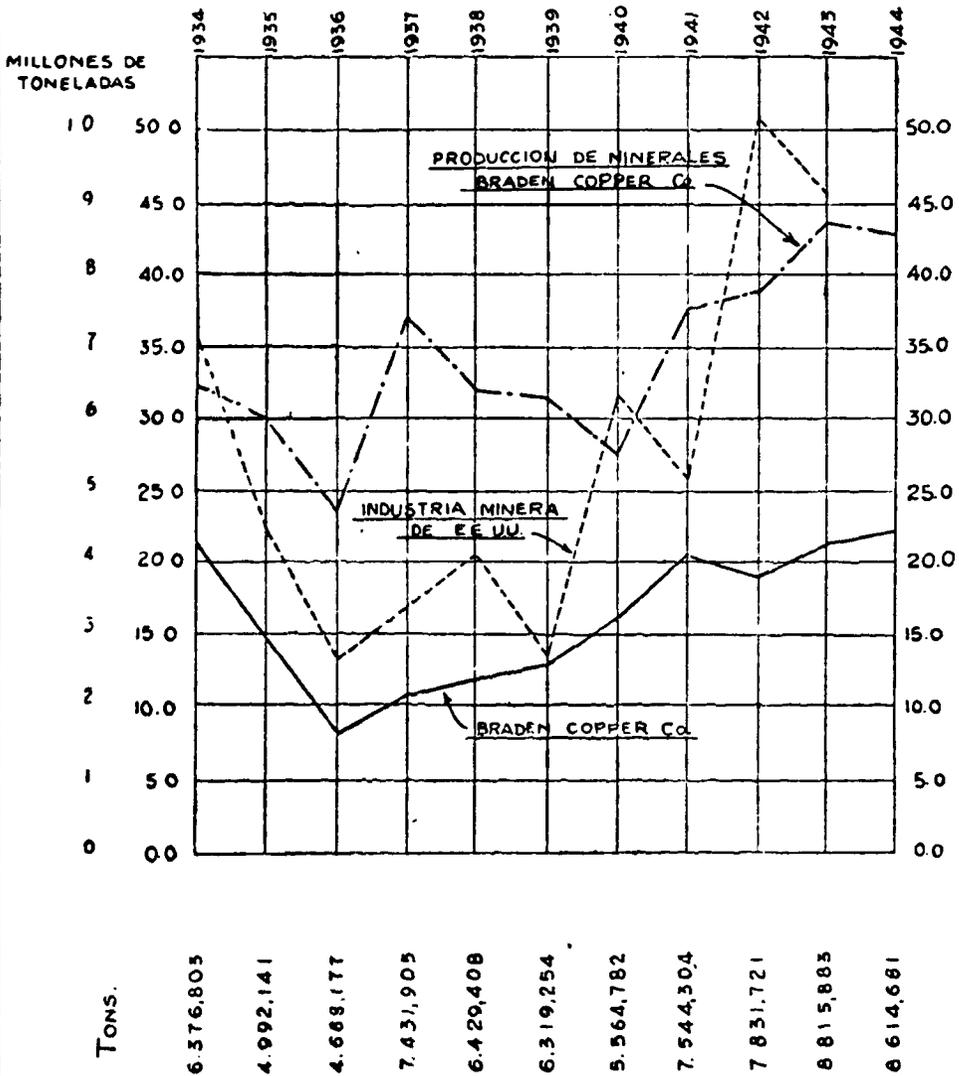
V.—RECOMENDACIONES

82. Sólo quiero referirme a un detalle que considero de suma importancia: el tránsito expedito por la chimenea 62 S, la que deberá dotarse de buenas escaleras y descansos; si es necesario, deberá desquincharse para que los arreglos al objeto de realizar esta condición de tráfico despejado no reduzcan su capacidad útil actual de ventilación.

(12) En el «Handbook» ya citado. 3.ª ed., vol. II, pág. 23-50.

FACTOR FRECUENCIA

NUMERO DE ACCIDENTES FATALES Y CON
 INCAPACIDAD TEMPORAL POR 1.000.000
 DE HORAS DE EXPOSICION AL RIESGO



83. Tocante al mejoramiento del sistema de seguridad, prevención de accidentes y operaciones de rescate y lucha contra incendios, estimo necesario conseguir que la Braden Copper Co. acepte contratar a un ingeniero para reorganizar el departamento de seguridad y proponer las medidas que la seriedad de la situación requiere.

