

Escuela de Ingenieros.

Proyecto de Explotación  
de Minas.

Lima, 6 de julio de 1906

Jermanyding.



# Proyecto de Explotación de Minas.

Para efectuar la explotación de un yacimiento es indispensable hacer una galería profunda de 2.<sup>m</sup> 50 de alto por 2.<sup>m</sup> de ancho que debe alcanzarse a un nivel inferior, galería por la que después se hará la extracción y otros servicios. El terreno que se tiene que atravesar es estratificado y cruzado por diversas fallas que han producido dislocaciones importantes. Estos accidentes obligan a que ~~en~~ trayectos de 6 a 8 m. y aislados se necesite emplear un revestimiento artificial. Se desea además ejecutar el trabajo con la mayor celeridad posible. El terreno puede considerarse en sus  $\frac{2}{3}$  partes de la extensión del socavón, como de gran dureza y en el resto de dureza media.

La longitud de la galería es de 600 metros.

Se pide la forma del trabajo que se adopte, la condición de los revestimientos, fundando su aplicación, el modo como se transmitirá la fuerza en el caso de emplearse perforación mecánica; se indicará el explosivo usado, costo aproximado del metro lineal y la organización del trabajo.

## 1. Consideraciones generales

Como se ve el proyecto no da más condición para adoptar uno u otro plan, que la celeridad en la perforación y que la galería debe servir para la explotación posterior del yacimiento, sin decir nada de los medios de transporte, de las facilidades para conseguir madera, brazos etc en el lugar donde la obra va a llevarse a cabo, ni de las condiciones económicas de la empresa que la ejecuta.

Puede por consiguiente suponer que se trata de una em.



Empresa organizada con capital suficiente interesada en que la obra se haga en el mas breve tiempo posible, a todo costo i sin detenerse en gastos que contribuirían a abreviar ese tiempo.

Nada tampoco se dice sobre la mayor o menor facilidad para disponer de fuerza motriz natural, ni sobre el precio del combustible que permitiera delucidar la conveniencia de que se adopte tal o cual forma de trabajo, tal o cual modo de producción transmitir la fuerza.

Hechas estas consideraciones queda explicado i fundado el plan que indico mas abajo para la apertura del socavon que se pide, cuyo estudio en relación con la explotación futura se considera hecho, sin que tenga que ocuparme aqui, en lo que a eso respecta sino del modo como debe seguirse el trabajo conservando la dirección i dimensiones fijadas de antemano.

No tengo para que probar la superioridad del trabajo mecánico en la perforación rápida de una galería, sobre el trabajo a mano, principalmente si como en el caso presente se trata de una roca de gran dureza, siempre que en la localidad se disponga de fuerza motriz barata, de obreros inteligentes en el manejo de las máquinas i que se disponga del capital suficiente para hacer las instalaciones necesarias i para conservar el material, gastos siempre elevados. Habría pues necesidad de discutir sobre la superioridad de una sobre otra forma, si se hubiera fijado algo sobre esas condiciones, pero como lo que se pide es celeridad, es preciso adoptar la perforación mecánica.

Fundado el método de trabajo que debe adoptarse, veamos la forma i detalles de él i de los otros servicios que la apertura de una galería exige.

## Perforación

Planta mecánica

La rapidez en el trabajo que como hemos dicho es la condición primordial que debe tenerse en mira, dependerá del número de perforadoras puestas en acción; pero ese número está limitado por la sección de la galería, en cuyo espacio no pueden trabajar más de 2 de estos aparatos, sobre 1 ó 2 pozos. El trabajo se llevará a cabo pues con 2 perforadoras.

El sistema de estos aparatos y el modo como debe transmittirse la fuerza, sería objeto de discusión si se hubieran impuesto determinadas condiciones sobre los elementos que puede ofrecer la localidad.

Indudablemente que si se contara con una caída de agua cerca de ella, aun si ella estuviera a cierta distancia, podría hacerse una instalación eléctrica para mover con ella las perforadoras; pero entonces habría que tener datos respecto del proyecto de explotación exterior para saber si esa fuerza motriz tendría aplicación en ella y si se compensarían así los fuertes gastos que la instalación demandara en el caso de que la caída estuviera algo distante. Estando próxima la caída, podría utilizarse bien para la instalación eléctrica que como digo conviene en el caso en que esa fuerza fuera posteriormente necesaria, bien para mover la compresora de aire, si fuera este el que se eligiera como fuerza motriz para mover las compresoras.

Al elegir el sitio en que debe hacerse la apertura de una galería principal, pueden pesar sin duda las facilidades de tener en su boca fuerza motriz barata, pero no tanto como las consideraciones generales del plan de explotación y por consiguiente sería raro que una caída de agua quisiera ahorrarnos el gasto de fuerza, ofreciéndose nos a la puerta del socavón, y ya dijimos que una instalación eléctrica en mayor escala, sin saber si habrá necesidad de esa fuerza motriz después, no nos conviene.

Por las razones aducidas optamos por usar como fuerza motriz el aire comprimido que además de sus excelencias para tal

uso, que no es momentáneamente ponderar, nos libra de un problema bien difícil, la ventilación, problema tanto más difícil cuanto que se trata de un trabajo profundo y que por consiguiente no es obra fácil la apertura de chimeneas para la ventilación.

Según lo dicho pues la instalación necesaria para el trabajo, consta de lo siguiente:

3 perforadoras mecánicas movidas por aire comprimido, sistema "Eclipse" (véase la fig 1) - Aunque cuando solo van a trabajar 2 hay que prevenir accidentes proveyéndose de una mas.

