

por pequeño que sea el volúmen de aire que por cada uno de ellos se escape, es de temer que llegue el total á una cifra bastante elevada.

Sin embargo, como este número de uniones solo tendrá lugar cuando se abran los últimos kilómetros de la galería, como por otra parte las huidas de aire en los kilómetros inmediatos al extremo del túnel no serán completamente perdidas, pues servirán para la ventilacion, y por último como las uniones se harán con el mayor esmero y tomando todo género de precauciones, no es de creer que dicha pérdida tenga una gran importancia.

Por otra parte debe notarse, que si bien esta disminucion en la masa de aire conducida al túnel podrá influir en la presion con que el gas llegue al extremo de los tubos, este efecto está comprendido en las pérdidas de presion dadas por los manómetros, y que por lo tanto se ha tenido ya en cuenta al formar la tabla que anteriormente hemos presentado.

Estudiadas las diversas cuestiones teóricas relativas tanto á la compresion del aire, como á la conduccion de este al fondo del túnel, entraremos ahora en algunos otros puntos puramente de detalle, y daremos una descripcion general de todas las obras que se han construido ó estan construyendose, para comenzar, tan pronto como sea posible, el gran ensayo del nuevo sistema de perforacion.

Descripcion de los compresores y de las obras accesorias.

Aun cuando el sistema general de perforacion sea único, ó idénticos en su esencia las obras y aparatos empleados en las dos bocas del túnel, sin embargo, en razon á las diferentes condiciones de ambas localidades, ha sido forzoso introducir tambien algunas variaciones de detalle en dichas obras, y por este motivo, examinaremos separadamente las relativas á los dos extremos de la galería.

LADO DE BARDONECHE.

Las obras que han de ejecutarse en este lado del túnel, aparte de algunas que no tienen bastante importancia para ser descritas especialmente, como son, cobertizos, casas para obreros, oficinas, solares para la elaboracion de ladrillos etc. etc., son las siguientes:

- 1.º Presa y toma de agua.
- 2.º Canal de conduccion y obras accesorias.
- 3.º Depósito en el extremo del canal y depósito regulador.
- 4.º Cañerías de conduccion.
- 5.º Casa-depósito.
- 6.º Sifones.
- 7.º Casa de los compresores hidráulicos, y compresores.
- 8.º Tubos de conduccion del aire comprimido.

Examinemos cada uno de estos puntos.

1.º *Presa y toma de agua.* La toma del agua que ha de emplearse como fuerza motriz en los compresores, se hace en el torrente de Mélérot, (véase el apéndice núm. 9), que lleva como caudal mínimo 2 metros cúbicos por segundo; á este fin se ha construido una presa de derivacion, cuya fábrica, si no recordamos mal, es de sillarejos y está coronada con una hilada de sillería. Poco ofrece esta obra digno de mencion especial: es dicha presa de poca altura, oblicua con respecto á la corriente, y de planta curvilínea; está formada aguas abajo por un talud bastante inclinado, que afecta tambien una ligera curvatura; termina por uno de sus costados en un muro vertical, y en el otro lado se han establecido la compuerta de toma y el canal de conduccion.

Se halla separada dicha compuerta, de la presa, por un muro vertical, formando escalera en su parte superior para subir hasta la altura de la coronacion.

La figura 9 indica la proyeccion horizontal de la presa y de la compuerta de toma de aguas:

A. Es el muro vertical de la derecha.

- BC. . Representa la coronacion de la presa.
 DD. . El talud curvo de aguas abajo.
 FF. . La escalera del muro de la izquierda.
 EE. . Las compuertas de toma.
 HH. . El canal de derivacion.
 L. . Un portillo de desagüe.

La figura 40 representa un corte por *a b*: la solera del canal de conduccion presenta á partir de las compuertas EE, una rápida pendiente *E a* y una cavidad ó pozo *a b*, á fin de que se depositen en dicha cavidad las gravas y arenas que arrastra el agua del torrente: á partir del punto *b* continúa la solera *b c* con una pendiente mas suave hasta el depósito inmediato á los compresores.

2.º *Canal de conduccion y obras accesorias.* La figura 41 representa el corte transversal del canal de conduccion, y en ella se ve que los dos costados son verticales y que el fondo tiene la forma de un arco de círculo.

Las dimensiones generales de dicha seccion son: 4^m,5 de altura por 4^m,5 de ancho, de suerte que próximamente tiene la figura de un cuadrado. La pendiente media es de uno por mil, y la longitud del canal 1.200 metros, segun las noticias que se nos dieron al visitar las obras, si bien hemos visto en algunas publicaciones otra cifra distinta de la anterior.

La fábrica del canal es de mamposteria ordinaria no de muy buena calidad ciertamente, pero que no es extraño no sea mejor, atendiendo á que no se halla en la localidad, segun se nos manifestó, buena piedra para mampostar.

Por esta misma causa, ha sido preciso sustituir á la silleria fábrica de ladrillo, en la mayor parte de las obras, exceptuando las bocas del túnel, zócalos del compresor, y algunos otros puntos, que se encuentren en circunstancias especiales ya por su importancia, ya por las presiones que resistan.

El fondo del canal se ha hecho de una especie de hormigon hidráulico, y en algunos sitios de sardinel de ladrillo.

Al construir el canal se dejó descubierto en casi toda su longitud, cubriendo tan solo aquellos trozos que atravesaban

corrientes de agua ó barrancos, pero en el invierno de 59 las nieves y las masas que se desprendian de la ladera en que estaba construido, lo interceptaron en algunos puntos, y lo rompieron, y arrastraron la fábrica, en otros, lo cual ha demostrado la absoluta necesidad de cubrirlo en toda su longitud: á este fin se han empleado (figura 11) grandes lajas *a b* de pizarra que van de uno á otro lado del canal.

Se encuentran á lo largo de este algunas obras de poca importancia, como son, alcantarillas, compuertas, canal de derivacion para dar movimiento á una turbina, y otras varias en cuya descripcion no nos detendremos por ser ajenas á nuestro objeto.

Las dimensiones del canal, y su pendiente, comprueban el dato relativo al caudal de agua disponible, que indicamos anteriormente, y que nos sirvió de base para el cálculo que hicimos en la página 48.

En efecto, la fórmula de Tadini para el movimiento-uniforme en los canales, que es $U=50\sqrt{R p}$, en la cual *U* representa la velocidad de la corriente, *R* la relacion entre la seccion y el perímetro, y *P* la pendiente por metro, dá, suponiendo que la línea de agua pasa á 0^m,1 de la losa que cubre el canal, y substituyendo por *R* y *P* sus valores,

$$R = \frac{1,3 \times 1,4}{2 \times 1,4 \times 1,3} = \frac{2,1}{4,3} = 0,488372, \text{ y } P = 0,001,$$

$$U = 50\sqrt{0,000488372} = 1,105$$

Multiplicando la velocidad por la seccion 2^m,1, tendremos, Volúmen de agua = 1,105 × 2,1 = 2^{mc}, 5215.

3.º *Depósito en el extremo del canal y depósito regulador.* El canal de conduccion *CC'* (figura 12) desagua en un depósito descubierto *DDDD*, cuya forma es la que indica la figura, y que está dividido en dos depósitos parciales por el muro *m n*.

De cada una de las dos partes en que queda dividido el depósito principal, sale una cañería *AB, A' B'*, y ambas terminan

:

en el depósito de alimentación de los compresores, que describirémos en breve.

Al extremo del depósito DD que corresponde al lado del canal CC', hay una rejilla *ab*, la cual impide que penetren los cuerpos flotantes, así como las gravas y arenas que arrastra el agua; en las bocas de los dos tubos AB, A'B', hay otras dos rejillas A, A', de mallas mas estrechas que las de la rejilla *ab*, con un objeto análogo.

La altura de este depósito sobre el del compresor es de 16 metros, y de 40^m la diferencia de nivel entre este último y la válvula de desagüe de los compresores; por lo tanto solo se aprovechan para la compresion del aire $40 - 16 = 24$ metros, conforme á la hipótesis que hicimos en la página 48; pero es indudable que la caída disponible era de 40 metros, y que estos 16 metros que hay entre los dos depósitos son completamente perdidos para el efecto útil. Si la fuerza que así se obtiene basta para la perforacion, el sistema adoptado es sin duda alguna conveniente, por que ahorra el gasto de una gran longitud de tuberia; pero si al comenzar los trabajos se notase, como algunos Ingenieros suponen, que la cantidad de aire calculada (86,400 metros cúbicos en 24 horas) es insuficiente para la ventilacion, es claro que seria preciso aprovechar los 16 metros de altura que hay entre los dos depósitos, y que, debiendo colocarse el de los compresores donde ahora se halla el que acabamos de describir, se inutilizaria aquel depósito y el edificio en que está construido.

Por esta razon, y para precaver cualquiera eventualidad, creemos que hubiera podido adoptarse otra disposicion mas conveniente, á menos que alguna razon que no hayamos podido entrever en los brevísimos instantes que permanecemos en Bardoneche, haga preferible á todas las combinaciones que pueden presentarse, la que se ha escogido y realizado.

Sobre la misma ladera en que se ha construido el depósito descubierto DD, y 11 metros mas arriba, se ha construido otro pequeño depósito cubierto, representado en E, del cual parte un tubo que termina en las calderas de aire comprimido situa-

das á 51 metros bajo el nivel de dicha arqueta E, la que de este modo mantiene el aire á la presión constante de $\frac{51}{1050} + 1$ atmósferas = 6 atmósferas; así pues el arca de agua E hace el oficio de una válvula hidráulica de presión constante, y no es otra cosa que el depósito que designábamos con la letra F en la fig. 5.º al ocuparnos de la teoría del compresor hidráulico.

Si no recordamos mal, el depósito E está también dividido en dos por una pieza intermedia, y parten de cada una de estas arquetas dos tubos, á fin de precaver las roturas ó descomposiciones de uno de ellos.

La pequeña casilla en que se ha construido el depósito E, está cerrada por una puerta, quedando de este modo completamente resguardado dicho depósito, y siendo por lo tanto inútil la vigilancia que hubiera sido indispensable ejercer si no se hubiera tomado esta precaución.

4.º *Cañerías de conducción.* Del depósito DD parten, según hemos dicho, dos cañerías de palastro AB, A'B', que corriendo á lo largo de la ladera en una altura de 16 metros, terminan en un segundo depósito, que es el que hemos designado con el nombre de depósito de alimentación de los compresores. Según nos dijo el ayudante que nos acompañaba, ambas cañerías están en comunicación, y tienen desagüe en su punto más bajo por medio de una llave convenientemente dispuesta. Van estas cañerías en el fondo de dos zanjas abiertas en el terreno, y tan luego como se han colocado y unido los diferentes trozos de que se componen los tubos, se vuelven á rellenar de tierra apisonándola inmediatamente.

Fácil es calcular el diámetro de ambas cañerías, observando que cada una de ellas ha de ser capaz de conducir al depósito del compresor, en caso de rotura ó descomposición de la segunda, los dos metros cúbicos por segundo que llegan constantemente al depósito superior, y que han de utilizarse como fuerza motriz para la compresión del aire.

La fórmula aproximada $\frac{1}{4} D^{\frac{11}{2}} = 0,00055 \left[\frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \right]^2$ en la cual deberémos sustituir,

- H 16 metros,
 L 24 metros,
 Q 2 metros cúbicos,
 $\pi = 3.14159$,

da para la incógnita,

$D=0,464$ metros, ó aproximadamente $D=0,5$ metros.