En todo caso convendrá consultar al ingeniero señor Burr Wheeler, Vice-Presidente de la Chile Exploration Co. y Director del Consejo Inter-Americano de Seguridad y solicitar su cooperación para el logro de este propósito.

84. Para concluir, quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al gerente general de la Braden Copper Co., señor F. E. Turton, al sub-gerente señor B. L. Johnson y al administrador de la mina, señor J. P. Withers, por las amplias facilidades que me brindaron para la investigación que se me encomendó, como asimismo quiero dejar constancia de la cooperación decidida que me prestó el ingeniero de la mina, señor W. P. Klugescheid, con todo su personal subalterno.

Santiago, 15 de Agosto de 1945.

LAÍN DIEZ K.

APENDICES

APÉNDICE N.º 1.

VENTILACION DE LA MINA «EL TENIENTE»

I. AIRE FRESCO ENTRANTE

Teniente 5: V 1 =			1 792 m cb. p.m.	
Teniente 3: V 13 =			551	»
Teniente 1: V 22 =	820			
	V 22A =	99		
	V 33 =	174	1 093	»
Teniente B: V 36 =			178	»
			3 614	
			3 614	

Deducciones:

a) Teniente 3: la mitad de lo que entra al pique A:

$$\frac{V 17 - V 18}{2} = \frac{386 - 152}{2} = 117$$

b) Teniente 1: lo que entra al pique A:

$$V 26 + V 27 = 128 + 340 = 468$$

c) Teniente B: lo que entra al pique A:

V 38 = 244, más lo que sale por la
puerta corta-fuego N.º 4 al campa-
mento Teniente C: V 55 = 224:

468

1 053

Aire fresco entrante neto

2 561

II. AIRE VICIADO SALIENTE

Teniente C: V 51 = 521

V 53 = 1 887

2 408 m cb. p.m.

Error de la determinación: 2 561 — 2 408 =

153

Error relativo: $\frac{2 \cdot 153 \cdot 100}{2 561 + 2 408} =$

6,18%

Observaciones.—Lo que sale por el Teniente C ($V\ 51 + V\ 53$) = $521 + 1\ 887 = 2\ 408$ m cb. p.m. debiera ser igual a lo que sale del Teniente B. Si en vez de V 53 consideramos el aire que extraen los ventiladores en OP 9 (V 44), en DR 15 L (V 45) y DR 21 L (V 48), se obtiene una salida de $806 + 890 + 785 = 2\ 481$ m cb. p.m. que, sumada con V 51, da en total $3\ 002$ m cb. p.m. y el balance sería como sigue:

Aire fresco entrante neto	2 561 m cb. p.m.
Aire viciado saliente: 3 002	
Reducción a la presión y temperatura media del aire entrante	2 795
	234
Diferencia	

Error de la determinación:

$$\frac{2 \cdot 234 \cdot 100}{2\ 561 + 2\ 796} = 8,75\%$$

Este error se reduce si suponemos que parte o la totalidad del aire que, según nuestros cálculos, sube por el pique A desde el nivel Teniente 3 (117 m cb. p.m.) baja por este pique. Esta suposición estaría de acuerdo con las observaciones realizadas durante el segundo experimento con acetato de amilo (anexo 21).

III. RACIÓN DE AIRE

En consecuencia, puede aceptarse que la ración de aire es:

$$\frac{2\ 795}{1\ 102} = 2,54 \text{ m cb. p.m., o bien}$$

$$\underline{\underline{89,6 \text{ ob. ft. p. min.}}}$$

Nota sobre las medidas del gasto

Se podría obtener mayor precisión si las medidas se efectuaran en mucho menor tiempo a fin de reducir los efectos de diferencias climáticas temporales y de la inestabilidad del régimen del pique A. Teniendo ubicados los puntos de medida y determinada la sección en dichos puntos, dos ingenieros con sendos ayudantes pueden efectuar los aforos necesarios en un turno de 8 horas.