Las dimensiones de estas perforadoras son

Diámetro del cilindro	3 pulgadas
Longitud del estrope	6 1/2
Longitud de la alimentación	24
Número de golpes por minuto con 60 libras de presión (aproximadamente)	350 a 400
Diámetro del tubo de alimentación	1" pulgada
Diámetro del acero usado	1 1/8 " (octogonal)
Diámetro de la cañería	#

Estas perforadoras consumen 200 litros de aire (18 pies cúbicos) en a la presión de 2 1/2 atmosferas (37 libras por 1" cuadrada) y pueden hacer 50 pies de taladro en un día

Junto con estas perforadoras tiene que traerse 2 columnas para su instalación, de la forma y dimensiones que se indican en el croquis adjunto y sobre la cual el aparato puede tomar todas las direcciones que el trabajo exija.

El aire es proporcionado por una compresora de potencia suficiente para accionar sobre las 2 perforadoras que como dijimos necesitan 400 litros de aire a una presión que podemos considerar de 60 lbs que es lo usual. Una compresora de un solo cilindro de vapor accionado en tandem con el de aire, cada uno de 10 pulgadas de diámetro y que diene 360 revoluciones por minuto proporcionaría

196 pies cúbicos de aire que comprimidos a 60 lbs, al nivel del mar harían 39, gastando 27 caballos de fuerza. Pero si suponemos situado nuestro socavón en la tierra a 13000 pies sobre el nivel del mar, el volumen de aire comprimido tiene que ser menor y es dado por la siguiente fórmula en que 8.98 es la presión atmosférica en libras por pulgada

$$V = \frac{196 \times 8.98}{60 + 8.98} = 25.5 \text{ pies cúbicos a 60 libras de presión}$$

que satisfacen las necesidades de nuestro trabajo. - El aire comprimido es enfriado por circulación de agua en la chaqueta que rodea el cilindro de aire. Junto con la compresora hay que instalar el reservorio para el aire, de acero, de 36' de diámetro y 76 de largo con su respectivo manómetro, válvulas, llaves etc.

La compresora, según las consideraciones hechas habrá que moverla por un calden tubular vertical u horizontal de unos 40 Caballos de potencia, con todas sus accesorios.

Para la preparación y temple de los taladros hay que instalar un taller de herrería con los aparatos necesarios; fuelle, yunque, martillos, estampas etc.

Por último se necesitan varios juegos de barrenos del diámetro indicado; tubos flexibles de unos 50 pies para la conexión de las perforadoras con la cañería de aire, siendo el diámetro de tales tubos 1" y en fin la cañería misma para llevar el aire desde la compresora que está en el exterior hasta las perforadoras; esta cañería, teniendo en cuenta las pérdidas de fuerza ocasionadas por los rozamientos etc, debe ser de unos 4 pulgadas de diámetro.

### Organización y detalles del trabajo.

El ataque del terreno para la apertura del socavón de 600 m. de largo y 2<sup>m</sup>.50 x 2 m. de sección, se despendra solo por la boca, pues la apertura de pozos para tener varios frentes de ataque que aceleraran el trabajo, demandaría muchos gastos y por que siendo una galería profunda el tiempo que

demandara en apertura, no sería tal, probablemente, como para abreviar la duración del trabajo de la galería en un espacio de tiempo que quedara compensado con los gastos que se van a hacer. Aun cuando eso, pozos podrían disponerse de modo que sirvieran en la explotación ulterior del yacimiento, no dando el proyecto ningún dato al respecto, nada puede decirse en relación con la situación que a esos pozos conviniere.

Suponemos, por otro lado hechos los estudios preliminares que a la galería se refieren, determinada su dirección e escogido el terreno más conveniente.

La dirección en que debe llevarse el trabajo se determina por el teodolito o la brújula y una vez que la galería tiene cierta longitud, por medio de plomadas colgadas del techo de ella con las cuales se puede visar la recta que forma el eje de la galería que debe seguir recta en la dirección fijada. La inclinación que el suelo debe tener y que más adelante indico se comprueba por medio de un triángulo de madera, rectángulo, cuya hipotenusa que se coloca sobre el suelo, forme con el cateto que debe quedar horizontal - lo que se comprueba con el nivel, el ángulo respectivo.

La primera parte del trabajo se hace abriendo una zanja de 2 m. de ancho y derribando también el techo si el espesor del suelo en esa parte es menor de 50 ctms.; cuando el espesor llega a 50 ctms. entonces se deja ya el techo y se arma el revestimiento de la boca, si el terreno lo exige y de que nos ocupamos más adelante. Si el espesor comprendido entre el techo de la galería y la parte superior del terreno es de 50 ctms. o más, entonces desde el primer momento queda completa la sección de la galería.

El modo como va a ser ejecutado el trabajo es el siguiente. Atacando el frontón por medio de perforadoras, se hace el número de taladros que se juzgue conveniente en toda la sección y luego se hacen estallar los tiros simultáneamente.

por medio de mechas de longitud igual. Esta es la única forma en que la necesidad de armar y desarmar las perforadoras, permite hacer el ataque.

Antes de dar los detalles de esta operación vamos a decir algo sobre el número y longitud de los taladros y del tiempo que durará la apertura del socavón.

La longitud de los taladros es cuestión que no puede establecerse a priori, ni pueden darse las condiciones de que dependen, por más que puede decirse que esa longitud es inversamente proporcional a la dureza de la roca. Seméjante dato, del cual depende en mucho el mejor aprovechamiento de la carga de explosivos, solo puede indicarlo la experiencia. En el socavón de Humiallana (Cerro de Pasco) cuyas condiciones son en todo semejantes a las de nuestro proyecto, socavón que he visitado, trabajan dos perforadoras y hacen para cada tiro 10 a 13 taladros de 5 pies de profundidad (sea 1.<sup>ra</sup> 50 mas o menos) en roca dura. Guando por lo que allí he visto hacer es que tomo aquellos números que mas abajo indico y que no pueden deducirse a priori. Por lo demás las conclusiones a que con ellos llego son semejantes a los resultados que en dicho socavón se obtienen.