Ignoramos cual será el diámetro que se haya dado á estas cañerías, pues, segun se nos dijo, estaban ya colocadas; pero por la dimension del orificio que en el fondo del depósito del compresor se habia practicado, creemos que no diferirá mucho de la cifra que acabamos de obtener

5.ª *Casa depósito.* Las dos cañerías AB, A'B', figura 12, que parten del depósito DD, terminan por su extremo inferior en otro segundo depósito, construido en un edificio que designaremos con el nombre de casa depósito, y que hemos representado, ya que no con sus verdaderas dimensiones, procurando al menos expresar fielmente la disposicion general de sus principales elementos, en la fig. 13.

Este edificio es de planta rectangular, y está dividido en dos cuerpos, en el sentido de la altura, por un suelo AA' convenientemente apoyado sobre la parte inferior de la construccion, y que constituye el fondo del depósito: el cuerpo bajo recibe luz por las arcadas F, y el cuerpo alto por varias ventanas V.

A todo lo largo del edificio corre en la parte superior un pequeño muro aa', que divide en dos la planta del piso alto: la parte mayor D forma el verdadero depósito, y el muro aa' hace oficio de vertedero: su objeto es mantener en dicho depósito D un nivel constante. El agua excedente cae en el pequeño espacio d, y corriendo sobre el suelo, sale del edificio por uno de los costados.

En la parte superior se establecerán puentes de servicio PP á fin de manejar desde ellos las compuertas de los compresores; pero esta parte de la obra no se hallaba aun terminada.

El agua del depósito de la fig. 12, llegará al depósito D, figura 13, por medio de los dos tubos AB, A'B', que se proyectan

en uno solo BB' en dicha fig. 13, y que tendrán además una llave de desagüe en su punto mas bajo.

Como la parte de la obra que estamos describiendo no se hallaba todavía terminada, y como no vimos tampoco ningun plano de la misma, ignoramos si la disposicion que representa la fig. 13 será precisamente la que se lleve á cabo, aunque así parece natural, segun las esplicaciones que se nos dieron.

En el muro VF del edificio, y al nivel del suelo AA' , se han dejado diez huecos ó vanos cilíndricos S , de donde parten diez tubos SS' de otros tantos compresores, que van á terminar por su extremo inferior en otro edificio construido en la misma ladera. A fin de proporcionar una base suficientemente sólida á estos diez tubos, se han construido, normalmente al muro de fachada VF , diez muros MM en forma de nervios ó contrafuertes, sobre los cuales corre la tubería de los sifones.

La fig. 14 representa una vista de frente de la casa depósito por la fachada principal; pero debemos advertir, para que no se dé á estas representaciones mas valor ni mas importancia de la que en realidad tienen, que no recordamos si la distribucion de las arcadas, y de los nervios que sostienen los sifones, es la indicada en la figura, pues como tuvimos que fiar á la memoria la mayor parte de los detalles que vamos exponiendo, naturalmente nos fijábamos de preferencia en las partes principales, y, por decirlo así, características de la obra, sin cuidarnos de cuestiones secundarias, muy interesantes sin duda alguna cuando se trata de la ejecucion, pero indiferentes de todo punto para nuestro objeto.

MM , $M'M'$, $M''M''$ representan los muros que sostienen los sifones.

SS , $S'S'$, $S''S''$ dichos sifones.

El depósito AA' fig. 13 está dividido en dos por medio de un muro trasversal, ó sea perpendicular al aa' ; de este modo se forman dos depósitos parciales que pueden estar en comunicacion, ó formar depósitos distintos é independientes, segun se abra ó se cierre una compuerta colocada en dicho muro trasversal.

De cada uno de estos compartimientos parten cinco sifones, de los diez, que, según digimos, forman el número total de compresores.

El objeto de duplicar todos los elementos principales del sistema, como son: depósito regulador, depósito del canal, tubos de conducción y depósitos de alimentación de los compresores, se comprende desde luego que es el de precaver la rotura ó descomposición de cualquiera de estas partes de la obra; pues de no haber tomado esta precaución, el menor accidente traería consigo la interrupción de los trabajos del túnel; al paso que con la disposición explicada se tiene la seguridad de que nunca llegue este caso extremo.

La casa-depósito no se hallaba terminada, y aun muchos puntos de detalle no estaban todavía resueltos; por este motivo no podemos entrar en una descripción minuciosa de las diferentes partes que acabamos de describir; sin embargo, diremos algo del sistema adoptado para dar entrada al agua en los sifones.

Sea ABCD la boca de uno de los sifones, que supondremos cerrada por una especie de compuerta ó placa circular AB giratoria al rededor de un eje A. Como la profundidad del depósito es bastante grande, y grande es también el diámetro de dicha placa AB, para elevarla y dar entrada al agua en el sifon, sería preciso vencer una gran resistencia; se ha procurado evitar este inconveniente, practicando en el centro de la placa AB un pequeño orificio *ab*, cerrado por una pequeña pieza giratoria al rededor de *a*. Para elevar la compuerta AB, se principia por elevar desde el puente de servicio la placa *ab*, para lo cual basta un pequeño esfuerzo; el agua entra en el tubo, y cuando este se llena y la presión interior se equilibra con la exterior, puede fácilmente abrirse la compuerta del tubo ABCD. Este sistema que teóricamente es excelente, y que en muchos casos al parecer análogos á este, se emplea con ventaja, tiene á nuestro modo de ver, un inconveniente en el caso que nos ocupa; en efecto, como el orificio *ab* es pequeño y muy grande la capacidad del sifon, este tardará en llenarse muchas horas, y será

imposible abrir la boca de cada uno de ellos con la rapidez que sería de desear.

6.º *Sifones.* No presentan ninguna particularidad digna de notarse.

Son de fundición todos ellos y se enchufan por los procedimientos ordinarios; se apoyan sobre los muros en talud, de que hemos hecho mención anteriormente, y á fin de evitar el deslizamiento, va de trecho en trecho un tubo con pequeños refuerzos A, B, según indica la fig. 16, que se apoyan sobre la mampostería del contrafuerte. La longitud de cada uno de ellos es próximamente 40 metros: en cuanto á su diámetro ya indicaremos el método que puede seguirse para calcularlo. (Vease la nota 4.º y el Apéndice, núm. 10.)

Los diez sifones penetran al través de uno de los muros de la casa de compresores, y cada uno de ellos no es otra cosa que el tubo ABCD de la figura 5.º

7.º *Casa de los compresores.—Compresores.* El edificio en que se han establecido los compresores es de planta rectangular; los lados mayores de este rectángulo son paralelos á la fachada principal de la casa-depósito: la parte posterior es un lienzo corrido, en el que terminan los muros que sostienen los sifones, y en él se han dejado, en puntos convenientemente elegidos, diez vacíos ó huecos por donde penetran dichos sifones en el edificio. La fachada paralela á esta constituye el frente principal, y en ella se han practicado las puertas necesarias para el servicio, así como las ventanas que se han conceptuado indispensables para la ventilación y para dar luz al interior.

A lo largo del gran rectángulo que forma la planta, se han establecido las calderas de aire comprimido, y los diez compresores, iguales todos entre sí, que las alimentan constantemente.

Solo describirémos uno de estos compresores, y lo que de él digamos queda dicho de los demás. Considerarémos en cada uno los siguientes elementos:

1.º El sifon.

2.º Las cuatro válvulas siguientes: de admision de agua;

de desagüe; de admision de aire atmosférico; y por último, la válvula de aire comprimido.

3.º El mecanismo para poner en movimiento dichas válvulas.

4.º *Sifon.* Segun hemos dicho, cada uno de los tubos de los sifones penetra en el interior del edificio por un vacío ó hueco cilíndrico T, y sigue la pendiente general de los muros de sostenimiento hasta un cierto punto A: á partir de este punto se encorva, y continúa verticalmente en una cierta longitud A T'; en T' se encorva de nuevo, y pasando bajo los maticos de fábrica MM', continúa horizontal hasta el punto T'', en que se eleva verticalmente hácia la válvula C de la caldera.

Toda la parte AT' T'' T''' del sifon equivale á la porcion BCD de la fig. 5.º

2.º *Válvulas del sifon.* La válvula de admision de agua está situada en A, (fig. 17) ó sea proxima á la union de la parte inclinada con la parte vertical del tubo.

No pudimos ver el sistema de dicha válvula por estar ya montado el compresor, y si bien se nos enseñaron algunos planos, se nos indicó al propio tiempo, que se habian introducido varias modificaciones en los detalles, al ejecutar la obra; sin embargo, no creemos inútil reproducir la disposicion que en un principio se escogió, y que es la que indica la fig. 18. El tubo A se divide, por decirlo así, en un conducto anular que termina en otro tubo C: la pieza E desliza en el interior del espacio D, y sube ó baja segun el movimiento que la trasmite la varilla *a b*: cuando dicha pieza E ocupa la posicion E', que está marcada de puntos en la figura, la comunicacion entre la parte inferior y superior del tubo queda interrumpida, y el agua no puede pasar; cuando por el contrario la válvula E desciende, el agua cae por la rama A, y siguiendo el camino que indican las flechas *ffff* pasa al tubo C: entonces comienza una de las oscilaciones de la columna líquida.

La forma del tubo en A (fig. 17) no se presta á la disposicion anterior, y por este motivo suponemos, que no es el sistema adoptado el que acabamos de explicar: por otra parte, no es

probable que se haya empleado una válvula cónica, por el estrechamiento que necesariamente produciría, y como tampoco aparece en el tubo (ó por lo menos no lo recordamos) un ensanche ó caja que indique la adopción de una válvula de corona, todas estas circunstancias, unidas á la colocación de dicha válvula A en la unión de la parte inclinada y de la parte vertical, nos hace sospechar si se habrá adoptado una disposición que naturalmente ocurre para este caso, aunque no la creemos ventajosa.

Por esta razón no nos detendremos á explicarla, limitándonos tan solo á indicar, que tal vez esté formada dicha válvula, por la prolongación de la parte vertical del conducto hasta su encuentro con la parte curva, que une la rama vertical del sifón con la inclinada.

La válvula de desagüe B, (fig. 17) está colocada en la parte horizontal del sifón, y por lo tanto en el punto mas bajo del compresor hidráulico.

Por hallarse montado todo el aparato, no pudimos estudiar, según hemos dicho anteriormente, el mecanismo interior de dicha válvula; pero en el plano que se nos presentó, pudimos ver la disposición siguiente, que es probable sea análoga á la que se haya empleado.

La fig. 20 indica un corte de dicha válvula: la parte cilíndrica A cierra los orificios OO, cuando ocupa la posición que indica la figura, y por el contrario, cuando se eleva, por medio de la varilla *b*, deja descubiertos dichos orificios, y el agua sale del compresor por ellos.

Por último, en cuanto á las válvulas C y D (fig. 17) nada presentan digno de mención especial. (Apéndice núm. 41).

3.º *Mecanismo para poner en movimiento las válvulas.*— La válvula de admisión de agua A (fig. 17) se pone en movimiento por medio de la varilla *g*; de la palanca *ff'* giratoria al rededor del eje *c'*, el cual se apoya sobre el brazo *cc'*; y de la varilla *aa'* que penetra en el tubo A, y que, por el lado opuesto, se mueve en una especie de anillo *b'* sostenido por un brazo de hierro *bb'*.

La válvula de desagüe B se pone en movimiento, análogamente á la anterior, por dos varillas g' , $k'k$, y por una palanca $k'g'$ giratoria al rededor del punto l , el cual se apoya sobre una especie de armadura de hierro L.

Así pues, las varillas g , g' , son las que transmiten el movimiento á dichas válvulas A, B.

En cuanto á la válvula de la caldera C, se mueve, ya por el esfuerzo del aire comprimido de dicho depósito, ya por la presión del aire encerrado en el tubo $T''T''$.

Finalmente, la válvula C se abre ó se cierra por sí sola, según domina la presión atmosférica ó la presión interior.