Si se desea la máxima precisión con el anemómetro, debe procederse de acuerdo con la técnica indicada por *W. Vogel*: *Die Strömungswiderstände bei der Bewetterung von Grubenabauen*, Essen, 1932, pág. 27 y siguientes.

En nuestras medidas usamos un anemómetro Taylor N.º 4108. Se ubicaba en cada lugar 12 o 9 puntos distribuidos regularmente en la sección transversal y el anemómetro se cambiaba cada 10 segundos de un punto a otro. Se obtenían así series de 2 minutos o $1\frac{1}{2}$ minuto, según los casos. En cada lugar se efectuaban 4 hasta 5 series de medidas. La lectura del anemómetro se hacía sólo al final de cada serie.

De la sección neta del lugar se dedujo $\frac{2}{3}$ del área de perfil del operador. El anemómetro era de la Compañía, el psicrómetro también. Usé mi propio altímetro Paulin, que contrasté con otro Paulin de la Compañía que permaneció en la oficina de la mina y era observado casa dos horas por el ingeniero-ayudante del ingeniero-jefe. (Véase cuadro C al final, que reproduce una hoja de la tabulación del aforo).

APÉNDICE N.º 2.

CÁLCULO DE LA DILUCIÓN

1.º Calcularemos primero lo que baja por el OP N.º 1 desde el Teniente 1 al Teniente 3. Partimos de la siguiente ecuación:

$$1) \quad V 22 - X + V 23 + V 24 = 25$$

de donde $X = 820 + 153 + 140 - 820 = 293$ m. cb. p.m.

Con este valor recalculamos V 15, en que debe haberse cometido un error de medida:

$$2) \quad 293 + V 15 = V 12 + V 16$$

de donde $V 15 = 113 + 746 - 293$
 $= 566$ m ob. p.m., valor concordante con
 $V 13 = 551$

2.º Para calcular lo que entra al pique 1 en Teniente 5 procedemos de dos maneras:

1) $V p1 = V 1 + V 12 - (V 54 - V 4)$; pero es previo reducir los volúmenes V 54 y V 4 a una temperatura de m.o.m. 50°F. Adoptamos: en V 54, 89,5°F = 32°C; en V 4, 70°F = 21°C; entonces:

$$V'54 = \frac{1\,255 \cdot 283}{305} = 1\,147$$

$$V'4 = \frac{393 \cdot 283}{294} = 378$$

$$V'54 - V'4 = 769$$

$$V 1 + V 12 = 1\,905$$

$$V p1 = 1\,136 \text{ m cb. p.m.}$$

$$2) \quad V p1 = V 2 + V 3$$

$$= 1\,127 \text{ m cb. p.m.}$$

3.º *Balance en V 6*

$$V'6 = V'4 + V 5 = 639$$

$$V'6 = V \cdot \frac{283}{290}$$

$$= 720 \frac{283}{290} = \underline{702}$$

$$\text{dif.} = 73 \text{ m cb. p.m.}$$

Esta diferencia se explica por el régimen variable en esa parte y en el tramo del pique A comprendido entre Teniente 5 y Teniente 3 y, en ocasiones hasta Teniente 1. La revuelta al pique 1 actúa como un manómetro diferencial entre los dos piques, aunque predomina, al parecer, la dirección del pique A al pique 1.

4.º Para el cálculo de la dilución partimos de un volumen de madera de 99 m cb., de peso esp. = 0,9 y con 10% de humedad. Aceptamos la siguiente composición de la madera (según P. Krassa: Combustión y Combustibles): C = 50,3%, H = 6%, O = 41,2%, N = 1,3%, ceniza = 1,2%.