El número de los taladros en cada frontón variará con las condiciones especiales en que él se presente, pero por término medio y para los cálculos que hago mas abajo, fijaré ese número en 10. La longitud de los taladros hemos dicho que depende de la dureza del terreno que en los  $\frac{2}{3}$  de nuestra galería es de gran dureza y puedo por lo tanto tomar para esa longitud un número al rededor de 1 metro, considerando que semejante roca es mas dura que la denominada simplemente dura que es la que se ataca en Humiallana. En el resto del socavón, de dureza media (caliza por ejemplo) la longitud de los taladros debe ser mayor, sera por ejemplo 1.<sup>ra</sup> 50. Vuelvo a repetir que semejantes números como todos los que

luego deduzco con ellos i por medio de formulas que son solo groseramente aproximadas, estan muy lejos de la exactitud, pero ellos pueden servir bien para hacer el cálculo del explosivo que es necesario i del tiempo que durara la perforacion, con cierta aproximacion grossera.

En cuanto al diametro que deben tener los taladros en el fondo, sera de 50 a 60 mm. (2 a 2 1/2 pulgadas (mas o menos)).

La disposicion que debe darseles no puede ser indicada aqui. Ellos se agruparan teniendo en cuenta las circunstancias especiales en que se presenta el frente de ataque, buscando siempre de producir el mayor efecto útil.

### Explosivos.

La carga de explosivos que requiere cada taladro esta dada con aproximacion por la formula

$$P = I R (at)^2$$

en que  $I$  es un coeficiente que depende de la cantidad de explosivos que puede producir el mismo efecto que 1 de dinamita, por consiguiente si usamos, como ocurre a usar este explosivo,  $I = 1$ ;  $R$ , coeficiente dependiente de la dureza de la roca, que siendo, como en las 2/3 partes de nuestra galeria, de gran dureza,  $R = 1$ ;  $t$ , profundidad del taladro que hemos dicho que en nuestra roca de gran dureza es de 1 m. i  $at$  linea de menor resistencia en funcion de  $t$ , medida desde el centro de la carga. Sustituyendo esos valores se tiene para la cantidad aproximada de explosivo que hai que poner en cada taladro, en la seccion de roca de gran dureza,

$$P = 1 \times 1 \times (0.50 \times 1)^2 = 250 \text{ gramos de dinamita.}$$

Habia olvidado decir que el valor de  $a$  varia de 0.50 a 1 segun la dureza de la roca.

Como con 10 los taladros que se haran en cada fronton, el gasto total de dinamita en ellos es 2.500. Esta carga de cada tipo puede tal vez rebajarse en un 20% segun las faci.



tidades que el frente ofrezca para su derribo.

El volumen de roca derribado por cada taladro es el de un cono que tenga por altura  $0.70 t$  y por base un círculo de diámetro igual a  $0.70 t$ . (fórmula aproximada que dan los manuales) Por lo tanto ese volumen será

$$V = \frac{1}{3} 0.70 t \times \pi \left( \frac{0.70 t}{2} \right)^2 = 0.995 t^3$$

siendo  $t$  la profundidad del taladro. En el caso que examinamos  $t = 1$ , por consiguiente  $V = 0.995$ . Como son 10 los taladros que en cada frontón se harán, el volumen derribado por todos sería  $8.950$ ; pero el efecto útil de cada uno no se suma al de los demás y por consiguiente no se puede tomar penesante número sino rebajándolo en un 50% más o menos. Por lo tanto podemos establecer que el volumen de roca derribado en cada tiro es  $H.500$ . Los tiros deben disponerse, no por supuesto perpendiculares al frente sino inclinados para que produzcan el mayor efecto útil y para que solo derriben la sección que la galería debe tener; ya hemos dicho que esa disposición no puede establecerse a priori.

Si pues  $H.500$  es el volumen de roca que cada tiro derriba, siendo la sección de la galería  $2.50 \times 2 = 5 \text{ m}^2$  y el largo de ella en la parte en que es de gran dureza,  $400 \text{ m}$ , el volumen total a derribar es  $2000$  metros cúbicos, y por consiguiente una simple proporción con el peso de explosivos usado en cada tiro, nos da la cantidad de dinamita que es necesario gastar en esta primera parte del socavón

$$\frac{2.000 \text{ m}^3}{H.500} = \frac{x}{2000}$$

$$x = \frac{2000 \times 2.500}{H.500} = 1111 \text{ o } 1200 \text{ kilos.}$$

En los 200 m. de galería en que el terreno es de dureza media, podemos aplicar las mismas fórmulas, variando solamente el valor numérico de los coeficientes y de la profundidad del taladro que como hemos dicho es inversamente proporcional a la dureza de la roca, y podemos fijar en esta pec-



ción en 1.<sup>na</sup> 50. El coeficiente R vale tratándose de las rocas blandas de dureza media, 0.40, por consiguiente la fórmula da, siendo a = 0.55.

$$I = 1 \times 0.40 (0.55 \times t)^2 = 272 \text{ gramos de dinamita.}$$

El número de taladros que en esta sección deban hacerse será indudablemente menor y podemos suponer que son 6 a 8, luego la carga de dinamita para cada tiro será 2.<sup>da</sup> 176.

