

# TÉCNICA

REVISTA TECNOLÓGICO - INDUSTRIAL

AÑO XLII

MAYO 1919

NÚM. 17

## EL FUNICULAR ELÉCTRICO DE MONTSERRAT-SANT JOAN

LA montaña de Montserrat es de origen terciario; su parte alta corresponde a la época oligocénica, mientras que su parte inferior es de formación eocénica. El plano de separación de estos dos terrenos corresponde a una cornisa o rellano que rodea todas las vertientes orientales y septentrionales de la sierra. Esta cornisa no presenta la misma anchura en todas partes, y precisamente en uno de sus ensanchamientos está construido el Monasterio y Santuario de N.<sup>a</sup> S.<sup>a</sup> de Montserrat. La montaña presenta otra cornisa más alta, separada de la primera por una muralla, que en gran parte de su longitud está cortada a pico. Para salvar la muralla que separa entrambas cornisas, cuyas alturas sobre el nivel del mar son 720 y 970 metros, respectivamente, no había, hasta hace poco, otro medio que valerse de los caminos trazados por los ermitaños en los torrentes que surcan la montaña o bien utilizar el camino de herradura que, dando un gran rodeo, se dirige a la parte alta de la sierra y recorre los lugares en que quedan ruinas de las antiguas ermitas.

Todo esto obligaba a adoptar algún sistema que facilitara la ascensión hasta la parte alta de la sierra; algún medio de locomoción que ahorrara a los turistas el cansancio y la pérdida de tiempo que las visitas a aquella parte de la montaña les reportaba. He aquí porque tantas veces se había estudiado el medio de establecer una vía destinada a unir las dos cornisas mencionadas.

El primer proyecto fué el de construir un funicular aéreo que uniera el Monasterio con el pico conocido, por su forma, con el nombre de Gorro Frigio, y que se levanta en la divisoria de las aguas del torrente de Santa María, que pasa junto al Santuario, y de las que descienden por el lado del Bruch.

En lo alto de aquella roca, apenas accesible, se quería edificar un hotel, que indudablemente hubiera gozado de una posición incomparable.

Posteriormente, el distinguido ingeniero don Julián Fuchs, jefe de explotación del ferrocarril de cremallera de Monistrol a Montserrat, formuló un proyecto de prolongación de la vía de su ferrocarril hasta la ermita y restaurant de Sant Geroni. El trazado de este ferrocarril seguía aproximadamente el camino de herradura por el que circulan las caballerías encargadas del transporte de viajeros de Montserrat a la mencionada ermita, y salvaba las irregularidades que el actual camino presenta, procurando no deteriorar el paisaje. Con este fin, el trazado cruzaba por medio de un túnel la vertiente oriental del Gorro Frigio, porque de hacerse allí una trinchera hubiera perdido mucho aquella conocida hondonada, muy visible desde el Monasterio.

Otro proyecto, digno de ser mencionado, es el que concibió el ilustrado ingeniero de Caminos don Francisco Membrillera, que pretendía unir por un funicular aéreo un punto inmediato a la estación del cremallera con el llano de Tebaida, o sea el que contiene las ermitas de Santa Cruz, Santísima Trinidad, San Benito y San Salvador. El punto de llegada estaba próximo a la ermita de San Benito, y, por lo tanto, en la meseta que domina el Santuario.

Otro proyecto es el debido a nuestro compañero don Ramón Soler y Vilabella, que ideó un funicular aéreo que uniera el pequeño Santuario de Santa Cecilia con un punto situado en las cercanías de Sant Geroni.

Por fin, el proyecto que se ha ejecutado fué debido a la iniciativa de mi distinguido amigo el abogado don José Rogent, que, en una de sus frecuen-

tes visitas a Montserrat, tuvo la idea de construir un funicular apoyado, que uniera las proximidades del Monasterio con la carena de la montaña en la parte cercana a las ermitas que forman el grupo de Tebas, y en una de las cuales, la de Sant Joan, está instalado un restaurant muy pintoresco.

Después de las primeras exploraciones, observó el mencionado señor que el sitio más adecuado para dar paso al funicular era el barranco llamado dels Avellaners, que recorría un camino que circulaba por dentro de un espeso laberinto de ramaje y que conducía al nombrado restaurant de Sant Joan.

Estudiado el proyecto durante la primavera y verano de 1916, se empezaron los trabajos de constitución de la Sociedad que debía encargarse de la realización de la obra.