Peso húmedo:	89 100 Kg
Humedad:	8 910 »
Peso seco:	80 190 »

	%	Fino, Kg
C	50,3	40 380
H	6	4 810
O	41,2	33 000
N	1,3	1 040
Ceniza	1,2	960
	100,0	80 190

5.º Supondremos que 40% del carbono se quema y convierte en CO_2 , y 60% del carbono se quema y convierte en CO . Calcularemos directamente el volumen de gases desarrollados a partir de 100 Kg de madera.

$$\text{CO}_2: \text{el oxígeno necesario es } 0,4 \cdot 50,3 \cdot \frac{32}{12} = 53,7 \text{ Kg.}$$

$$\text{el volumen resultante es } 0,4 \cdot 50,3 \cdot \frac{22,4}{12} = 37,6 \text{ m cb.}$$

$$\text{CO: el oxígeno necesario es } 0,6 \cdot 50,3 \cdot \frac{16}{12} = 40,2 \text{ »}$$

$$\text{el volumen resultante es } 0,6 \cdot 50,3 \cdot \frac{22,4}{12} = 56,3 \text{ »}$$

$$\text{H}_2\text{O: del H contenido; el oxígeno necesario es: } 6 \cdot \frac{16}{12} = 48 \text{ »}$$

$$\text{el volumen resultante es: } \frac{6 \cdot 22,4}{2} = 67,2 \text{ »}$$

$$\text{H}_2\text{O: de la humedad; el volumen resultante es } 8,91 \cdot \frac{22,4}{18} = 11,08 \text{ »}$$

$$\text{N}_2: \text{el volumen resultante es: } 1,3 \cdot \frac{22,4}{28} = 1,04 \text{ »}$$

$$\text{O}_2: \text{el oxígeno de la madera es } 41,2 \text{ »}$$

Luego, el O del aire necesario es:

$$53,7 + 40,2 + 48 - 41,2 = 100,7 \text{ Kg.}$$

$$\text{N}_2 \text{ del aire necesario es: } \frac{100,7 \cdot 0,77}{0,23} = 357,2 \text{ » } 269,5 \text{ m cb.}$$

El volumen total de gases será:

$$37,6 + 56,3 + 67,2 + 11,08 + 1,04 + 269,5 = \underline{\underline{442,72}} \text{ »}$$

$$\text{La concentración en CO será: } \frac{56,3 \cdot 100}{442,72} = \underline{\underline{12,71\%}}$$

6.° Densidad del gas resultante:

CO ₂ : 37,6 · 1,977	= 75,1 Kg.
CO: 56,3 · 1,25	= 70,4 »
Vapor de agua: (67,2+11,08) · 0,806	= 63,1 »
N ₂ : (1,04+269,5) · 1,251	= 238,5 »
	<hr/>
	547,1

$$\text{Densidad: } \frac{547,1}{442,7} = 1,236$$

Verificación

Cálculo directo del peso:

CO ₂ : 0,4 · 50,3 · $\frac{44}{12}$ =	73,8 Kg	37,35 mcb.
CO: 0,6 · 50,3 · $\frac{28}{12}$ =	70,5	56,3
H ₂ O: del H: 6 · $\frac{18}{2}$ =	54,0	67,0
H ₂ O del agua:	8,91	11,05
N ₂ de la madera	1,30	1,04
N ₂ del aire	337,2	270,00
	<hr/>	<hr/>
	545,71	442,74

$$\text{Densidad: } \frac{545,71}{442,74} = 1,232$$

7.° Supondremos que $\frac{1}{24}$ de la madera se quemó en 30 min., o sea, $\frac{80\ 190}{24} = 3\ 341$ Kg, que suministraron $\frac{3\ 341}{100} \cdot 442,7 = 14\ 800$ m cb. de gases a 0° y 760 mm de una concentración de 12,7% en CO, o bien, 10 780 m cb. a 0° y 553,7 mm. Este volumen exigió $\frac{3\ 341 \cdot 100,7}{100 \cdot 0,23 \cdot 1,293} = 11\ 300$ m cb. de aire fresco a 0°C y 760 mm, o bien, 8 240 m. cb. Los gases generados por minuto son $\frac{10\ 780}{30} = 359$ m cb. p.m. El aire necesario por minuto es $\frac{8\ 240}{30} = 275$ m c. p.m. El aire que entraba en el Teniente 1, deducido del estudio (V 22+V 22 A) es 919 m cb. p.m. Para calcular la dilución hay que deducir el que se gasta para la combustión de la madera, 275 m cb. p.m., de modo que los 359 m cb/min «originales», de concentración 12,7% en CO, se diluyen con 919-275=644 m cb. p.m. y la concentración original se reduce a $\frac{12,7 \cdot 359}{359 \cdot 644} = 4,54\%$. Con el aire que entraba el 25 de Julio, 342 m cb. p.m. en V 22, lo que daría un total de 919 · $\frac{342}{820} = 383$ m cb. p.m., y deduciendo los 275 m cb. p.m. de aire fresco necesario, resulta un exceso de 108 m cb. y la concentración original se reduce a $\frac{12,7 \cdot 359}{359 + 108} = 9,77\%$ en CO. Si entran 275 m cb. de aire la concentración es 12,7%. Haremos el cálculo de la dilución con un total de 838 m cb. p.m., que reduce la concentración «origi-