El volumen que cada taladro derriba puede calcularse del mismo modo que anteriormente por

$$V = 0.895 t^3 = 0.895 \times 3.375 = 3.020$$

luego el volumen derribado en cada tiro será - haciéndolos idénticos consideraciones que antes - 9.<sup>na</sup> cúbicos aproximadamente. Como la sección de dureza media tiene una longitud de 200 m, el volumen a derribar es de 1000 m<sup>3</sup> luego una proporción igual a la anteriormente hecha, nos da para la cantidad de dinamita necesaria para el derribo de esa parte 241 o 245 kilos.

El gasto total de explosivos (dinamita) será pues de unos 1450 kilos a los que hai que agregar un 5% por pérdidas etc, luego se gastarán unos 100 cajones de 22 kilos que cuesta \$m 33.<sup>os</sup> puesto en un punto del ferrocarril central, con su respectiva dotación de mechas fulminantes etc.

Tiempo que se empleará en la perforación.

Si hemos calculado ya el volumen aproximado de roca que derriba cada tiro, es fácil buscar ahora el tiempo que durará el trabajo de apertura. Cada perforadora puede hacer 50 pies de tala-

dos en un día, teniendo en cuenta el tiempo que se gasta en armar i desarmar los aparatos, cargar los tiros etc (dato que dan los catálogos) i como con 2 perforadoras, pueden hacer 100 pies, es decir que podemos dar dos tiros diarios.

Ahora bien en la roca de gran dureza (2000 m. cúbicos) un tiro derriba  $4^{m^3}$  de roca, luego para derribar los 2000, se necesitaran 489 días tiros ó sean 295 días.

En la sección de dureza media (4000 metros cúbicos) el volumen desprendido por cada tiro es  $9^{m^3}$  próximamente por lo tanto la perforación de esa parte exigirá 111 tiros ó sea 56 días.

Luego pues la perforación de la galería que se pide demandará 350 días ó próximamente un año de trabajo.

### Detalles del trabajo.

Para hacer los taladros que constituyen un tiro, hai que comenzar por instalar la columna sobre la que se ajustan las perforadoras, columna que por medio de tornillos se ajusta i en vez contra el suelo i techo de la galería (véase croquis)

Instalada la columna i ajustadas en ella las perforadoras en la posición conveniente se conecta la cañería que trae el aire de la compresora, con la cañería flexible de que están provistas las perforadoras, i se comienza el trabajo, inyectando agua en el taladro, para evitar el calentamiento del barren. El agua necesaria es proporcionada por las filtraciones mismas del terreno.

Hemos dicho que la máquina puede hacer 2 pies de

taladro sin necesidad de cambiar barrenos.

El diámetro de los barrenos que se usan no es el mismo en toda la longitud del taladro. Se comienza siempre por barrenos de diámetro mayor que el que va a tener el fondo del taladro. En nuestro caso se comenzaría la perforación con un barreno de 70 mm de diámetro (en el bit) luego se seguiría con otros de 65, 60 y 50, necesitando en todo para dejar concluido un taladro en la longitud y diámetro fijados, 5 barrenos próximamente. En la roca medianamente dura con un barreno de diámetro constante es suficiente y solo es necesario cambiarlo para reemplazarlo por otro de mayor longitud, a medida que se avanza.

Los barrenos hay que aguzarlos de nuevo al cabo de cierto tiempo de servicios. Esta operación es más difícil que el aguce de los barrenos para el trabajo a mano y más delicada. Para evitar el temple del acero en una longitud mayor que la necesaria (lo que traería como consecuencia la rajadura del barreno) una vez calentado a la temperatura suficiente y estampado en la forma que sea necesario, se le cuelga en un aparato especial de modo que es bañado por una corriente delgada de agua y siempre en el mismo espesor.

Hechos los taladros en el número y disposición convenientes, se desarman las perforadoras de la columna y se cargan los tiros en la cantidad indicada. Se coloca luego en el extremo de la cámara de aire, una boquilla y se sopla el viento sobre el frente con lo que se facilita la explosión y se ventila la galería, pudiendo regresar los operarios.

nos al trabajo a los 15 minutos proximanente para desatar los tiros, regularizar la seccion de la galeria, cargar el desmonte en los carros etc.

Cuando la galeria ha alcanzado cierta longitud, en algunos sitios se ensancha un poco para colocar alli, des-  
vios, depositos de dinamita, instrumentos etc.

### Operarios

El personal de operarios que penefante instalacion requiere, esta formado por un Capataz, 2 Maestros perforadores hombres practicos en ese trabajo, para que los aparatos rindan todo lo que son capaces, y dos ayudantes.

La planta mecanica exige un Maquinista <sup>un</sup> y fogones, un ayudante encargado de la compresora, un herrero y su ayudante.

(dease a la otra). Para hacer el trabajo constante puede dividirse el dia en 3 jornadas de 8 horas que comienzan a las 3 de la tarde, 11 de la noche y 7 de la mañana. Tres cuadrillas entran sucesivamente al trabajo en esas horas fijas, durante 15 dias al cabo de los cuales se cambian; la cuadrilla que entraba a las 7 entra ahora a las 11, esta a las 3 y esta a las 7 etc.

3

### Revestimiento.

Se supone el terreno es traficado y cruzado por fallas y dislocaciones importantes que obligan a usar en trayectos de 6 a 8 metros y aislados un revestimiento artificial.

Podemos pues suponer para hacer la discusion

19. Julio

La jornada de 10 horas es la mas usada i la que mas conviene a nuestro trabajo. Podemos pues organizar ese trabajo de modo que 2 cuadrillas compuestas del número de operarios que indico se sucedan en el trabajo cada 10 horas, de modo que la perforación se hará durante 20 horas del día. Este trabajo no es excesivo si se tiene en cuenta que los operarios no tienen que hacer violentos esfuerzos como en la perforación a mano. No emplees pues la jornada de 8 horas.