La Sociedad quedó constituida en 8 de Mayo de 1917, con el nombre de Compañía Anónima de Funiculares y Ascensores, asumiendo la presidencia del Consejo de Administración el Excmo. señor don Pedro G. Maristany, conde de Lavern. El mismo día, el M. R. P. Abad Coadjutor de Montserrat don Antonio M.<sup>a</sup> Marcet, otorgó, en nombre de la

Comunidad benedictina de aquel Monasterio, la concesión correspondiente para llevar a cabo la realización del proyectado ferrocarril.

#### TRAZADO Y PERFIL DE LA VÍA

El barranco dels Avellaners, por el cual circula el funicular, es una estrecha grieta que se abre en las paredes del anfiteatro de acantilados que rodean el Monasterio. La orientación Noreste-Suroeste, que aproximadamente tiene el eje del torrente, y la existencia de un contrafuerte avanzado por la parte Este, hacen que no penetre el sol en la parte honda de la grieta más que durante una parte del año, y aun en este tiempo es de corta duración la presencia de la luz directa de aquel astro en el fondo del barranco. La frondosidad del cauce del torrente es, pues, muy grande, y se destaca mucho porque las paredes de la grieta están desprovistas de vegetación casi por completo, ya que los árboles sólo pueden sostenerse y vivir en las cornisas y rellanos que presentan aquellas murallas. La falta de luz de que he hecho mención produce el ahilamiento de los vegetales, por cuya causa hay en el torrente ejemplares de árboles considerablemente desarrollados en altura.

Todo esto hace ver las dificultades que se presentaron para elegir el eje de la vía que se había de construir. La parte más angosta del torrente tiene escasamente nueve metros de anchura, y era forzoso hacer pasar el eje por un punto que distara lo suficiente de las paredes verticales del barranco. Otro punto obligado era el paso del Vía-Crucis, que era preciso que el funicular no interrumpiera. Por fin, convenía omitir curvas en el trazado, porque el cable sufre mucho en tales alineaciones.

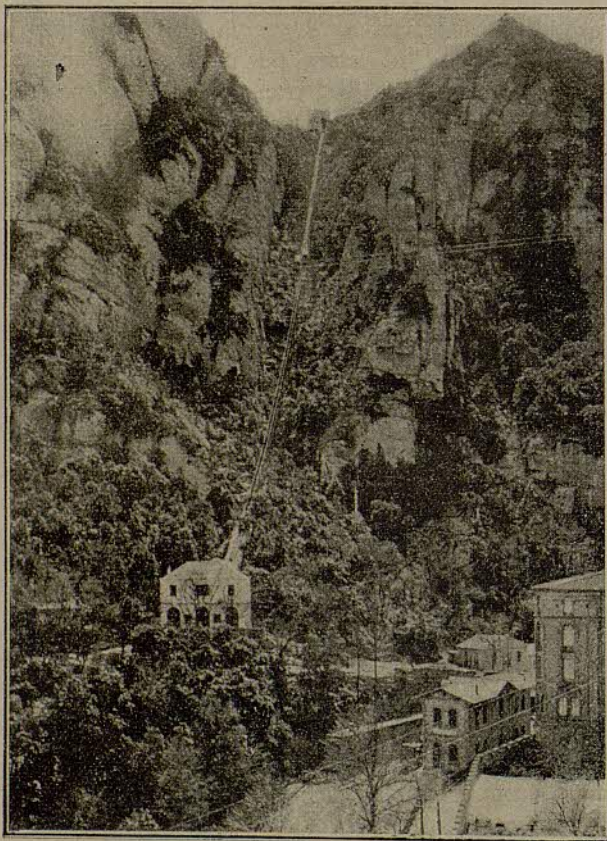
De todas estas consideraciones se desprendió la elección del trazado del ferrocarril.

El funicular arranca con una rampa de 40 por 100; empalma por medio de una curva parabólica esta rampa con la de 66 por 100; y por fin termina con una rampa de 60 por 100. El perfil longitudinal que acompaña da idea clara de la manera de estar dispuestas las distintas rasantes.

El enlace parabólico entre las dos rasantes de 40 y 66 por 100, respectivamente, se trazó por medio de la ecuación:

$$y = n_0 x + \frac{n - n_0}{2 \times l} x^2$$

en la que  $n_0$  y  $n$  son las inclinaciones respectivas de las dos rasantes inicial y final;  $l$  es la longitud



*Vista general del funicular desde el Monasterio*

de la proyección horizontal del arco de parábola que se busca. La magnitud  $l$  se determina sometiéndose a la condición de que la flecha del arco de parábola no sea mayor de lo que permite la tensión del cable.