nal de 12,7% a la inicial de $\frac{12,7 \cdot 359}{359 + (838 - 275)} = 4,94\%$; pero supondremos siempre que por V 22 pasan 820 m cb. p.m. Esto equivale a admitir una concentración original ligeramente superior a 12,7%.

8.º Con los datos anteriores, la concentración en Teniente 3 será $\frac{293 \cdot 4,94}{293 + 566} = 1,685\%$ en CO.

La concentración en el socavón Teniente 5, en el punto en que se une el aire del OP 1 con el del Teniente 5, será $\frac{1,685 \cdot V 12}{V 1 + V 12} = \frac{1,685 \cdot 113}{1905} = 0,1\%$.

En Teniente 3, la concentración en CO en el pique A será también 1,685%; igual concentración habrá en la cancha del pique 1.

La concentración en V 6 resulta de la mezcla del aire a la altura de V 4 con el que baja por el pique A. Aceptamos que por éste baja la mitad del aire que llega a la cancha en el Teniente 3, o sea: $\frac{V 17 - V 18}{2} = 177$ m cb. p.m. Este aire se mezcla con V 6 - 117 = 720 - 117 = 603 m cb. p.m. y la concentración será 0,358%.

APÉNDICE N.º 3.

CÁLCULO PRESIÓN ACTIVA DEL AIRE

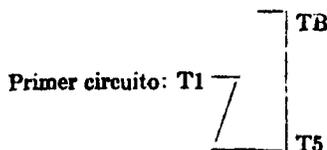
	Presión parcial mm Hg	Temperatura "C	Factor log	Peso vapor gr/m cb.
Teniente 5, pique 1 (1)	578,4 - 8,2 = 570,2	10,5	3,10277	7,7
Teniente 5, pique A (1)	578,4 - 8,2 = 570,2	10,5	3,10277	8,5
Teniente 3, boca-mina (2)	569,5 - 4,1 = 565,4	0	3,11919	3,5
Teniente 1, boca-mina (2)	554,0 - 4,1 = 549,9	0	3,11919	3,5
Teniente B, pique 1 (2)	546,0 - 4,1 = 541,9	0	3,11919	3,5
Teniente C, pique A (2)	542,4 - 4,1 = 538,3	0	3,11919	3,5

	Volum. a 760 mm a 0º M cb.	Peso aire seco Kg.	Peso humedad gr.	Peso total Kg.
Teniente 5, pique 1	0,7224	0,9341	7,7	0,9418
Teniente 5, pique A	0,7224	0,9341	8,5	0,9426
Teniente 3, boca-mina	0,7440	0,9619	3,5	0,9654
Teniente 1, boca-mina	0,7235	0,9356	3,5	0,9391
Teniente B, pique 1	0,7130	0,9220	3,5	0,9255
Teniente C, pique A	0,7083	0,9158	3,5	0,9193

NOTA.—Si para el aire a la salida del pique 1 en Teniente B aceptamos los valores de V 35 (t = 48,5º F = 9,1ºC y peso vapor de agua 7,5 gr/m³), resulta un factor logarítmico = 3,10492 y la tensión de vapor es 0,85 · 9,64 = 7,3 mm. El volumen reducido a 760 mm y 0º será, con presión reducida 539 mm, de 0,6863 m³, que pesan 0,8874 Kg/m³ y con el vapor de agua pesan 0,8949 Kg/m³.

(1) 88% humedad real.
(2) 90% humedad real.