La cuadrilla con su capataz respectivo entrará a las 7 de la mañana i saldrán a las 5 de la tarde, la que trabaje de día, la otra entrará a las 7 de la noche para salir a las 5 de la mañana.

Naturalmente se alternaran en las horas que comience la labor para cada una.

del sostenimiento que mas conviene, que en 10 puntos aislados (tramos de 6 a 8 metros) necesita el terreno un sostenimiento artificial, lo que hacen en todo 80 metros de sostenimiento.

El sostenimiento que puede usarse es o bien la madera o bien la piedra con mortero o seca. Desde luego queda eliminado el segundo por su elevado costo. La piedra tampoco puede emplearse sin mortero ninguno para formar la bóveda que es necesario formar, salvo por supuesto que cada block fuera tallado cuidadosamente con la forma y dimensiones necesarias. Puede si usarse la piedra seca en combinación con la madera, es decir los muros o sostenimientos laterales de piedra seca, reportando el sobreeso de madera. Hai pues que elegir solo entre estos 2 medios. Los muros de piedra y cemento pueden usarse en obras como la del Socavón de Humahuaca que van a hacer servicios de la importancia del desagüe de una cuenca minera.

Para elegir entre uno u otro sostenimiento hai que tener en cuenta que la galería va a servir para los servicios ulteriores de la explotación y que por consiguiente ese sostenimiento debe ser a la vez que el mas duradero, el menos expuesto a deterioros peligrosos para la seguridad de los operarios y de la explotación, a la vez que el mas económico.

Si próxima a la región donde el socavón ubica, hubiera bosques que permitieran obtener la madera sin otro gasto que el de cortarla y ponerla en obra, nada habría que discutir. El enmaderado es siempre mas facil de ejecutar y si es mas expuesto a deterioros, tambien es mas facil de ser reparado. En ese caso



donde el costamiento fuera necesario se colocarían los muros de que la condición del terreno hubiera menester (espaciados de 1 metro, 80 cms ó menos, tal vez en algunos puntos unos al lado de los otros) bien aplomados etc. y entre ellos y en los lados que el terreno lo exigiera se colocarían tablonces ó tuercas. Para evitar se los ensambles que debilitan la madera y gastan trabajo, se podría usar una tabla en la cara inferior del sombrero, tabla que recibiera el esfuerzo de compresión de los peones.

Peró si el lugar en que se va á abrir la galería no ofrece suficiente facilidad, sino que hay que llevar la madera desde arriba, el enorme gasto que eso ocasiona puede disminuirse aprovechando el material que el trabajo mismo proporciona: piedra de gran dureza que no necesita sino ser groseramente labrada y puesta en obra, reduciéndose el gasto en mucho pues entonces no se necesita sino la madera (tuercas) para colocar en el techo de la galería, sobre los reljes.

Con tal disposición se tiene un revestimiento fuerte duradero y menos expuesto á la acción perjudicial de la atmosfera de las minas y del agua que no debe estar abundante en un terreno estratificado y cruzado por fallas.

Acabáramos de probar la conveniencia de nuestro revestimiento haciendo una comparación entre lo que se gastaría en uno y otro; pero basta considerar que todo el material de uno debe ser traído de fuera y la mayor parte del necesario para el otro, está al pie de la obra, para que quede sentada la conveniencia de adoptar como costamiento muros de piedra seca (reljes) groseramente picada que reciben en la

parte superior los sombreros (cuartones  $6 \times 6$  o tincas) La elección de la clase y dimensiones de la madera dependerá de cada caso particular. Los cuartones  $6 \times 6$  resisten en estas condiciones 1600 Kgs de carga uniforme con una flecha de  $1 \frac{1}{2}$  cm.

El costo de los 80 metros de sostenimiento artificial que son necesarios lo indico al tratar del presupuesto de la obra, calculado sobre la base de que los seljes tengan 25 cms. de espesor por término medio y que cuesten  $\$ 5$  el metro cúbico por picar la roca y ponerla en obra lo mismo que las tincas cuyo precio se considera a parte.

En los lugares donde el sostenimiento sea necesario, los operarios que se dedicarán a este trabajo armarán un sostenimiento provisional de madera, en tanto se construyen los seljes con la piedra que debe estar ya preparada. Los trozos mas grandes se colocarán en la parte superior inferior y luego se irán colocando encima uno los otros procurando que queden pocos vacíos entre una piedra y otra y que el muro resulte bien aplomado. Cuando está suficientemente alto se colocan las tincas tablonas o cuartones que sean necesarios entre muro y otro.

En el caso del croquis que representa la sección transversal de la galería, se ha supuesto que el revestimiento es necesario en toda la sección, pero muchas veces podrá usarse solo unos cuartones encajados en la roca, entre los que se colocan tincas y en general la forma que se dé al revestimiento solo puede elegirse en cada caso particular y en vista de la forma en que el terreno se presenta desmenuado o deleznable.



H.

# Trasporte

Si en el proyecto se indicara el volumen de material que se espera extraer diariamente en la posterior explotación del yacimiento, se podría fijar desde luego el ancho de la vía férrea, peso y capacidad de los carros etc, puesto que la galería que se proyecta va a servir para el transporte del material explotado. Como no conocemos pues esos datos, instalaremos una vía que satisfaga las necesidades del transporte de los desmontes del socavon i que además pueda servir para la futura explotación.

Usaremos pues una vía de 0.60 de ancho cuyo riel pesan H<sup>o</sup> 500, sobre durmientes de 80 x 8 x 10 ctus., espaciados de 50 ctus. con lo que hai bastante para la circulación de carros de 1500 lbs de capacidad (3/4 de I') o sea 14 pies cúbicos i para un transporte de mas de 100 toneladas diarias en carro de báscula de la capacidad indicada.