Veamos ahora como se ponen en movimiento las dos varillas g , g' , de manera, que abran ó cierren las válvulas A, B en los instantes oportunos.

Cada una de dichas varillas, (por ejemplo la varilla g) está unida por su parte inferior á una pieza GG (figs. 17 y 21), la cual se mueve deslizando en dos ranuras ab , $a'b'$ (fig. 21) practicadas en otra pieza H, sólidamente unida á la mampostería M del zócalo (figs. 17 y 21).

Dos sectores SS, S'S', montados sobre un eje horizontal O, ponen en movimiento las dos piezas GG, G' G', y por lo tanto las válvulas A, B. (fig. 17.)

Por medio de un tubo que parte de la caldera ó depósito VV' , se hace pasar una pequeña cantidad de aire al cilindro de una máquina de aire comprimido, análoga á las máquinas de vapor, la cual pone en movimiento un eje horizontal O, el que á su vez, por dos ruedas xx' , XX' , transmite dicho movimiento al eje OO de los sectores SS, S'S'.

Fácil es ahora explicar el juego del compresor, que es en realidad idéntico al que expusimos en la pág. 29.

La máquina de aire comprimido, cuyo movimiento se arregla al tiempo de cada oscilación del compresor, hace girar al eje o y á la rueda xx' : esta rueda transmite su acción á la XX' y á los sectores SS, S'S'. Actuando el sector SS sobre el estribo GG cierra la válvula A, la cual queda sostenida en esta posición por una especie de engalque (que no está representado en

la fig.) cuando cesa de actuar dicho sector $S S$ sobre el estribo $G G$. Continuando el giro del eje o , el sector $S' S'$ oprime al estribo $G' G'$, levanta la válvula B , y abre los orificios de salida: el agua de la rama $T'' T'''$ sale por ellos, y el aire atmosférico penetrando por D , llena todo el espacio de dicha rama vertical. En el instante en que cesa de actuar el sector $S' S'$ sobre el estribo $G' G'$ cae la válvula B bajo la acción de su peso, cierra los orificios de salida, y desengalga la varilla $a a'$: la válvula A se abre, el agua cae por la rama TT' , comprime al aire de la rama $T'' T'''$, y lo arroja á la caldera VV : de este modo se repiten periódicamente, la compresión del aire, y las oscilaciones de la columna líquida.

Descritos ya los diferentes elementos de los compresores, examinaremos ligeramente el conjunto de todos ellos y sus posiciones relativas.

La fig. 22 indica esta disposición general.

A Compresores hidráulicos y edificios en que se han montado.

ab Cañerías de los compresores, ó sifones.

B Casa-depósito.

cd Tubos de conducción desde el depósito superior á la casa-depósito.

C Depósito descubierto situado en el extremo del canal.

D Depósito regulador.

fg Tubo de presión.

La diferencia de nivel entre la arqueta **D** y el primer depósito es próximamente de 11 metros.

La diferencia de nivel entre los depósitos **C** y **B** es de 16 metros.

La altura del depósito **B** sobre el punto mas bajo de los compresores es de 24 metros.

La carga sobre las calderas, ó la distancia del nivel del arca de agua **D** al punto *f*, es de 51 metros.

Con solo examinar ligeramente la figura, se comprenderá ahora, por qué decíamos en la pág. 48, que la altura de 16 metros entre los dos depósitos **C** y **B** era completamente perdida para el efecto útil. (Apéndice núm. 11).

8.º *Tubos de conduccion del aire comprimido.* De las noticias que se nos dieron resulta, que se han construido dichos tubos, de caoutchouc revestidos por otros de palastro, sistema excelente, y que reúne todas las condiciones de solidez, flexibilidad é impermeabilidad. Desde las calderas de aire comprimido hasta la boca del túnel, es decir, en una extension de mas de 500 metros, se han construido altos pilares de fábrica, y sobre ellos se apoya la tubería: desde la boca del túnel hasta el fondo, corren paralelamente á las paredes, descansando sobre fuertes piezas de hierro empotradas sólidamente en la fábrica. Se han dispuesto dos tubos, á fin de prevenir toda interrupcion en el trabajo. El diámetro interior de cada uno será próximamente de 0^m 2, segun se nos dijo.

En cuanto al sistema que se emplee, ya para alimentar los perforadores, ya para lanzar aire al fondo del túnel, como al visitar las obras no funcionaban todavía los diferentes aparatos que vamos describiendo, ni se habia terminado tampoco la colocacion de los tubos en el interior del túnel, ignoramos cuál sea el que definitivamente se elija.

ESTADO DE LAS OBRAS EN AGOSTO DE 1860.

La mayor parte de las obras que hemos descrito anteriormente, no se habian terminado aún á nuestra llegada á Bardo-neche; si bien algunas de ellas estaban bastante adelantadas, y se tenian fundadas esperanzas de que para fines de setiembre, ó mediados de octubre, podria hacerse un ensayo en grande escala de los compresores hidráulicos, y de los demas aparatos empleados en la perforacion.

Darémos, pues, una ligera idea del estado de los trabajos en el mes de agosto, que fué cuando recorrimos las obras y visitamos el túnel; refiriéndonos para mayor sencillez á la figura 22.

Se habia terminado la presa de toma de aguas y el canal de conduccion.

Se estaban reparando los trozos del canal que habian sido

destruidos en el invierno anterior, y se trabajaba para cubrirlo en toda su longitud.

El depósito C, y el pequeño depósito regulador D, se hallaban completamente terminados.

Estaban colocados ya los tubos *cd*, y según creemos todo el tubo de presión *fg*.

Se trabajaba activamente para terminar la casa-depósito, que se hallaba bastante adelantada, aun cuando faltaban en ella algunas obras importantes.

Se había terminado la construcción de cinco de los muros que sostienen los sifones, y se había colocado sobre ellos la tubería correspondiente, pero restaban cinco por construir, y no se había acopiado aun al pie de la obra toda la fundición necesaria, la cual llegaba lentamente, por lo escabroso del terreno y la larga distancia de que venía.

La casa B de los compresores se hallaba casi concluida, y se trabajaba para montar algunos de ellos.

Por último, estaba casi completamente colocado sobre sus pilares, y sobre los apoyos correspondientes en el interior del túnel, uno de los tubos de aire comprimido.

Además de las obras indicadas, se han ejecutado otras en cuya descripción no entraremos, por no presentar ninguna circunstancia notable.

Hé aquí una sucinta relación de dichas obras.

1.º Camino de servicio, de 2 kilómetros próximamente de longitud, para poner en comunicación el extremo de la galería con el camino carretero de Oulx á Bardoneche.

2.º Rectificación del torrente de Rochemolles.

3.º Una casa próxima á la boca del túnel para los guardas y otros empleados de las obras.

4.º Un observatorio para el trazado del túnel.

5.º Un almacén para las maderas, hierros y varios útiles.

6.º Un edificio destinado á la confección de cales.

7.º Cobertizo para preparar las vigas armadas que se destinan á apuntalamientos.

8.º Otro cobertizo análogo al anterior para guardar las

máquinas de perforacion y los carros de los perforadores.

9.º Talleres de reparacion con la maquinaria y útiles necesarios para dicho objeto.

10.º Una gran casa habitacion para los obreros.

11.º Habitaciones para los jefes de servicio y para el personal de la direccion y vigilancia de los trabajos.

12.º Solares, cobertizos etc, para la fabricacion de ladrillos.

13.º Se han perforado, por los procedimientos ordinarios, en treinta meses de trabajo, mil metros de túnel entre las dos bocas.

LADO DE MODANE.

En el extremo del túnel correspondiente á Modane, las obras son análogas á las construidas en el lado de Bardoneche, si bien no se hallan tan adelantadas como en este último punto.

Las diferencias que entre ambas localidades existen, han hecho sin embargo necesarias algunas modificaciones en los detalles, ya que no en los principios generales del sistema. Así por ejemplo, se eleva por medio de bombas el agua que ha de alimentar los compresores, hasta un depósito superior sostenido por columnas de hierro, y el tubo de cada uno de dichos compresores no tiene (segun las noticias que se nos dieron) la posicion inclinada que presenta en Bardoneche, es por el contrario vertical, y constituye una de las columnas que sostienen el depósito.

Como la entrada del túnel es en curva, y esta es bastante pronunciada, se ha practicado una galeria en prolongancia del tramo recto que ha de unirse á la parte curvilínea: la longitud de esta galeria auxiliar será de unos 500 metros próximamente. (Véase el Apéndice núm. 2.)

Delante de dicha galeria se ha establecido una especie de observatorio para que sirva de comprobacion á las alineaciones.

En la parte inferior del valle se están construyendo los talleres, oficinas, habitaciones y demás edificios necesarios para el servicio de las obras.

Finalmente, la circunstancia de estar la boca del túnel á bastante altura sobre el valle, ha hecho necesario el establecimiento de un plano inclinado de servicio. (Véase el Apéndice núm. 15.)

Lo dicho creemos que dá una idea bastante exacta del sistema empleado para la acumulacion de la fuerza motriz y para la ventilacion del túnel; y ya que no de los últimos detalles de la obra,—porque no es posible en una rápida visita, y sin tener á la vista los planos, las memorias, ni los demás documentos del proyecto, hacer una descripcion completa de ella, descripcion que sólo los directores de los trabajos pueden, y casi diriamos, tienen el derecho esclusivo de llevar á cabo,—al menos lo dicho, repetimos, hará que se comprenda cuales son los principios fundamentales, y el espíritu general, que presiden á la realizacion de tan importante empresa.

Pasemos ya al segundo de los puntos que al principio de la memoria indicamos. (Apéndice núm. 15.)



APARATOS PARA LA PERFORACION.

Hasta aquí nos hemos ocupado exclusivamente del motor y del receptor hidráulico; y hemos dicho que se había escogido el agua, por decirlo así, como fuerza motriz primitiva, y el aire comprimido como motor inmediato: debemos ahora entrar en el estudio detallado del operador, y dividiremos esta parte de nuestro trabajo, para mayor claridad, en dos capítulos distintos, á saber: 1.º perforadores ó barrenos: 2.º carros en que van montadas dichas barrenos y que, avanzando sobre el carril central del túnel, aproximan los útiles á la roca.

Perforadores.

Digimos al principio de esta memoria, que el terreno que el túnel ha de atravesar, estará probablemente formado de rocas duras y resistentes, que solo pueden ser atacadas con la pólvora; y este es en efecto el único medio aceptable para la perforación de la galería, toda vez, que aun el ingenioso sistema de Mr. Mauss, en que se sustituía á los barrenos un mecanismo especial, actuando por percusión, fué desechado y pospuesto al de los Ingenieros Grandis, Grattoni y Sommeilleur. (Véase el Apéndice núm. 14.) Mas la perforación por medio de la pólvora es lenta y pesada en extremo, pues ya vimos que solo 0^m,5, por cada boca del túnel, podría avanzarse en 24 horas, si se empleaban únicamente los procedimientos ordinarios; las diversas operaciones que la perforación de un subterráneo por medio de



la pólvora supone, como son la apertura del barreno, la carga del mismo, la atacadura, la purificación de la atmósfera, la extracción de los productos del barreno, absorven mucho tiempo y retardarian 56 ó 58 años la terminación del ferro-carril Victor Manuel, si no se hubiera echado mano de otro sistema mas enérgico.

El perforador de los Ingenieros piamonteses, cuyo objeto es abreviar el tiempo necesario para abrir los agujeros de los barrenos, se funda en varios principios que son generales, y que han de servir de base lo mismo para este, que para otro cualquiera que se invente.

Indicaremos ante todo las bases fundamentales del nuevo aparato.