Substituyendo los valores de  $n_0$  y  $n$  por los de las tangentes de los ángulos de inclinación y el valor de  $l$ , por el que se deduce de una serie de tanteos, se tiene para ecuación de la parábola:

$$y = 0,40 x + \frac{0,60 - 0,40}{2 \times 184} x^2$$

Al proyectar el funicular se tuvo especial cuidado en reducir a un mínimo las causas que pudieran contribuir al destrozo de la vegetación que cubría el cauce del barranco, y para conseguirlo se procuró no dar grande extensión a los desmontes. Y como quiera que en pendientes tan fuertes como las de este funicular no se pueden emplear terraplenes, porque el movimiento mismo de los coches tiende a hacerlos deslizar continuamente, no hacía falta contar con escombros para rellenar los huecos, y esto facilitaba la reducción de desmontes de que hablé más arriba.

Los terraplenes fueron sustituidos por viaductos, de los que ya explicaré más abajo la forma de estar dispuestos.

La longitud de la vía es de 503 metros y el desnivel que salva el funicular pasa de 248 metros. La primera parte del trazado es desmonte, y desde los 36 metros del punto de origen hasta más arriba de la entrada del apartadero, la vía circula sobre un viaducto. Sigue luego una trinchera, que está abierta en la roca y que se extiende hasta el último cambio de rasante; y termina con un viaducto de poca altura que llega hasta la estación superior.

La rasante de 40 por 100 se extiende desde el arranque hasta los 20 metros del origen; la de

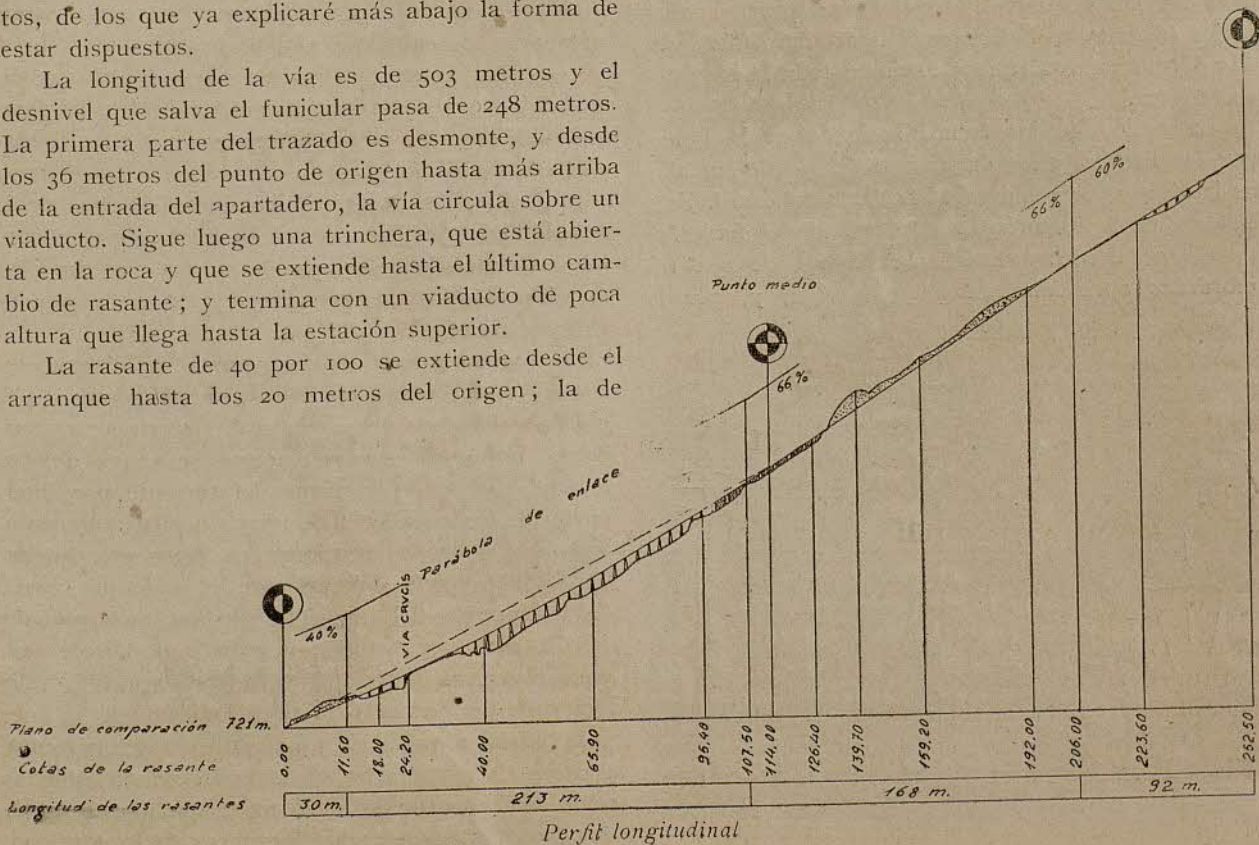
66 por 100 va desde el apartadero hasta las cuatro quintas partes del trazado; y la de 60 por 100 ocupa la quinta parte final. La parte que resta corresponde al enlace parabólico de que he hablado.