En esas condiciones un hombre transporta 9.6 T. por kilómetro i por hora.

La vía debe tener tal inclinación como para que un pequeño impulso i ayudado el carro por el peso del hombre, rueda sin dificultad i que luego pueda ser arrastrado vacío en la subida sin gran esfuerzo por parte del cartero.

Esa inclinación que se llama pendiente de equilibrio es dada por la fórmula

$$\text{sen } i = \frac{f r}{R} \frac{p + p'}{p + p' + p''} \quad \text{en que } f \text{ es el coeficiente}$$

de frotamiento, función de los otros elementos; R es el radio de las ruedas, en nuestro caso 12"; r el del eje, 1 1/2"; p, el peso

de la carga, 1500 lbs.;  $p'$ , peso del carro (sin ruedas), 290 lbs. y  $p''$  el peso del eje y ruedas 220 lbs. - Sustituyendo esos valores i efectuando las operaciones, resulta que la inclinación que debe tener la galería es de 9 mm por metro i podemos darle por lo tanto 1%. de modo que el transporte sea fácil i el curso de las aguas también.

En un principio el volumen de desmonte que tendremos será de 8 m<sup>3</sup> diarios próximamente (en la sección de gran dureza), sean 280 pies<sup>3</sup> i como cada carro es de 14 pies de capacidad, dos carros que hagan 10 viajes diarios serán suficientes. En la sección de dureza media el volumen de desmonte diario será de 630 pies cúbicos i se necesitan entonces 45 carros q hagan también 10 viajes. Teniendo cada carro un hombre a su servicio, el viaje de ida i vuelta contando el tiempo de carga i descarga puede hacerse en los últimos metros del peacavon, en 20 a 30 minutos. El servicio puede pues quedar bien organizado con el material que indicó.

El establecimiento de la vía férrea exige las operaciones presias de nivelación del terreno tanto transversal como longitudinalmente con plomadas i reglas especiales, de asentar los rieles i lastros.

##### 5. Desagüe, ventilación i alumbrado.

###### Desagüe

Tratándose de una galería profunda en terreno estratificado i cruzado por diversas fallas, es natural esperar la presencia

de las aguas. Además como la galería va a alcanzar el nivel inferior, hay que tomar sus providencias para hacer por ella el desagüe de las labores.

No es posible presumir la cantidad de agua que podrá presentarse y por eso no limitamos a abrir al mismo tiempo que la galería avanza una cuneta a un lado de la galería, de 30 cms anchura. Demásante ese caudal de desagüe es recorrido por el agua con la velocidad que indica la fórmula

$$v = \sqrt{2gh}$$

en que g es la aceleración debida a la gravedad y h la diferencia de nivel que mismo ya dicho que es 1 m.

Calculando esa velocidad y con la sección de la cuneta se tiene el gasto (Q = vs), es decir el volumen de agua que puede conducir la cuneta. Haciendo esos cálculos resultan 4 litros de agua por segundo. Con tal gasto pero seguro que puede atenderse bien al desagüe de la labor misma del caso y a las necesidades de las labores posteriores.

Naturalmente la experiencia hará ver si es necesario ensanchar esa cuneta.

### Ventilación

Aléjase el aire comprimiendo como fuerza motriz, el problema de la ventilación no tiene ya que preocuparnos, el aire que se introduce (unos 400 litros) es bastante para satisfacer las necesidades de la respiración los operarios que dentro trabajan, pues necesitados cada hombre 8 litros para su respiración y combustión de su lámpara, si suponemos que con 10 los operarios que a la vez

Trabajan en la galería, necesitarán 80 litros por segundo.

Esto es solo en cuanto a las necesidades de su respiración que en cuanto a los gases que se desarrollan por la explosión de la dinamita, ellos son arrastrados por la insuflación que después de cada tiro hemos dicho que se realiza.

Si las labores de explotación posteriores exigieran ventilación artificial ya por no ser suficiente la natural o ya porque ella sea necesaria antes de que la ventilación natural pueda establecerse, y si la circulación del aire debe hacerse por la misma galería, se establecerá un nueva-cañón que conduzca al exterior el aire viciado.

### Alumbrado

El alumbrado se realizará por medio de lámparas de aceite de colza o de pepita de algodón (machucas) de que se provee a cada operario. Cada machuca tiene  $\frac{1}{5}$  de litro de capacidad y le basta para 10 hora de trabajo.

Podemos pues presupuestar el gasto de aceite en 4 litros diarios. - El aceite se mezcla siempre con un poco de Kerosine para hacerlo mas fluido y para evitar robos.

6. Presupuesto.

al hacerlo vamos a calcular lo que durante el tiempo que el trabajo va a durar (1 año) va a gastarse en la galería.

Perforación

## Instalación.

Planta mecánica compuesta de los aparatos que he indicado	₡ 5.500.-
Transporte e instalación de ellos	2.000.-
Cañería para la conducción de aire, con sus válvulas, clavos, etc. y su instalación	1.500.-
Reparaciones, renovación de leñeros y otras piezas mecánicas. (5% diarios)	800.-
2 ayudantes (2% 50 diarios)	1.800.-
Leñeros (5% diarios)	1.800.-
Ayudante	720.-
Combustible.	
Gastándose 7 1/2 lbs por caballo hora, se necesitarán 336 kilos diarios o próximamente 140 T. en durante el año (a 25)	3.500.-

## Jornales.

Diariamente van a trabajar 4 cuadrillas compuestas de 1 capataz, 2 perforadores y 2 ayudantes.	
Capataz 190 - (al mes)	7.100, al año
2 Perforadores 72.00 diarios	1.440.

a la alta.