1.^{er} principio. Imaginemos un cilindro A B (fig. 25.) en el cual se mueva un émbolo C, y supongamos, que al extremo de la varilla de dicho émbolo va unida una barrena D. Si establecemos este sistema á una distancia conveniente de la roca R, y se introduce en el cilindro en periodos iguales, vapor ó aire comprimido, por medio de válvulas ó llaves dispuestas al efecto, el émbolo, y por lo tanto la barrena, tomará un movimiento alternativo, y batirá la roca constantemente, produciendo en ella, en un tiempo dado, cierto desgaste *a b* dependiente de la tension del gas, de la carrera del émbolo, y de la dureza de la roca.

2.^o principio. En el caso presente es claro que no puede utilizarse el vapor, en atencion á las varias razones que ya al principio de esta memoria expusimos, y *que por lo tanto, el gas que actúe sobre el émbolo, y que produzca el trabajo útil, no puede ser otro que el aire comprimido.*

3.^{er} principio. Es evidente que si el cilindro permaneciese fijo mientras el barreno golpea contra la roca, llegaria un instante en que el extremo del útil habria penetrado tanto, que el émbolo chocaria con la cara B del cilindro, y que, á partir de este instante, el trabajo del motor seria de todo punto inútil. Es pues indispensable, que el cilindro avance á medida que el barreno penetra en la roca, y por consiguiente podremos esta-

blecer este nuevo principio: «el cilindro debe tener un movimiento longitudinal en el mismo sentido que la barrena.»

4.º principio. Si la barrena trabajase constantemente en la misma posición, su boquilla heriría siempre los mismos puntos de la roca: por ejemplo, si esta boquilla terminase en un filo, este chocaría constantemente contra la faja ab , (fig. 24) sin atacar los demás puntos del círculo $a' a'' b' b''$ sección del barreno; y es por lo tanto indispensable, para evitar este inconveniente, que además del movimiento alternativo, tenga la barrena un movimiento de rotación al rededor de su eje.

De este modo, si en los dos ó tres primeros choques ha herido el útil la pequeña faja ab (fig. 25.), en los siguientes desgastará las fajas $a' b'$, $a'' b''$, y de este modo, por la combinación del movimiento alternativo rectilíneo con el movimiento circular, se conseguirá abrir el barreno uniformemente en toda su extensión.

5.º principio. No basta con los principios anteriores para que el aparato funcione con regularidad y precisión, y nunca podrá conseguirse este fin, si no se tiene en cuenta otra circunstancia del trabajo de perforación, sumamente importante.

Supongamos, en efecto, que la barrena tiene los movimientos antes indicados: es decir, un movimiento alternativo rectilíneo y otro continuo circular: supongamos además que el cilindro avanza con un movimiento uniforme, y veamos cuáles son las condiciones y circunstancias del trabajo.

Admitiremos, como primera hipótesis, que la dureza de la roca que se quiere atacar es uniforme en toda su profundidad, y que por lo tanto, en cualquier periodo del trabajo, es necesario el mismo número a de golpes para avanzar una longitud determinada s . Es claro, que entre todas las distancias á que puede situarse el cilindro, con respecto al punto de ataque p , figura 26, habrá una distancia determinada por la experiencia, que será la mas ventajosa para aprovechar la fuerza elástica del motor: á fin de abreviar el razonamiento la representaremos constantemente por D .

En efecto, es por una parte conveniente que se aproveche

una gran fraccion de la longitud AB del cilindro (fig. 26), á fin de que se acumule la mayor cantidad de fuerza viva posible en la masa de la barrena; mas al propio tiempo debe evitarse que el émbolo cd choque con el fondo del cilindro, en cuyo caso el efecto sobre la roca sería casi nulo, y á mas de esto se destruiria bien pronto el mecanismo.

Resulta de lo dicho que, á fin de que el trabajo se haga en las condiciones mas ventajosas, la distancia entre la cara BC del cilindro y la cara de ataque p , debe ser constante é igual á D en todos los momentos de la operacion.

Si como suponemos la dureza de la roca es la misma á todas las profundidades, nada mas fácil que realizar este principio; basta para ello que el cilindro tenga un movimiento uniforme, tal, que avance una longitud ε por cada a golpes de la barrena, porque, como para este número de golpes el fondo de ataque penetra una longitud $m'n' = \varepsilon$ (fig. 26) en la roca, es claro que la distancia entre $B'C'$ y p' será igual á la que mediaba entre BC y p , y por lo tanto á la longitud D . Resulta, pues, que así en la primera, como en la segunda posicion, la distancia del cilindro á la superficie de ataque es la misma.

Si por el contrario la dureza de la roca es variable con la profundidad, será imposible que la condicion anterior quede satisfecha marchando el cilindro con movimiento uniforme: y en efecto, si el movimiento del cilindro se ha fijado para una roca, cuya dureza sea tal que en a golpes del útil avance el fondo del barreno ε —en cuyo caso en el mismo espacio de tiempo avanzará ε el cilindro— cuando el útil llegue á otro punto de la roca para el cual esta longitud sea ε' , el cilindro continuará avanzando ε por a golpes, y la distancia D se convertirá en $D + \varepsilon' - \varepsilon$. Si $\varepsilon' > \varepsilon$, es decir, si la segunda roca es mas blanda que la primera, $D + \varepsilon' - \varepsilon > D$; y si por el contrario $\varepsilon' < \varepsilon$, en cuyo caso por el mismo número de golpes a avanza el barreno menos que en la primera hipótesis, ó lo que es igual, si la roca es mas dura, tendremos $D + \varepsilon' - \varepsilon < D$.

En el primer caso el émbolo golpeará contra el fondo BC del cilindro (segun indica la fig. 27), pues mientras dicho cilindro

recorre una longitud $m n = \delta$, la barrena hubiera podido penetrar en la roca la longitud $m' n' = \delta' > \delta$.

En el segundo caso, la escursion del émbolo es cada vez menor, y menor el efecto del motor, y aun podria llegar á ser dicha escursion nula, y nulo el efecto útil, si el fondo AD del cilindro llegase hasta el émbolo $c' d'$, (fig. 28), como sucederia si $m n = \delta$ fuese mucho mayor que $m' n' = \delta'$.

De aquí se deduce este importantísimo principio: el movimiento del cilindro no debe ser uniforme; debe por el contrario variar, para el mismo número de golpes de la barrena, con la dureza de la roca, ó sea con el camino descrito por el extremo del útil. Así es, que el aparato habria realizado la perfeccion ideal, al menos respecto á este punto, si el cilindro marchase con un movimiento variado, idéntico al movimiento del fondo del barreno; mas ya que esta condicion no pueda realizarse, convendrá al menos establecer ciertas relaciones entre estos dos movimientos, de suerte que si se retarda el movimiento del útil, se retarde el del cilindro, y que si se acelera el primero, se acelere el segundo tambien.

Resumiendo lo dicho podrémos establecer esta regla general: *«el movimiento del cilindro debe subordinarse al movimiento de avance de la barrena.»*

6.º principio. Como han de ser varios los perforadores que trabajen contra el fondo de la galería de ataque, y como pudiera suceder que el útil de uno de ellos se desgastase ó rompiese, será preciso *que haya completa independencia entre los diferentes aparatos de perforacion*; de tal modo, que pueda detenerse el movimiento de uno de ellos y renovar dicho útil, sin que se interrumpa por esta operacion el trabajo de los demas.

7.º principio. Deberá procurarse *que el mecanismo sea sencillo, y que ocupe poco volumen; y finalmente, deben evitarse, ó reducirse en lo posible, los choques de unas piezas con otras.*

De lo dicho se deduce que todo aparato de perforacion, del género que nos ocupa, debe llenar, ademas de las condiciones

generales de sencillez, etc., las siguientes condiciones especiales.

1.^a Que el útil esté sólidamente sujeto al émbolo de un pequeño cilindro de aire comprimido.

2.^a Que la barrena tenga un movimiento continuo de rotacion al rededor de su eje.

3.^a Que se comuniqué al cilindro un movimiento longitudinal de avance, convenientemente regularizado.

4.^a Que la distancia D sea próximamente constante, ó bien que oscile su diferencia entre límites pequeños; lo cual se conseguirá, estableciendo una relacion conveniente entre el movimiento del útil y el del cilindro.

5.^a Que se eviten los choques.

6.^a Que cada perforador tenga un movimiento de retroceso para poder renovar el útil, y que dicho movimiento sea independiente del trabajo de los demas perforadores.

Veamos ahora, cómo el perforador inventado por Mr. Sommeilleur realiza las condiciones anteriores: pero antes de entrar en la descripcion detallada de dicho aparato, debemos hacer algunas observaciones importantes. De todas las obras y mecanismos que pudimos visitar durante nuestra estancia en Bardoneche, que fué de 18 horas escasas, los aparatos de perforacion fueron los que mas rápidamente examinamos, porque, á lo que creimos notar, eran los que con mas recelo se nos enseñaban por los agentes subalternos de la obra, y debimos respetar esta reserva, aun cuando no estuviéramos bajo ningun punto de vista justificada: solo pudimos estudiar el perforador durante una media hora escasa, y cuando indicamos intencion de sacar un dibujo del aparato, el ayudante que nos acompañaba nos manifestó, «que no se creia autorizado para acceder á nuestro deseo, toda vez que se trataba de un mecanismo para el cual se habia sacado privilegio de invencion.»

Esta circunstancia, unida á la de estar ya montado el aparato, y á la de no tener á la vista ningun plano ó dibujo, nos impidió estudiar su parte interior, las uniones de sus diversas piezas, algunas trasmisiones de movimiento, y otros varios deta-

lles interesantes : sin embargo , del estudio de las piezas esteriore se deduce hasta cierto punto la disposicion interior del mecanismo, y esto es lo que en efecto hemos hecho , reconstruyendo por lo que hemos visto, lo que no hemos podido ver. Así, pues, las piezas principales del perforador, sus movimientos y su modo de funcionar, nos son perfectamente conocidos , y podrémos describirlos con la mayor precision ; pero en cuanto al mecanismo interior, lo que digamos será, no precisamente lo que el perforador de Mr. Sommeilleur *es* , sino lo que pudiera *ser*, y lo que es probable que *sea*.

Por lo demas, es claro que la parte mas interesante del aparato es el conjunto de sus piezas esteriore y de sus movimientos, y que en cuanto á los detalles de union, enlace de unas piezas con otras, etc. pueden disponerse estas de muchas maneras, y medios dá la mecánica de resolver cuantos problemas de este género ocurran , así como hay reglas para escoger las soluciones mas ventajosas entre las varias que pueden presentarse.

Finalmente, creemos que dando cuenta á la Direccion general de Obras públicas del resultado de nuestros estudios sobre esta parte del sistema de perforacion, no faltamos á la confianza que hayan podido tener en nosotros los ingenieros directores de las obras, al permitirnos visitarlas; pues clara y terminantemente les digimos, que si deseaban guardar secreto en cuanto á los perforadores, renunciaríamos á examinarlos, y las esplicaciones que se nos dieron fueron bastantes á desvanecer nuestros escrúpulos (1).

(1) Si cuando presentamos esta memoria, (23 de febrero de 1861) hubiéramos podido tener algun escrúpulo sobre el derecho que nos asistia para dar á luz la descripcion de los perforadores, de entonces acá hemos tenido tiempo de sobra para tranquilizarnos.

Hoy, que los *Anales de puentes y calzadas*, la *publicacion industrial de Armengaud*, el *portefeuille economique de Oppermann*, una obra especial de Mr. A. Devillez, muchas relaciones presentadas á diferentes sociedades científicas, diversos periódicos de Francia, Inglaterra, Alemania é Italia, y hasta *manuales y anuarios* se ocupan con gran estension de esta importantísima obra, podrá tener ya poca importancia la publicacion de nuestro trabajo; pero en cambio nadie podrá acusarnos de ligereza y precipitacion.