CIRCULACIÓN CIRCUITO T1—T5—TB



$$\begin{array}{l}
 \text{Rama descendente: difer. cotas (TB—T1)} = 123 \text{ m} \\
 \text{Peso columna exter.: } 123 \frac{0,9255 + 0,9391}{2} = 123 \cdot 0,9325 = 114,7 \\
 \text{Peso columna inter.: } 337 \frac{0,9391 + 0,9418}{2} = 337 \cdot 0,9405 = \frac{316,9}{431,6} \\
 \text{Rama ascendente: } 460 \frac{0,9255 + 0,9418}{2} = 460 \cdot 0,9336 = \frac{429,4}{2,2 \text{ Kg/m}^2} \\
 \text{Dif.:}
 \end{array}$$

NOTA.—Tomando para Teniente B el calor real del peso del aire por m³, según nota anterior (V 35), que es de 0,8949, resulta para la rama ascendente:

$$460 \frac{0,8949 + 0,9418}{2} = 460 \cdot 0,91835 = 422,4 \text{ Kg/m}^2 \text{ y el tiraje o depresión es } 431,6 - 422,4 = 9,2 \text{ Kg/m}^2 \text{ o bien } 9,2 \text{ mm de agua (1,88 lb/sg. ft ó 0,36 inches water).}$$

Nota final

Tres años después del siniestro, el autor del presente informe fué invitado por la Compañía para que visitara nuevamente la mina El Teniente y pudiera formarse una idea de los progresos alcanzados en materia de seguridad y prevención de accidentes.

Desde luego, la Compañía creó el Departamento de Seguridad y contrató a un especialista competente y experimentado, el señor Stanley M. Jarrett, quien tuvo la gentileza de recorrer conmigo la mina y mostrarme las nuevas instalaciones. También me mostró el edificio nuevo destinado al laboratorio de análisis del aire con su moderna instalación para el recuento de partículas.

Las innovaciones más notables, casi todas ellas en conformidad a las recomendaciones del informe, pueden resumirse como sigue:

EN LA MINA.—Con la instalación de los nuevos ventiladores; el arreglo de los circuitos defectuosos, y la entrada de aire fresco por la nueva boca mina del Tte. 1, ha mejorado notablemente la cantidad de aire fresco que circula por el interior. Según el último parte anterior a mi visita, (SD-5934) del 3 de julio de 1948, el aire total que pasa por la mina es de 185,523 pies cúb. p. min., equivalente a 5,250 mts. cúb. p. min. La ración resultante es de 168 pies cúb. p. min. y p. hombre (aprox. 4,8 mts. cúb.), prácticamente el doble de la ración a la fecha del siniestro. Los planos de ventilación que se han confeccionado, de todo punto excelentes, quedan siempre a la vista en cualquier momento en la oficina del Jefe de Seguridad.

En la sub estación Las Cuevas se instaló un dispositivo de alarma para inyectar instantáneamente un reactivo de olor muy fuerte y desagradable en la cañería matriz de aire comprimido, que sirve de aviso a todos los perforistas y operarios que trabajan en las zonas de explotación. Además, se instaló un sistema de alarma luminoso que actúa sobre la alimentación de los circuitos de alumbrado eléctrico en la mina, que funciona de la manera siguiente: primero se apaga nueve veces la luz por un segundo a intervalos de un segundo; en seguida se apaga y vuelve a encender a intervalos que corresponden a los puntos y rayas del alfabeto Morse de acuerdo con un código determinado. Cada combinación corresponde a uno de los niveles de la mina. En esta forma se da la alarma de incendio y se localiza el foco, lo que permite al personal tomar con rapidez el camino más indicado para salvarse. Estos caminos están bien señalizados y la Administración de la mina había decidido instalar letreros luminosos. Por lo demás, el peligro de incendio se ha reducido considerablemente

con el revestimiento de malla y concreto de todos los recintos que contienen o en que se movilizan materias combustibles.