₡ 20.420.-

de la alta	$\frac{5}{100}$ 20.420 -
2 ayudantes (\$1.50 diarios) <u>1.080</u> al año.	
	$\frac{5}{100}$ 3.600 "
si como con dos cuadrillas, resultan	6.700 -

Revestimiento

100 m. cúbicos de muro de piedra pesa a $\frac{5}{100}$ .	500 -
Madera	
Ademes de 6x6 o tuicas (proximamente 14000 pies cuadrados)	2.300 -

Transporte.

4 Carros de las dimensiones dichas.	500 -
600 m. de línea férrea, comprendiendo durmientes eclisas F. (4.5 m.)	3.000 -
Jornal de 3 carreos	1.900 -

<u>Desagüe</u> jornal de 2 operarios	800 -
--------------------------------------	-------

Alumbrado

20 máquinas	60 -
Gasto de aceite (4 litros diarios)	1150 -
de la alta.	$\frac{5}{100}$ 36.630 -

de la obra

Administración i Gastos generales.

\$ 36.630.-

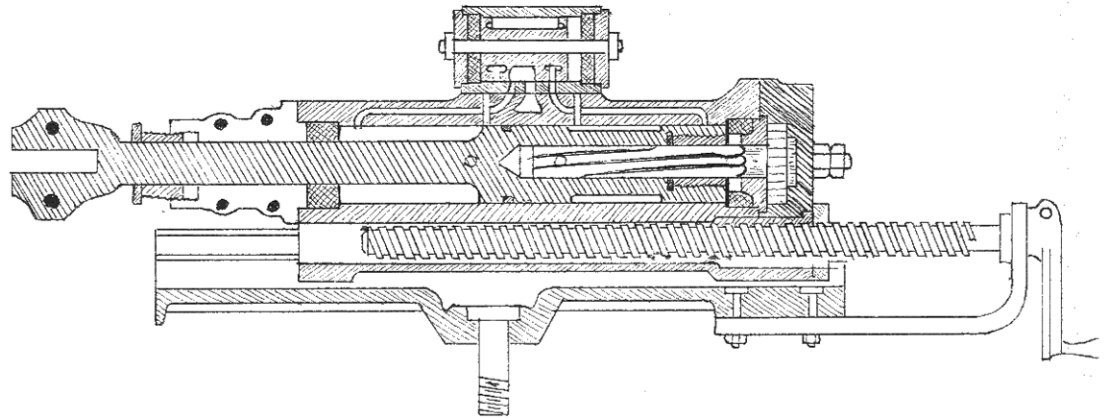
Comprendemos aquí los gastos de esta especie que se hacen por la negociación, durante el primer año de trabajo que se dedica solo a la apertura del pozo, aun cuando en verdad ellos no pueden cargar exclusivamente sobre esta obra.

Administración	3.600 -
Ingeniero	6.000 -
Otros empleados, gastos de escritorio etc	3.600 -
Imprevistos (5% del total)	2.492.-
Interés del capital empleado en la obra (8%)	4.185.-
Costo total de la galería	\$ 56.507 -

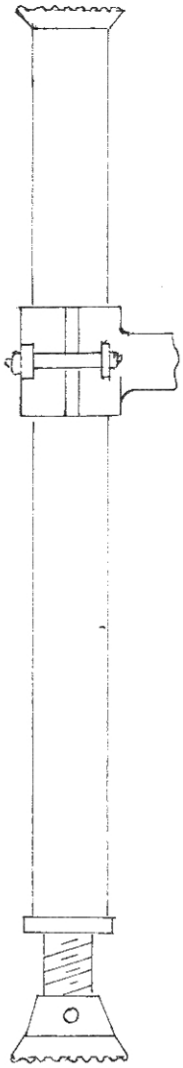
El costo aproximado del metro lineal de galería será por lo tanto \$ 95.- aproximadamente.

Lima, 6 de Julio de 1906  
 Fermín Dingel

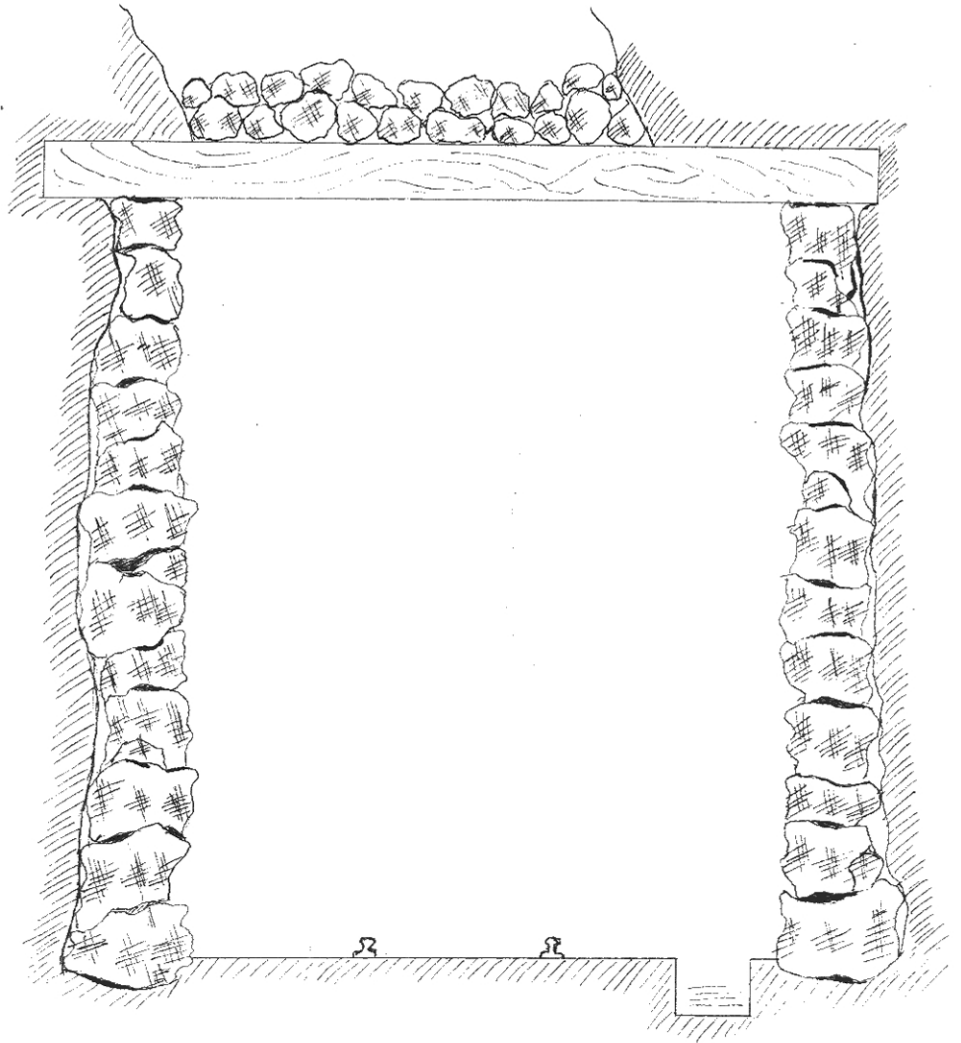
Fig. 1.