Por otra parte, el perforador de Mr. Sommeillenr tiene por base el de Mr. Bartlet, y por consiguiente no es un invento completamente nuevo; y aunque sea en extremo ingenioso y digno de estudio, no es tampoco una de esas invenciones extraordinarias, que solo al genio es dado hallar, y que por lo tanto exigen una absoluta reserva y un completo silencio, hasta que el inventor no crea conveniente darlas á luz.

Hechas estas aclaraciones continuemos nuestra tarea.

PRIMERA CONDICION: MOVIMIENTO LONGITUDINAL ALTERNATIVO DE LA BARRENA.

Para realizar la primera condicion basta unir sólidamente al émbolo E (fig. 29), del cilindro de aire comprimido CC', un tubo AA' que se prolongue por uno y otro lado de dicho cilindro, y que lleve en el extremo A' un ojo rectangular o: esto supuesto, para unir el útil al émbolo se introducirá el vástago de la barrena BB' en el extremo A', asegurando estas dos piezas por medio de una cuña o que las atraviese: y claro es que introduciendo aire comprimido en el cilindro CC', su accion se ejercerá sobre el émbolo E, y este la trasmitirá á la barrena BB', con lo cual habrémos conseguido nuestro objeto.

SEGUNDA CONDICION: MOVIMIENTO CIRCULAR CONTINUO DE LA BARRENA.

Hé aquí cómo es probable que se haya dispuesto el aparato para llenar la segunda condicion.

Supongamos, fig. 30, que CC' representa el cilindro; E el émbolo; AA' el tubo que va unido al émbolo; y finalmente, B el útil, ó sea la barrena.

Si en prolongacion del eje del cilindro disponemos una rueda dentada DD', y hacemos que su eje *d d'* penetre en el tubo AA', es claro que bastará dar al interior del tubo, y á la varilla

de la rueda, una de las formas que indican las figuras 50^{2.}, 50^{3.}, ú otras equivalentes, y comunicar al propio tiempo á la rueda dentada DD' un movimiento circular, para que este se transmita al tubo AA' y á la barrena B , sin que tal disposicion impida el movimiento alternativo del útil; pues es evidente que el tubo AA' deslizará sobre la varilla dd' , sin que esta oponga obstáculo alguno á dicho deslizamiento.

En las figuras 50^{2.}, 50^{3.}, A representa la seccion por mn del tubo, y d ó d' la seccion de la varilla que va unida á la rueda $D D'$.

TERCERA CONDICION: MOVIMIENTO LONGITUDINAL DEL CILINDRO.

Puede utilizarse para este fin todo el mecanismo que hemos descrito anteriormente, y con solo agregar algunas piezas mas al aparato, se conseguirá trasformar el movimiento de rotacion del tubo AA' , (fig. 51), en un movimiento longitudinal para el cilindro.

Supongamos que el tubo AA' lleve una lengüeta ll' , y que sobre dicho tubo como eje, pero sin formar cuerpo con él, se monta la rueda ó tornillo FF' , en cuya superficie se han labrado varios dientes ó estrías helicoidales ff' ; es claro, 1.º, que si la lengüeta ll' penetra en el macizo de la rueda dentada FF' , el movimiento de rotacion del eje AA' se transmitirá á dicha rueda FF' : 2.º, que esto no impedirá en manera alguna el movimiento alternativo del tubo AA' , pues que la lengüeta deslizará libremente en la ranura practicada en el interior de dicho tornillo FF' .

Ahora bien, si paralelamente al eje del cilindro AA' se disponen dos cremalleras ó barras dentadas $GG, G'G'$, que engranen con los dientes de la rueda FF' , el movimiento de rotacion de dicha rueda se trasformará en un movimiento de traslacion, paralelo á las barras dentadas. Uniendo pues el cilindro CC' á la rueda FF' , esta le hará marchar en el sentido que indica la figura, y de este modo quedará satisfecha la tercera condicion.

Se pueden unir fácilmente estas dos piezas, de modo que la rueda dentada solo comunique al cilindro el movimiento longi-

tudinal y no el de rotación: basta para ello que el cilindro lleve una especie de collar ó reborde cc , figura 312°, que penetre en la rueda FF' sin formar cuerpo con ella: es evidente que la rotación de la rueda no se transmitirá al cilindro, con tal que este se apoye en dos guías, que destruyan la pequeña tendencia al giro que el rozamiento de la rueda con el reborde cc desarrolle; pero que al propio tiempo, todo movimiento longitudinal de la rueda, ya en uno, ya en otro sentido, se transmitirá al cilindro CC' . Por lo demás advertiremos, que, solo como ejemplo presentamos esta disposición, la cual puede en la práctica ser substituída por otras mas ventajosas, y que aun es inútil para el movimiento de avance.

Veamos, antes de pasar adelante, cómo se combinan los varios movimientos del sistema, que acabamos de explicar. Sobre el conjunto de estas diferentes piezas actúan dos fuerzas: una que es el aire comprimido sobre el émbolo E , produciendo un movimiento longitudinal de vaiven; otra (que ya indicaremos mas adelante cual es) sobre la rueda DD' , produciendo un movimiento circular al rededor del eje XX de todo el aparato.

El movimiento alternativo del émbolo se transmite á la barrena B y produce el trabajo útil: el movimiento circular de la rueda DD' se transmite por la varilla cuadrada dd' al tubo AA' y produce dos efectos: 1.º, por la rotación de dicho tubo la rotación de la barrena; 2.º, por el intermedio de la lengüeta longitudinal ll' , la rotación de la rueda FF' ; y finalmente, esta rueda, por su engrane con las barras GG , $G'G'$, comunica un movimiento longitudinal á las tres piezas del sistema AA' , FF' y CC' .

Mientras estos movimientos tienen lugar, la lengüeta ll' y la varilla dd' deslizan en cada escursión del émbolo, la primera en la ranura de la rueda FF' , la segunda en el interior del tubo AA' .

De todas las piezas que llevamos descritas, son visibles en el aparato de Mr. Sommeilleur las siguientes:

- 1.º la DD' .
- 2.º la rueda de dientes helicoidales FF' .
- 3.º el cilindro CC' .

- 4.° las barras dentadas GG, G' G'.
- 5.° la pieza AA' y la barrena BB'.

Son interiores, y por lo tanto quizá no existan tal como las hemos descrito, y se hallen sustituidas por otras disposiciones equivalentes;

- 1.° la varilla dd'.
- 2.° la lengüeta ll'. Ya veremos mas adelante que puede reemplazarse, y es probable que se haya reemplazado esta última, por otro mecanismo mas ventajoso.

CUARTA CONDICION : RELACION ENTRE EL MOVIMIENTO DE LA BARRENA Y EL MOVIMIENTO DEL CILINDRO.

Para saber la disposicion que Mr. Sommeilleur ha dado al perforador á fin de que cumpla con este principio general, hubiera sido preciso ver desarmado el aparato; pues de lo contrario, solo conjeturas fundadas en algunos elementos visibles podemos hacer; no obstante, teniendo en cuenta el juego y las posiciones de estos últimos, únicamente dos hipótesis pueden hacerse (y aun de estas solo una es admisible): por lo tanto solo dos casos examinaremos.

Primer caso. Supongamos que la figura 52 sea la proyeccion vertical del perforador, en la cual algunas piezas están representadas por sus cortes, otras por sus proyecciones completas, y en que hemos suprimido una de las barras dentadas para mayor claridad.

Las diferentes partes del mecanismo están representadas por las mismas letras que en las figuras anteriores; así pues, CC' representa el cilindro.

AA' el tubo en que va montada la barrena B.

ll' la lengüeta.

FF' la rueda de dientes helizoidales.

DD' la rueda que comunica el movimiento de rotacion á la barrena.

dd' la varilla cuadrada de la rueda DD'.

GG' una de las barras dentadas.

gg' los dientes que engranan con la rueda $F'F'$.

Ahora bien, á fin de establecer cierta relacion entre el movimiento del cilindro y el del útil, se agregan al mecanismo las siguientes piezas.

- 1.° En el extremo del tubo AA' , un reborde L .
- 2.° Apoyándose contra este reborde, un resorte en espiral R .
- 3.° Un anillo M que rodea al tubo AA' sin formar cuerpo con él.
- 4.° En el borde inferior de las cremalleras $GG, G'G'$, una série de dientes $gg''g'''$.
- 5.° En el tubo AA' , una cuña ó tope H .
- 6.° Una palanca aa' giratoria al rededor de a , y que bifurcándose en el extremo a' , termina en dos palancas proyectadas en $a'a''$, que se apoyan por su extremo a'' contra los dientes g'' de las barras $GG, G'G'$. Finalmente, esta palanca aa' lleva un tope H' contra el cual actúa la cuña H , cuando el tubo AA' avanza en sentido longitudinal.
- 7.° Un resorte r que se apoya en la pieza SS' , y que tiende á elevar la palanca $aa'a''$.

De todas estas piezas son visibles en el perforador:

El reborde L .

El resorte R .

La pieza M , si bien no se vé su union con el tubo AA' .

La palanca $aa'a''$.

La cuña H .

Los dientes $gg''g'''$.

En cuanto al resorte r y á la pieza SS' , es claro que pueden disponer ambas de muchas maneras, y entre ellas hemos escogido una de las disposiciones mas sencillas.

Ahora bien, si en el aparato de Mr. Sommeilleur no hubiera mas piezas que las que hasta aquí hemos descrito, es evidente que, aun cuando algo se regularizaría el trabajo del perforador, no se conseguiría este objeto sino de una manera muy incompleta.

En efecto, mientras las palancas aa'' se apoyan contra los

dientes gg de las barras GG , $G'G'$, el punto a y el anillo M permanecen fijos, y la carrera del émbolo está determinada á la vez por la posición del cilindro CC' , y por el juego del resorte R ; cuando se profundiza el agujero del barreno, el tubo AA' avanza, la cuña H oprime al tope H' , y la palanca aa' gira al rededor de a ; su extremidad a'' deja el diente de GG en que se apoyaba, y dicha palanca aa' , y el anillo M , avanzan á la vez, con lo cual los extremos a'' , de las palancas proyectadas en $a'a''$, se apoyan en los dientes g'' de las cremalleras.

Sin embargo, como mientras el punto M permanece fijo, la rueda FF' gira, y hace avanzar al cilindro CC' *independientemente casi del movimiento del útil* B , no se consigue regularizar la acción del aparato, y por esto sospechamos que debe tener el perforador algun otro mecanismo, igual ó análogo al que vamos á describir, por cuyo medio se pongan en relación inmediata y directa los movimientos respectivos de la barrena y del cilindro (1)

Segundo caso. Supongamos que se construye un perforador (fig. 53) compuesto de las mismas piezas que el de la figura 52, que acabamos de explicar, pero con las modificaciones siguientes:

1.° Se suprime la lengüeta lv de la fig. 52, de suerte que la rueda FF' queda independiente del tubo AA' .

2.° La pieza M se compone de dos partes: la primera, ó sea la parte exterior, es un anillo al cual va unida la palanca aa' ; la segunda es asimismo otro anillo NN' , algo mas ancho que el exterior, y montado directamente sobre el eje AA' .

3.° Este segundo anillo NN' rodea al tubo AA' , penetra en el macizo de la rueda FF' , y termina en una serie de dientes laterales nnn .

4.° La rueda FF' presenta en su interior un hueco cilindri-

(1) En efecto; la disposición que habíamos sospechado es la misma que Mr. Sommeilleur emplea en su perforador, segun hemos podido ver en las obras citadas en la nota precedente; y el aparato que estamos describiendo concuerda en todas sus partes, prescindiendo de algun insignificante detalle, con los empleados en Mont-Cenis. (Véase el Apéndice núm. 13)

co en el cual penetra la pieza NN', y lleva una serie de dientes $n' n' n'$, que engranan con los de la primera cuando ambas ruedas están á la distancia conveniente.