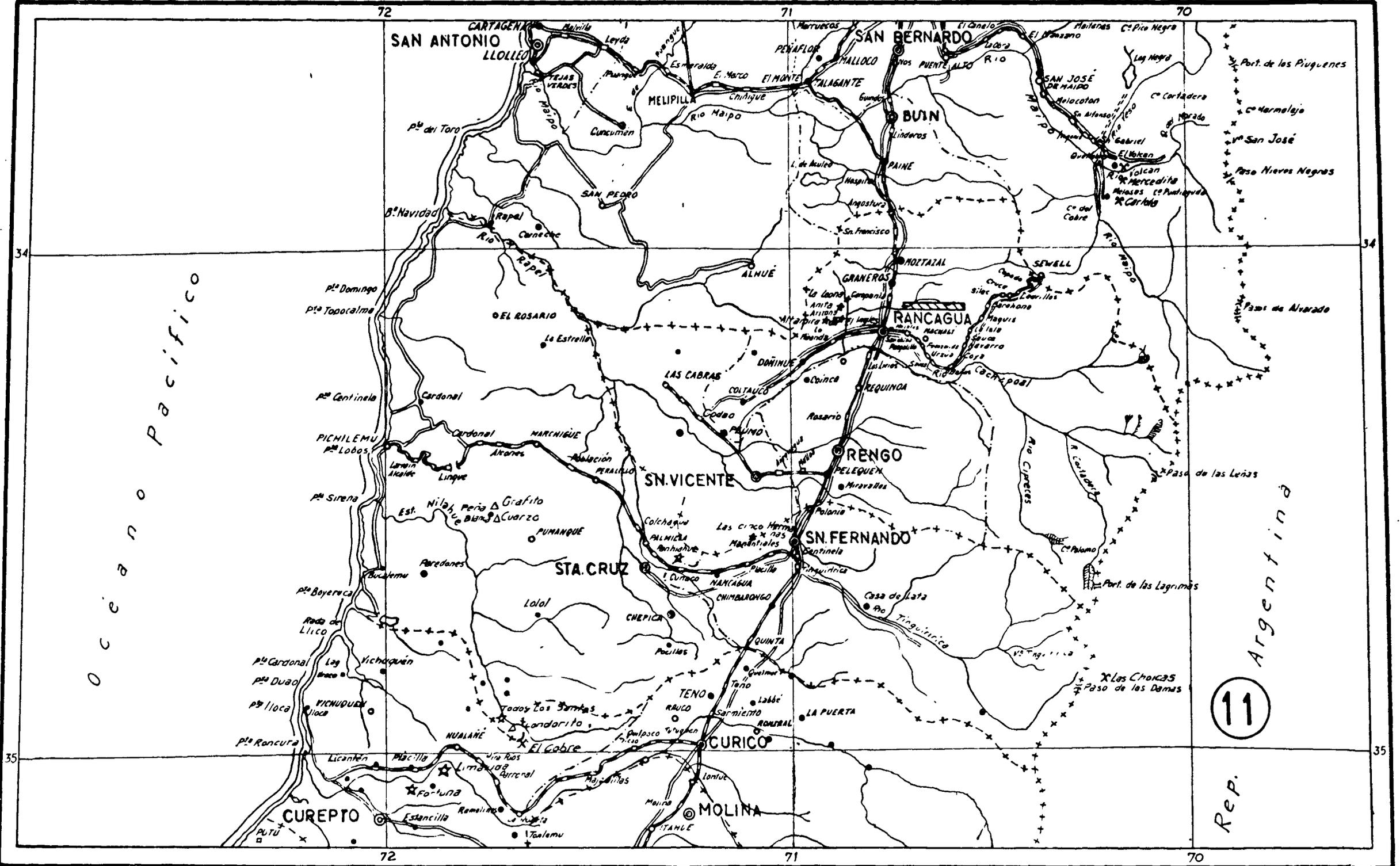
SERVICIOS ANEXOS.—El Departamento de Seguridad ha organizado en forma eficiente la educación del personal en trabajos de salvamento y rescate. Ha incrementado la existencia de máscaras de oxígeno y autorrescatadores. Practica regularmente los aforos de aire y su análisis, incluyendo el recuento de partículas. Además, ha obtenido de la Administración que se efectúe cada tres meses y sin previo aviso una evacuación de la mina en obediencia a una alarma de incendio dada con los dispositivos referidos. También ha instalado un inhalatorio de aluminio coloidal para prevención individual de la silfosis, y los mineros que lo desean pueden acogerse al tratamiento sencillo de respirar durante un minuto por día una atmósfera saturada en este reactivo.