La estación superior está a 970 metros sobre el nivel del mar.

#### SISTEMA DE VÍA ADOPTADO

Sabido es que los funiculares, a causa de que el enfrenamiento de los coches se hace por medio de mordazas que se agarran a la vía, han de tener carriles de forma especial. Estos carriles pueden tener perfiles de muy diversas formas, según sea el tipo de frenos que los coches utilicen. En el funicular del Tibidabo y en el de Vallvidrera, el carril es de cabeza cuneiforme (figura I), y el enfrenamiento se produce sobre las caras de la cuña por medio de mordazas que las oprimen lateralmente. La forma de cuña del carril hace que la acción de los frenos sea más enérgica si el coche, (por la misma presión de aquéllos, tiene tendencia a dar vuelta de campana.

En otros funiculares, el de isla de Capri, por ejemplo, el perfil del carril tiene forma de hongo



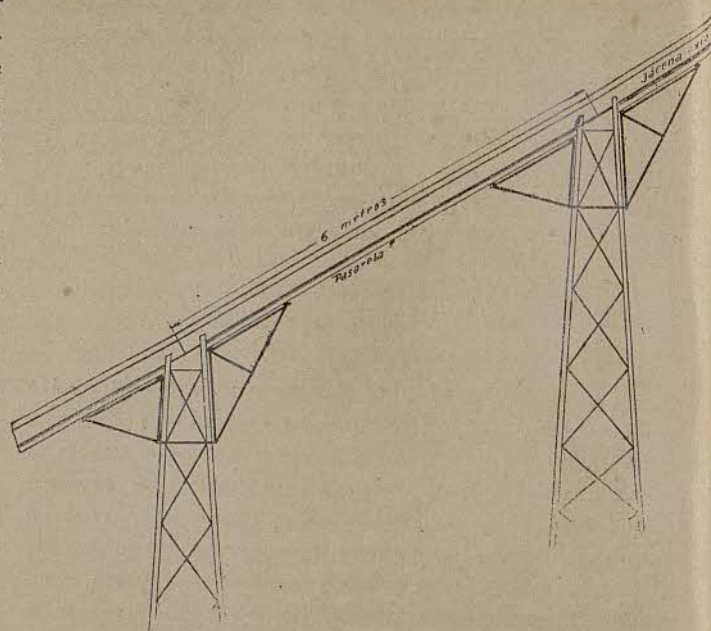
(figura II), actuando los frenos por encima y por debajo de la cabeza del carril por medio de dos mordazas que obran una a cada lado del carril y un tope que lo oprime por su parte superior. La cabeza del carril queda así aprisionada entre el tope y las dos mordazas en el momento en que entran en juego los frenos del carruaje.

En el caso del funicular Montserrat-Sant Joan, no era posible utilizar estos carriles de forma especial, porque no se construyen en España, y, a causa de la guerra, no era tampoco posible procurárselos en el extranjero. Por lo tanto, se tuvo que acudir a la solución de formar un perfil com-

puesto, uniendo una viga doble T de  $\frac{200 \times 62}{6,8 \times 11}$

y un carril de minas de 10 kilogramos por metro, de manera que la base de éste estuviera yuxtapuesta a una de las bases de la primera (figura III). Este conjunto tiene un gran momento de inercia y se presta a emplear los carriles no sólo como a tales, sino también como a largueros en los casos en que la vía está dispuesta en viaducto. Así, pues, teniendo en cuenta que la longitud de los carriles era de seis metros, se adoptó la misma longitud para las jácenas-carril, formando así piezas manejables fácilmente. Salvo en el apartadero, las jácenas de seis metros se emplearon en toda la longitud de la línea.