5.º El anillo interior ó rueda dentada NN', y el anillo M, están unidos por una lengüeta circular mm , de suerte que el movimiento de rotacion de la pieza N no se trasmite al anillo M, y por el contrario, todo movimiento longitudinal de una de estas piezas produce un movimiento idéntico en la otra.

6.º Finalmente, el movimiento de rotacion del tubo AA' se trasmite á la pieza N, en vez de transmitirse á la rueda FF' como en el caso anterior, por medio de una lengüeta ll' , que va unida á dicho tubo, y que penetra en el macizo de la rueda NN'.

Veamos ahora como, en un perforador construido segun acabamos de explicar, se regularizaria el trabajo del útil, y como la distancia D (pág. 76) permaneceria constante; y para que se comprenda mejor el juego del aparato, imaginemos que se completa la fig. 53, con todas las piezas de la fig. 22, que no están representadas en dicha fig. 53, exceptuando las que han sido suprimidas ó modificadas segun acabamos de explicar.

Figuras 52 y 53. Para fijar las ideás supondrémos que las diferentes piezas del perforador ocupan las posiciones siguientes:

1.º La palanca $aa' a''$ se apoya contra los dientes g'' de las barras dentadas laterales GG, G' G'.

2.º El punto a y el anillo M permanecen por lo tanto fijos: en efecto, apoyándose la palanca $aa' a''$ contra el punto fijo g'' , todo movimiento de avance queda destruido, y por otra parte fácil sería impedir todo movimiento de retroceso, ya por una disposicion sencillísima, que no indicamos por no complicar la figura, ya haciendo que el extremo de la izquierda del resorte R no estuviera unido al reborde L del tubo AA', ya finalmente por la misma tension del resorte, el cual apoyándose en L, oprime al anillo M de izquierda á derecha. De aquí se deduce que ni el anillo M ni la rueda NN' podrán retroceder tampoco.

3.º Los dientes nnn engranan en toda su profundidad con los $n'n'n'$ de la rueda FF'.

Ahora bien, la amplitud de las oscilaciones de la barrena estará determinada en parte por la posición del cilindro, y además por la mayor ó menor elasticidad del resorte R: cuando el émbolo avance en sentido del barreno, el resorte se acortará, dulcificando algo el choque del útil contra la roca, y por el contrario, cuando el émbolo retroceda, se dilatará en virtud de su fuerza elástica, toda vez que el reborde L se aleja del anillo fijo M y cesa de oponerse á este movimiento.

Mientras el émbolo oscila, la varilla dd' de la rueda DD' comunica al tubo AA' y á la rueda N, por la lengüeta ll' , un movimiento de rotación: dicha rueda NN' , cuyos dientes engranan con los interiores de la rueda FF' , hace girar á esta última, la que á su vez por su engrane con las barras $GG, G'G'$, avanza longitudinalmente, y hace avanzar al cilindro CC' . Mas supongamos que la roca es tan dura, que el barreno penetra con menor velocidad, que la correspondiente al movimiento del cilindro: en tal caso el tubo AA' adelantará lentamente; la cuña H no alcanzará al tope H' ; la palanca aa' permanecerá apoyándose constantemente contra el diente g'' ; el anillo M no se moverá de su posición inicial; tampoco avanzará la rueda N; y como por otra parte, la rueda FF' y el cilindro CC' continúan avanzando, llegará un momento en que los dientes nnn de la rueda NN' dejarán de engranar con los $n'n'n'$ de la FF' , y no comunicará por lo tanto aquella á esta última el movimiento de rotación de que está animada.

Desde este instante la rueda FF' y el cilindro cesarán de avanzar, y dure poco ó mucho el trabajo, avance ó no el útil, tárdese una, dos ó mas horas en adelantar una sola línea, el cilindro permanecerá, durante todo este tiempo, en la misma posición. Mas cuando al fin ceda la roca, y avancen la barrena y el tubo AA' , la cuña H se apoyará sobre el tope H' , desengalgará la palanca $aa'a''$, y no estando ya sostenido el anillo M, obedecerá á la tensión del resorte, y oprimirá á la rueda NN' hasta hacer que los dientes n, n, n , engranen con los del tornillo FF' . Si suponemos que la profundidad de los dientes $n, n—n'$, es igual al intervalo entre los dientes gg'' , es claro que en

esta segunda posición el extremo a'' se apoyará en el diente g'' de las barras $G G, G' G'$, y comenzará un periodo de movimiento idéntico al que acabamos de explicar.

Cuanto menos dura sea la roca, tanto menor será el tiempo que permanezca la palanca apoyándose contra un mismo diente, y lo contrario puede decirse si la resistencia de la roca aumenta.

Si la dureza del terreno fuese homogénea, y la velocidad del cilindro igual á la del barrero, en el mismo instante en que los dientes n, n, n abandonasen á los $n' n' n'$ se desgargaría la palanca, volverían á engranar las ruedas $N N', F F'$, y por lo tanto el cilindro $C C'$ no cesaría de avanzar con movimiento uniforme.

Así como hemos presentado esta disposición, que en nuestro juicio es una de las más sencillas que pueden imaginarse, hubieramos podido presentar otras varias; mas creemos que basta lo dicho para que se comprenda el principio fundamental del perforador de Mr. Sommeilleur.

QUINTA CONDICION: MODO DE EVITAR LOS CHOQUES.

La elasticidad del aire y la del resorte R evitan en cierto modo los choques, y dan dulzura y regularidad á las oscilaciones de la barrena.

SESTA CONDICION: MOVIMIENTO DE RETROCESO DEL APARATO.

Veamos ahora cómo se consigue, que en un instante cualquiera cambie el sentido del movimiento longitudinal del mecanismo, á fin de que retrocediendo el tubo AA' , y saliendo el útil del agujero del barrero, se pueda sustituir por otro sin impedir ni dificultar el trabajo de los demás perforadores; mas es preciso que antes expliquemos, cómo se comunica á la rueda $D D'$ el movimiento de rotación, que á su vez ha de transmitir dicha rueda al resto del mecanismo.

La figura 34 indica la disposicion que se ha adoptado para conseguir este objeto.

Las piezas DD' ; dd' ; L ; AA' ; R ; M ; a a' ; NN' ; FF' y CC' , son idénticas á las de las figuras 33 y 32; qq' es un eje horizontal, situado en el plano vertical del eje AA' , y que está compuesto de dos partes, qP , y Pq' : la primera cilíndrica, la segunda de seccion rectangular, y probablemente esta última penetrará en el interior de la primera, de suerte que ambas giren á la vez, pero que la segunda pueda avanzar longitudinalmente sin que la primera participe de este movimiento. (Véase el Apéndice, núm. 15.)

Sobre dicho eje qq' van montadas dos piezas, á saber: 1.ª, una rueda dentada Q' , que puede moverse lateralmente, y pasar de la posicion Q' á la posicion Q : 2.ª, una rueda ó escéntrico P que lleva dos palancas proyectadas en pp' . Esta última forma cuerpo con el eje y corresponde á la rueda DD' , entre cuyos dientes caen las dos palancas pp' .

Finalmente, en prolongacion del eje de la rueda DD' , hay montada una rueda S que engrana con la rueda superior Q' , cuando esta ocupa la posicion Q .

La figura 35 representa la proyeccion vertical, en un plano de perfil, de las ruedas DD' , Q , S , P y de las palancas pp' , tt' , que van unidas al escéntrico P .

Veamos ahora como funcionan estos diferentes elementos del aparato.

Supongamos que la rueda Q ocupa la posicion Q' , fig. 34, y que las palancas pp' , tt' , figura 55, se apoyan sobre los dientes ZZ' de la rueda DD' : si se comunica al eje qq' un movimiento de rotacion, en el sentido que indica la flecha f , el escéntrico P girará al rededor de dicho eje q ; las palancas pp' y tt' oprimirán á los dientes Z , Z' de la rueda DD' , y comunicarán á dicha rueda un movimiento de rotacion en el sentido que indica la flecha f' : cuando la rueda inferior gire un ángulo correspondiente á la distancia de dos dientes, la palanca pp' abandonará al diente Z , y entre tanto la palanca tt' pasará del diente Z' al Z'' : asi se repetirá indefinidamente esta opera-

cion. Debemos observar que la palanca $t t'$ sostiene á la rueda $D D'$ en cada una de sus posiciones, mientras la $p p'$ pasa de un diente á otro, y recíprocamente. (Apéndice núm. 15.)

Comprendido el principio en que se funda este sistema de trasmision, fácil seria determinar en cada caso la longitud de las palancas, la relacion de las velocidades angulares del escéntrico y de la rueda $D D'$, y los demas elementos del sistema: debemos sin embargo observar, que por cada 180 grados que gire el escéntrico, solo girará una pequeña cantidad la rueda $D D'$; circunstancia que debe notarse muy particularmente, por razones que indicaremos mas adelante, al ocuparnos de la caja de distribucion de aire comprimido.

Fácil es tambien comprender la disposicion que debe darse al escéntrico para que el juego de las palancas corresponda á lo anteriormente espuesto, pero no entraremos en estos detalles por que no tienen gran importancia para nuestro objeto principal.

Tal es el sistema empleado para trasmitir la rotacion del eje $q q'$ al eje del perforador $A A'$: veamos ahora, como sin cambiar el sentido de la rotacion del eje superior, se puede hacer que retroceda la barrena.

Basta para ello ejecutar dos operaciones sumamente sencillas, y que con la mayor rapidez, y sin detener la marcha general de los perforadores, se efectuan: 1.º levantar la palanca $p p'$, hacerla girar sobre el escéntrico, y dejarla caer sobre la palanca $t t'$, segun en la fig. 35^{bis} se indica; 2.º traer la rueda Q' , figura 34, á la posicion Q , de modo que engrane con la rueda S .

Hecho esto, es claro que continuando el eje q su movimiento de rotacion general, segun indica la flecha f' , fig. 35^{bis}, el sentido en que gira la rueda S será el que indica la flecha f , y la rotacion de la rueda DD' , del eje $d d'$, fig. 34, y del eje $A A'$ cambiará de sentido, con lo cual el útil B retrocederá y saldrá del agujero del barreno.

Expuestas las diferentes disposiciones adoptadas para realizar los principios generales á que debe satisfacer todo perfo-

:

rador, solo nos resta para completar la descripción del perforador de Mr. Sommeilleur, ocuparnos de dos puntos esenciales, á saber: 1.º caja de distribución del aire comprimido: 2.º movimiento de rotación del eje $q q'$ (fig. 54.)

CAJA DE DISTRIBUCION DE AIRE COMPRIMIDO, Y SISTEMA DE DISTRIBUCION.

En la figura 56 está representada la caja de aire comprimido, la varilla de la corredera, y el sistema de distribución. En cuanto á las diferentes partes del mecanismo representadas por las letras A A', C C', L, R, M, N N', F F', y $q q'$ nada tenemos que agregar á lo que ya hemos dicho anteriormente; solo debemos hacernos cargo de dos nuevos elementos: la caja de distribución K' K', y la rueda T T'.

La caja K' K' está unida al cilindro CC', y recibe y distribuye convenientemente el aire, por medio de la corredera: la varilla de esta k' k' sale por uno de los costados de la caja, y se prolonga hasta la rueda T T'.

Dicha rueda está montada sobre el eje $q q'$, y su espesor en sentido paralelo á este eje es desigual, segun indica la figura: cuando dicha rueda ocupa la posición TT', la varilla k' k' avanza hacia la izquierda, y por el contrario cuando pasa á la posición t t' retrocede hacia la derecha, y de este modo comunica á la corredera un movimiento alternativo rectilíneo, mediante el cual se arregla la entrada del aire comprimido en el cilindro, por uno de los métodos conocidos, y que por lo tanto es inútil que nos detengamos en describir. (Véase el Apéndice núm. 14.)