Mediante conferencias y proyecciones luminosas los mineros reciben lecciones de prevención de accidentes que desarrollan la conciencia y acrecientan el respeto por los reglamentos de seguridad.

No es de extrañar, por lo tanto, que la campaña enérgica de seguridad lanzada por la Compañía, tanto en el orden material como educativo, haya dado frutos. En más de dos años de intensa explotación, desde el 26 de junio de 1946 hasta la fecha de mi visita, a principios de julio de 1948, no se registra ningún accidente fatal. En ese lapso se emplearon más de diez millones de hombres-horas y el tonelaje producido fué de más de quince millones. Estos resultados pueden ser motivo de satisfacción y orgullo legítimo para la Compañía y para nuestro país.

Santiago, julio de 1949.

L. D.



Océano Pacifico

Rep. Argentina

11

PUNTO	FECHA	UBICACION	SECCION NETA		VELOCIDAD		VOLUMEN		PRESIONES		TEMPERATURA		HUMEDAD		OBSERVACIONES			
			PIES	METROS	PIES	MTS.	AIRE P/MIN.	PIES MTS.	PIES MTS.	PIES MTS.	REDUCIDA	HUMEDA	SECA	%		P E S O		
			CUADRADOS		POR MINUTO		CUBICOS	PULG. MM.	PULG. MM.	HG.	HG.	°F	°C	°F	°C	Gr/cub	Gr/Mt ³	
		TENIENTE #5, a 20m hacia																<i>Gráfico psicrométrico en Pub. E, 23-03, 33 edic.</i>
V 1	17-VII	afuera del Q.P. #1 aux.	88.45	8.22	716	218	63.276	1792	574.5	578.5	45	47	87	3.19	7.299			<i>Tablas en Liddell, pag. 111 y sigs. 33 edic. año 1930.- 1 grn. = 0.0648 gr. 1 m³ = 35.31 cbft 1 grn/cbft = 0.0648 · 35.31 = 2.29 gr/m³</i>
		TENIENTE #5, en Puerta																
V 2	17-VII	Cortafuego #1	74.89	6.96	252	76.9	18.891	535	574.4	578.4	45.5	48	85	3.23	7.390			<i>Volumen y densidad. Olsen Chemical Annual - 73 edicion 1934, pag. 153 y 726.-</i>
		TENIENTE #5, en Puerta																
V 3	17-VII	Cortafuego #2	74.03	6.88	282.5	86.1	20.904	592	574.7	578.7	48	51	83	3.505	8.019			
		TENIENTE #5, a 10m de punta																
V 4	17-VII	aguja del pique A, en dirección al pique # 1.	91.35	8.49	152.0	46.3	13.877	393	574.7	578.3	58	70	52	4.150	9.495			
		TENIENTE #5, en Puerta																
V 5	17-VII	Cortafuego #3	81.13	7.54	113	34.6	9.216	261	574.5	577.7	49	51	88	3.716	8.502			
		TENIENTE #5, en Puerta																
V 6	17-VII	Cortafuego #4	88.02	8.18	289.0	88	25.423	720	574.5	578.1	52	62	54	3.317	7.589			
		TENIENTE #5, en el centro																
V 7	17-VII	entre compuertas QP #2 y QP #5.	91.68	8.52	81.5	24.8	7.450	211	574.0	578.0	52	55	84	4.073	9.319			
		TENIENTE #5, entre compuertas																
V 8	17-VII	QP #5 y QP #9 a 7.30 m del FC en dirección a QP #9	90.06	8.37	157	47.9	14.159	401	574.0	578.0	53	55.5	86.5	4.267	9.763			
		TENIENTE #5, a 30m. hacia																
V 9	17-VII	adentro del QP #11 aux. marco # 25	108.14	10.05	50.5	15.4	5.508	155	574.0	578.0	61	62.2	94	5.812	13.298			
		TENIENTE #5, a 305m hacia																
V 10	17-VII	adentro del QP #11 aux. marco # 205	93.07	8.65	38.4	11.7	3.566	101	573.5	577.5	62	63	95	6.032	13.801			