Escala - 1' = 40mm.



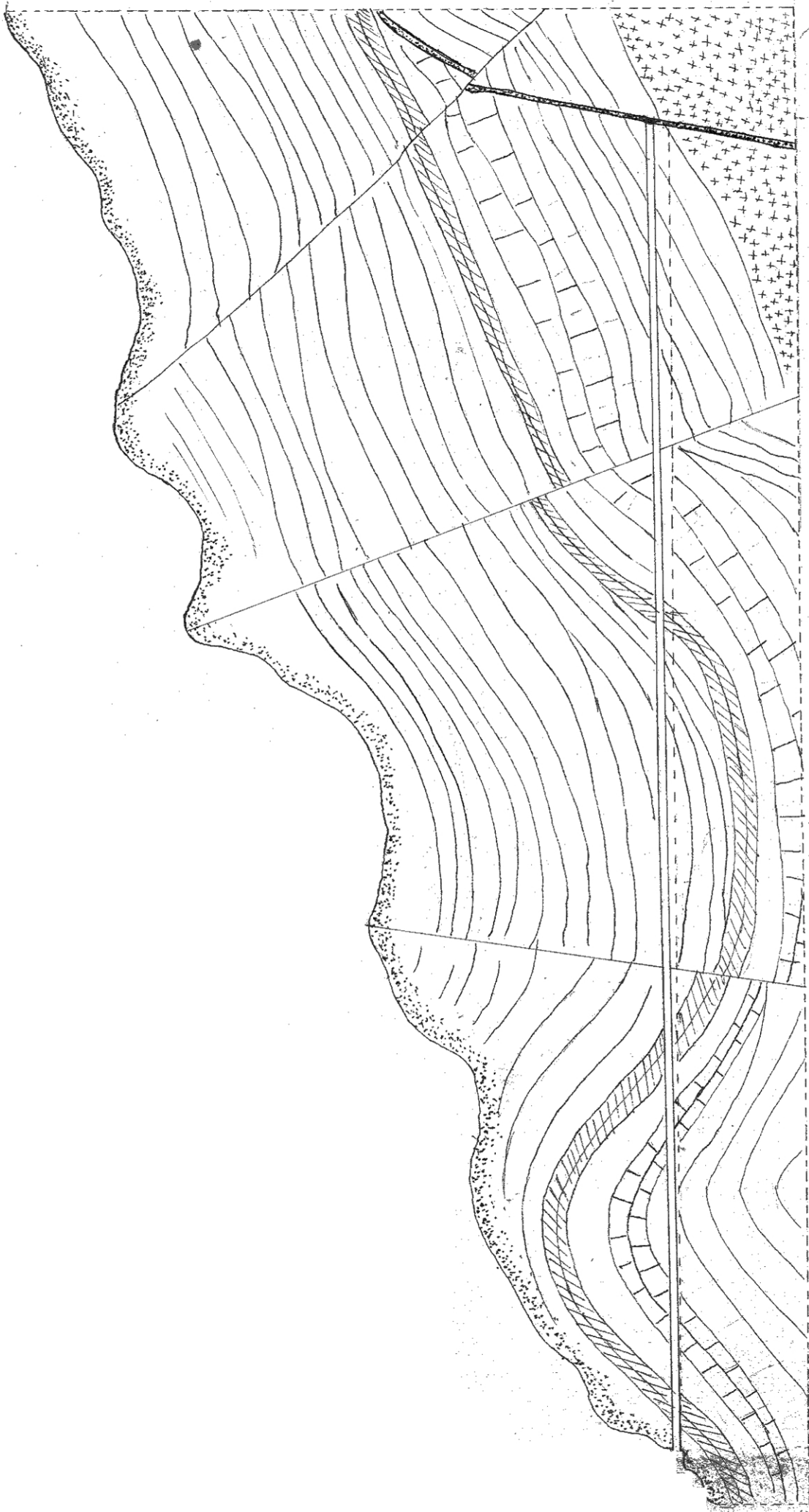
Escala 1' = 20mm.



Escala =  $\frac{1}{25}$ .

*Jermani J. Bling.*  
6/Julio/906.





*Jerningelung 6/Julis/06.*

Esca la -  $\frac{1}{2.500}$ .