Como á una oscilación del émbolo corresponde una escursión de la corredera, es evidente, que mientras dicha oscilación se verifique, ha de dar una vuelta la rueda TT' y el eje $q q'$; mas por otra parte, en cada oscilación del émbolo el camino que avanza el útil es sumamente pequeño, y muy pequeño debe ser por lo tanto el camino recorrido por el cilindro y por la pieza FF'; ahora bien, para que esta rueda avance un pequeño espacio, es forzoso que el ángulo descrito por el eje A A' y por la rueda D

D' sea tambien bastante pequeño, y por esta razon digimos anteriormente, que á una vuelta completa de la rueda P correspondia, en la rueda DD', solo la cantidad angular medida por la distancia entre dos dientes; cantidad que será en general de cortas dimensiones.

MOVIMIENTO DE ROTACION DEL EJE $q q'$.

Se comunica fácilmente un movimiento de rotacion al eje $q q'$, y á las tres ruedas Q, P y T T', que van montadas sobre él (fig. 34), por medio de una pequeña máquina de aire comprimido, que se apoya sobre el mismo bastidor en que descansa el resto del aparato, y por medio de un engranage de ángulo.

Veamos ahora cómo se agrupan los diferentes elementos que hemos descrito en los páginas precedentes.

DESCRIPCION GENERAL DE LOS PERFORADORES.

La figura 37 representa la proyeccion horizontal de un perforador.

O G G G' G' representa el bastidor sobre el cual se apoyan las diversas partes del mecanismo.

O Es una argolla en que entra una pieza del carro que sostiene y conduce los perforadores hasta la roca.

$x x.$. .)
 $x' x'.$. .) Pequeños muñones que se apoyan en diferentes puntos
 $x'' x''.$. .)
 $x''' x'''.$. .)
 fijos del carro de los perforadores.

BB' Util ó barrena.

CC' Cilindro en que entra el aire comprimido.

K'K' Caja de distribucion.

k'k' Varilla de la corredera y guias de la varilla.

T Rueda para la distribucion.

FF' Rueda de dientes helizoidales.

NN' Rueda para el movimiento longitudinal del cilindro.

M Anillo á que va unida la palanca $a a' a''$, que no se ha

- representado de puntos por no complicar la figura.
- R Resorte.
- AA' Eje ó tubo en que va montado el émbolo.
- L Reborde del eje AA'.
- dd' Varilla que trasmite el movimiento de rotacion al eje AA'.
- DD' Rueda que trasmite el movimiento de rotacion á la varilla dd'.
- qq' Eje, paralelo al AA', que sirve para la distribucion del aire, y para comunicar á la rueda DD' un movimiento de rotacion.
- P Escéntrico.
- pp' } Palancas que transmiten la rotacion del eje qq' á la rueda DD'.
- t t' }
- rr' Resorte giratorio al rededor del punto r, y que apoya la palanca pp' contra la rueda DD'. Para comunicar al sistema un movimiento de retroceso, la primera operacion que debe hacerse consiste en colocar dicho resorte en la posicion que está figurada de puntos en el dibujo.
- S Rueda montada sobre el mismo eje que la DD', y que sirve para el movimiento de retroceso.
- Q Rueda montada sobre el eje qq', y que puede deslizar á lo largo de dicho eje hasta engranar con la rueda S: se emplea para el movimiento de retroceso del sistema.
- Las diferentes piezas situadas en el extremo O del bastidor, constituyen una pequeña máquina de aire comprimido, que comunica al eje qq' un movimiento de rotacion.
- cc' Cilindro de aire comprimido.
- bb' Caja de distribucion.
- e Escéntrico para la distribucion del aire comprimido.
- jj' Eje motor.
- E Engranage de ángulo.
- X Volante.
- GG, G'G' Barras dentadas: con los dientes laterales engrana la rueda FF', y sobre los dientes inferiores (que no se ven en la figura) se apoyan las palancas a' a".

VV' Tubo que conduce el aire comprimido á las cajas de distribución $b b'$ y $K' K'$.

No se han representado en la figura, por no complicarla, ninguna de las piezas siguientes:

La palanca $aa' a''$ (fig. 32.)

La cuña H y el resorte de la palanca aa' .

Los dientes inferiores de las barras G G, G' G'.

La pequeña palanca $t t'$ de la figura 35.

Los detalles del escéntrico P.

La lengüeta de la rueda NN'.

Los dientes interiores de la rueda FF'.

El interior de la caja de distribución.

Y finalmente, el émbolo. (Véase el Apéndice, núm. 15.)

De lo dicho resulta que el aire comprimido obra como fuerza motriz en dos puntos del aparato: en el cilindro CC', y en el pequeño cilindro $c c'$: en el primero para ejecutar el trabajo de perforacion; en el segundo se utiliza: 1.º, para la distribución del aire en el cilindro $c c'$; 2.º, para comunicar al sistema los dos movimientos de rotacion. La combinacion, por decirlo así, de estas dos fuerzas regulariza la marcha del aparato.

DIMENSIONES Y PESO DE LOS PERFORADORES.

En el cortísimo tiempo de que pudimos disponer para ver los perforadores, nos fué imposible apreciar á la vista, y retener de memoria, las dimensiones aproximadas de sus diferentes elementos, y ni pudimos adquirir estos datos, ni los relativos al peso del aparato; no obstante, de la nota de Mr. Minotto que ya hemos citado en otra ocasion, (debemos advertir que no hay en dicha nota una sola palabra respecto al mecanismo de los perforadores), sacamos las siguientes noticias.

El peso de cada uno de los perforadores que primitivamente se ensayaron era de 340 kilogramos; pero, introduciendo algunas ligeras modificaciones, se esperaba reducir esta cifra á 250 kilogramos. Sin embargo, creemos que los perforadores últimamente construidos son mucho mas ligeros, y que por lo

tanto su peso no llegará al que espresa la cifra precedente.

En cuanto á las dimensiones generales del aparato, distinguiremos dos partes: 1.ª la parte fija de la izquierda (véase la fig. 57), en la que está situada la máquina auxiliar de aire comprimido: 2.ª la parte móvil de la derecha, en la cual se hallan las diferentes ruedas y piezas del perforador.

La segunda parte ocupa un paralelepípedo cuya longitud es de 2,10; su ancho 0,25; y su altura 0,40.

La longitud total del aparato será de 2^m,85, el ancho general 0,25 y la altura máxima 0,40. (Véase el Apéndice n.º 15).

Carro de los perforadores.

A fin de practicar á la vez un número considerable de barrenos en el fondo del túnel, y de que estallando todos al mismo tiempo, el efecto sea suficientemente enérgico, es forzoso colocar delante de la roca, á distintas alturas, y en diferentes líneas, una série de perforadores, iguales al que hemos descrito en el capítulo precedente, cuyo trabajo simultáneo prepare un gran número de agujeros en un corto período de tiempo, que será de unos catorce ó quince minutos, segun de las esperiencias hechas se deduce.

Para ello es indispensable disponer un mecanismo sobre el cual se apoyen los aparatos, y que satisfaga á las siguientes condiciones:

1.ª *condicion.* Que ofrezca un apoyo firme y estable á los aparatos perforadores.

2.ª *condicion.* Que permita colocar cada uno de dichos perforadores en la posicion conveniente, y con la inclinacion que se desée dar á los agujeros de los barrenos.

3.ª *condicion.* Que tenga un movimiento de avance, tan lento como sea necesario, para colocar los perforadores á la distancia conveniente de la roca.

4.ª *condicion.* Que terminada que sea la operacion, pueda trasladarse fácilmente á gran distancia del fondo de la galería, á

fin de que no alcancen á los aparatos las piedras que saltan en la explosion de los barrenos.

A todas estas condiciones satisface cumplidamente el siguiente mecanismo, que hemos designado con el nombre de *Carro* de los perforadores.

El aparato considerado en su conjunto es una armadura, (fig. 58) en figura de paralelepípedo, formada de varias piezas ó barras de hierro, insiendiendo el conjunto sobre cuatro ruedas R, R', R'', R''' , montadas sobre dos ejes $EE, E'E'$: dichas ruedas se apoyan sobre el carril central del túnel $FF, F'F'$, y por lo tanto el sistema puede avanzar ó retroceder fácilmente, para lo cual puede emplearse como fuerza motriz el aire comprimido.

La parte esencial del aparato son cuatro montantes ó barras dentadas $AB, A'B', A''B'', A'''B'''$: sobre los dientes de cada dos montantes se apoyan diversos ejes ó barras cilíndricas $CD, C'D'$, que se sujetan sólidamente á dichos dientes, como indicaremos en breve; por último, sobre estos ejes, y por medio de dos pequeñas armaduras $abcde, a'b'c'$, se ajustan y colocan cada uno de los perforadores en la posición conveniente: la figura 58 indica esta disposición, y en ella se ha representado el bastidor $GG'G''G'''$ de un perforador.

Claro es que un aparato de esta especie cumple con las cuatro condiciones que acabamos de establecer: y en efecto, respecto á la primera condición, es evidente que el peso del aparato, y el de los 15 ó 16 perforadores que sostendrá, (Véase el Apéndice núm. 17), es bastante considerable para que las reacciones producidas por los choques de las barrenas no le hagan retroceder; pero sin embargo, por si aún quedára alguna duda sobre este punto, se ha establecido en uno de los costados una especie de freno P , puesto en movimiento por una pequeña manivela n .

Por medio de dicha manivela y de un tornillo, se hace que cargue el peso del perforador sobre una especie de zapata inferior, y de este modo, todo movimiento es ya imposible; pues sería preciso para que el carro caminase en uno ú otro sentido, que las reacciones de los choques contra la roca venciesen, no

ya al rozamiento de rodadura de las ruedas RR' , sino al rozamiento que en P se establezca al resvalar el mecanismo sobre los carriles.

En cuanto á la segunda condicion, se ve desde luego que pudiendo colocarse cada uno de los ejes $CD, C'D'$, á diferentes alturas, y pudiendo asimismo establecerse las armaduras $abcde, a'b'c'$, en diferentes puntos de dichos ejes, las barrenas podrán tomar todas las inclinaciones que se juzgue necesario darles.

Debe notarse ademas: 1.º que las dos partes, $abc, db e$, de la armadura $abcde$, están unidas de tal modo que pueden girar al rededor del eje xx , de suerte que los planos $abc, db e$, pueden formar diferentes ángulos: 2.º que ambas armaduras $abcde, a'b'c'$ pueden girar al rededor de los ejes $CD, C'D'$. Estos pequeños movimientos facilitan el establecimiento de cada perforador en la posicion conveniente.

La fig. 39 indica la posicion que deberá darse á los ejes C, C', C'', C''' y á las armaduras $CE, C'E', C''E'', C'''E'''$, para que el barreno tenga la inclinacion ab ó la $a'b'$.

Tal vez la union en C y en C' de los ejes y de las armaduras no sea bastante sólida, y giren estas últimas al rededor de los ejes proyectados en C, C' ; pero fácil será, dado caso que esto tenga lugar, corregir este defecto.

La fig. 40 representa la posicion que debe darse á las armaduras $abcd, a'b'c'$ sobre los ejes $CD, C'D'$ para que el barreno xx se incline á uno ú otro lado, en proyeccion horizontal.

Sin embargo, en el caso en que deban colocarse á la vez muchos perforadores sobre el carro ó armadura que los sostiene, si se quisiera dar inclinaciones diversas y encontradas á los ejes de los barrenos, sería forzoso disminuir el número de los aparatos, y este inconveniente será tanto mayor cuanto mas pronunciada sea la inclinacion del barreno.

Para satisfacer á la tercera condicion lleva el carro, fig. 58, un sistema de ruedas dentadas R'', R''', R'''' , puestas en movimiento por una manivela m , las que por medio de otra rueda de engranage R'' , montada sobre el mismo eje que el par de ruedas $R' R'$, comunica á dicho eje un movimiento de rotacion

tan lento como se juzgue necesario, y que por el rozamiento de dichas ruedas $R'R'$ con los carriles $F'F'$, FF , se convierte en movimiento longitudinal. De este modo se puede comunicar al sistema propuesto, pequeños movimientos de avance ó de retroceso, y colocar á los perforadores á la distancia conveniente de la roca.

Por último, es claro que arrastrando todo el sistema sobre el carril FF , $F'F'$ se puede cumplir con la cuarta condicion.

Para completar la esplicacion del mecanismo que estamos describiendo, indicaremos los detalles de varios de los elementos que le constituyen.

La figura 41 representa una de las armaduras en que se apoyan los perforadores.

CD representa el eje ó la barra cilíndrica que hemos designado por las mismas letras en la fig. 58.

a }
 c } son dos anillos que abarcan dicho eje CD .

a' }
 c' } dos tornillos de presion.

b la union ó el eje que une las dos partes abc , dbe , de la armadura.

d }
 e } dos anillos que abrazan los ejes de los perforadores.

d' }
 e' } dos tornillos de presion.

La figura 42 representa la armadura en que se apoya el extremo O del perforador (fig. 37.)

a y c . . . } representan dos anillos ó abrazaderas como las de a' y c' . . . } la figura 41.

bb' es el eje que entra en la argolla del perforador.

La figura 43 representa las proyecciones de la union de la barra cilíndrica CD , figura 58, con uno de los montantes.

C } es la barra cilíndrica ó eje en que se apoyan las ar-
 $C'D'$ } maduras.

AB }
 A' } es un montante del carro de los perforadores.

:

$m n p$ }
 $m' m' p'$ } la pieza de union.
 $r.$ } una cuña de presion. Pudiera sustituirse dicha cuña
 $r'.$ } por un tornillo $t t'$.

Depósitos de agua. Forma parte integrante del sistema anteriormente descrito otro segundo carro, fig. 38, análogo al de los perforadores, y que sostiene tres calderas ó depósitos de agua $V V' V''$. A la parte superior de dichas calderas se une un tubo que comunica con el de aire comprimido, y á la parte inferior otro tubo cuyo objeto es dirigir á los agujeros de los barrenos una corriente de agua fria. El aire de la parte superior de las calderas oprime enérgicamente la superficie del líquido, y de este modo, sale una corriente de agua animada de una gran velocidad, que choca contra los agujeros que abren las barrenas, arrastra los detritus, limpia la parte perforada, y al propio tiempo refresca constantemente los útiles.

Personal necesario para el servicio de los perforadores.

La sencillez de todos los mecanismos descritos, y lo fácil y expedito de sus movimientos, hacen innecesario un personal numeroso. Se calcula, pues, que bastarán

4 hombres para el servicio de los carros que sostienen los útiles,
 y 2 maquinistas para dirigir el trabajo de los perforadores. (Véase el Apéndice, núm. 17.)

EFFECTO ÚTIL DE LOS PERFORADORES.

La ventaja capital de los aparatos de perforacion anteriormente descritos, consiste en el gran impulso que dan á los trabajos, y en la rapidez con que por lo tanto se consigue que avance el subterráneo.

Digimos ya, al comenzar esta Memoria, que por los procedimientos ordinarios hubiera sido preciso emplear 36 ó 38 años para la terminacion del túnel; que á reducir este largo plazo á otro mas corto, y que mas en los límites de lo hacedero se hallase, se habian dirigido los esfuerzos de los Ingenieros; y que

han creído conseguir tal objeto, con la invencion de los aparatos cuya descripcion hemos dado en las páginas precedentes.

Se han hecho, en efecto, algunas esperiencias preparatorias, y los resultados, segun las noticias que hemos recogido, y los datos que hemos tenido á la vista al redactar este escrito, han sido en extremo satisfactorios.

Empotrando bloques de mármol en el suelo, y colocando el perforador á una distancia conveniente, no solo el trabajo marchaba con gran rapidez, sino que la vibracion producida en la roca, por los repetidos y fuertes golpes de la barrena, era á veces tan grande, que el bloque se hacia pedazos y saltaba de su empotramiento.

En un cuarto de hora, y trabajando contra piedras calizas duras y resistentes, practicaba el perforador mecánico agujeros de 0,^m735 de profundidad, mientras que dos hombres no hubieran perforado durante el mismo tiempo mas que un barreno de 0,^m047. Así, pues, se reduce el tiempo necesario para la perforacion á $\frac{1}{15}$ del que en la última hipótesis hubiera sido necesario emplear.

Sustituyendo á la caliza, *sienita*, piedra extraordinariamente dura, el perforador mecánico practicaba en 15 minutos un agujero de 0,402 metros de profundidad, al paso que en el mismo tiempo solo 0,022 metros hubieran podido abrir dos mineros. La ventaja era pues mayor que en el caso precedente; el tiempo empleado en la perforacion se reducía á $\frac{1}{22}$ del que sin el auxilio del perforador mecánico se hubiera empleado.

Por lo tanto, aun contando con alguna interrupcion en el trabajo, por rotura de útiles, cambio de los perforadores, tiempo empleado en poner la máquina en la posicion mas conveniente etc., siempre se economizan las $\frac{9}{10}$ partes del tiempo que los procedimientos ordinarios exigirían.

Verdad es que no es esta la única operacion que el empleo de los barrenos supone, y que aún restan otras varias, como son la carga y atacadura, la voladura, y la extraccion de escombros; pero calculando que el tiempo empleado en la aper-

tura del barreno, es una fracción considerable del tiempo total, todavía se obtiene una gran ventaja por el uso de los perforadores.

Supongamos que la apertura del barreno comprende las tres cuartas partes del tiempo total; es claro, que con la aplicación de los perforadores, se reduce casi á una cuarta parte este tiempo; y si por los procedimientos ordinarios se hubieran empleado 34 años en la apertura del túnel, el empleo de los nuevos aparatos reduce dicho periodo á ocho años y medio, con lo cual el proyecto pasa de la esfera de las obras racionalmente imposibles, al de una empresa difícil y larga, es cierto, pero que puede emprenderse con fundadas esperanzas de un buen éxito.

Debemos aún advertir, que en el discurso ya citado del Sr. Menabrea se habla, aunque de modo vago, de aparatos sumamente ingeniosos para sacar los escombros que resultan de la explosion de los barrenos; pero como ni en nuestra visita á Bardoneche pudimos verlos, ni aquellos á quienes sobre este punto preguntamos pudieron darnos noticia alguna, creemos, que ó se habrá renunciado á este procedimiento, ó no habrán llegado todavía á la obra los mecanismos en cuestion.

Entre otras objeciones que al sistema anterior se han hecho, y de que mas adelante nos ocuparemos, hay una que, aunque de poca importancia, indicaremos en este lugar.

Segun resulta de las experiencias hechas con los perforadores, el trabajo comunicado al útil ó á las barrenas es á lo mas $\frac{1}{14}$ del que virtualmente contenía el aire comprimido, lo cual da para el coeficiente de efecto útil 0,0714; y como por otra parte, el compresor hidráulico solo aprovechaba 0,50 de la caída de agua, en el perforador se aprovechará únicamente $0,5 \times 0,0714 = 0,0357$ del trabajo motor, resultado en extremo desventajoso. Sin embargo, del aire acumulado en las calderas tan solo se utiliza una fracción mínima (667 metros cúbicos á 6 atmósferas), comparada con la que se emplea para la ventilación (14335), y en último resultado, por desventajoso que sea en general el empleo del aire comprimido, su adopción para

el caso presente está, como ya hemos dicho en otras ocasiones, plenamente justificada.

DETALLES SOBRE LOS TRABAJOS PARA LA PERFORACION.

Aun cuando al visitar las obras no estaban montados los compresores hidráulicos, y por lo tanto no funcionaban los aparatos de perforacion, sin embargo, segun se nos dijo, y hemos visto despues comprobado en una nota relativa al Túnel de Mont-Genis, se organizarán los trabajos del modo siguiente.

1.° Se colocarán 17 perforadores sobre el carro descrito en la página 97; de estos 17 perforadores se situarán 10 en la parte inferior y en una línea horizontal, y los 7 restantes á diferentes alturas y en distintas direcciones, segun la forma y los accidentes de la roca.

2.° Se aproximará el carro á la distancia conveniente, y se pondrán en comunicacion los cilindros con el tubo de aire comprimido.

3.° Terminada que sea la apertura de los 17 barrenos, se cambiará la posicion de los 17 perforadores, situando los 10 de la parte inferior en la misma linea horizontal en que se abrieron los primeros, y los otros 7 en las posiciones mas convenientes, segun la disposicion del terreno.

4.° Practicados ya otros 17 agujeros en la roca, se repetirá por tercera vez esta operacion, con lo cual resultarán 30 barrenos en la base del túnel y sobre un plano horizontal, próximamente á la altura del suelo, y 21 barrenos á diferentes alturas de la roca.

5.° Se retirarán los aparatos y se efectuarán las dos operaciones de carga y atacadura.

6.° Por medio de una pila eléctrica se dará fuego á estos 51 barrenos.

7.° Se lanzará la masa de aire comprimido que sea necesaria para purificar la atmósfera.

8.° Se procederá despues á la estraccion de los escombros

por medio de pequeños carros que correrán sobre carriles situados entre los del carro de los perforadores, se regularizará el suelo de la galería, y se prolongarán los carriles centrales.

La fig. 44 indica el frente y un corte de la galería de ataque.

$a b.$	}	Representan los 50 barrenos de la base, y
$a' b'.$		
$c; c' c'.$		
$d; d' d'.$		
$e; e' e'.$	}	Los 21 barrenos practicados á diferentes alturas.
$f; f' f'.$		
$g; g' g'.$		

La explosion de los 51 barrenos destacará de la roca la masa A B C D, cuyas dimensiones vamos á calcular, segun los datos que se suponen en las noticias y notas á que anteriormente nos hemos referido.

Las dimensiones de la seccion transversal son las siguientes: 2,5 de ancho y 2,5 de altura, y de aquí se deduce que su area será $2,5 \times 2,5 = 6,25$ metros cuadrados. Por otra parte la profundidad de los barrenos será 0,60 y por lo tanto el volúmen desmontado por los 51 barrenos, $6,25 \times 0,6 = 3,75$ metros cúbicos. Calculando que para cada voladura de 51 barrenos, con todas las operaciones accesorias, se necesitan próximamente cinco horas,—á saber: una hora para la apertura de los barrenos, otra para la extraccion de escombros, y tres horas para la purificacion del aire y operaciones accesorias,—resulta que en 24 horas se podrá repetir cinco veces la voladura de la roca, y que por lo tanto el avance será de $0,6 \times 5 = 3$ metros por cada extremo del túnel, ó sean seis metros por las dos bocas. En esta hipótesis se necesitarian poco mas de seis años para la terminacion de la obra.

Es casi inútil hacer notar, que el sistema de ataque que acabamos de exponer está sujeto á muchas variaciones, y á modificaciones diversas, segun la experiencia vaya mostrando sus defectos, y aconsejando otro orden mas conveniente.

Solo nos resta, para terminar nuestra tarea, hacernos cargo de las objeciones que se han dirigido contra el sistema de ejecucion adoptado, dejando sin embargo aparte las que al principio de esta memoria examinamos. (Véase el Apéndice, número 18.)