La acción de los frenos indicada en la figura por las flechas, tiene lugar por debajo de las alas de la viga y por encima de la cabeza del carril. Este sistema de enfrenamiento, análogo al del funicular de Capri, tiene sobre éste la ventaja de que las mordazas aprisionan siempre la viga, y, por lo



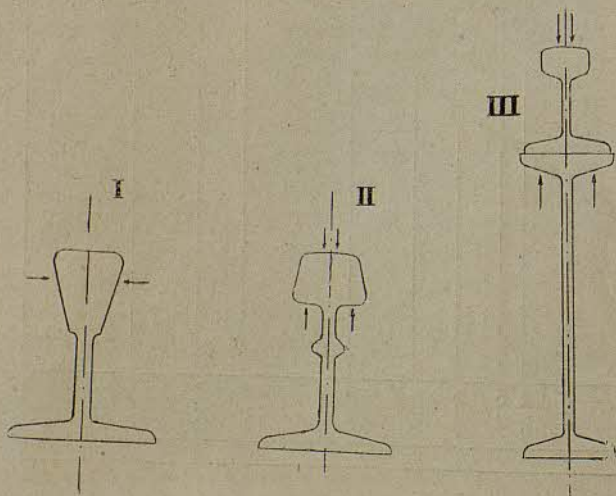
Estructura del viaducto metálico

tanto, es imposible un descarrilamiento del carruaje.

En las secciones en viaducto, los carriles-vigas se apoyan en caballetes o pies derechos de hierro, y en las secciones en que la vía está al ras del suelo, las escuadras que sirven de bridas o eclisas están sujetas por pernos a la roca o a una fundación de mampostería.

En el apartadero y en las inmediaciones de la estación superior, la vía está en forma de viaducto; pero, a causa de su escasa altura, los pies derechos de hierro están allí reemplazados por pilares de mampostería.

En virtud, pues, de la manera de estar construida la vía, no es posible un deslizamiento de la misma a lo largo de su eje en las secciones en viaducto, porque la superestructura se apoya directamente sobre el lecho firme del torrente por intermedio de los caballetes de hierro o pilares de mampostería; y en las secciones en desmonte, porque la vía está sujeta directamente al suelo por medio de los pernos del anclaje. Sólo un inconveniente podría tener este sistema, y sería la acción del sol, que, al elevar la temperatura, provocara la dilatación de la vía; pero la poca longitud de la línea y la pequeña variación que sufre la temperatura, a causa de encontrarse el funicular en un sitio tan poco asoleado, evitaron el tener que poner juntas de libre dilatación en los largueros de la vía.



La anchura de la vía es de 0,80 metros entre las caras internas de los carriles, y ambos carriles-vigas están unidos entre sí por medio de un arriostrado triangular que sustituye las traviesas. Además, hay dos tirantes, porque, como a causa de los frenos no es posible poner los hierros del arriostrado más que en la parte baja de las vigas, éstas podrían tener tendencia a separarse de su posición normal bajo la acción del peso de los carruajes.

Toda la parte metálica de la vía ha sido construida por la casa Torras, Herrería y Construcciones, S. A., de Barcelona.

#### MATERIAL MÓVIL

Está constituido por dos carruajes que pueden contener veinticinco pasajeros cada uno. En los tres departamentos superiores no hay asientos, y sí en el primer departamento inferior. Estos no son de gran utilidad, pues el viaje dura solamente siete minutos.

Los coches están provistos de sus correspondientes trucks o bastidores, construidos con hierros U de 160 milímetros de altura. Sus dimensiones son 6,50 metros de longitud por 1,25 metros de anchura. Además de los dos largueros exteriores, tienen los trucks dos largueros más, que no tienen más que 4,70 metros de longitud, y que están apoyados en dos travesaños que equidistan respectivamente de los extremos del bastidor. Estos largueros intermedios sirven de apoyo a los mecanismos de los frenos y permiten, además, poner cuatro cojinetes a cada uno de los ejes de las ruedas.

Las ruedas, como en todos los funiculares, son de doble pestaña las de un lado y de tambor las del lado opuesto. El objeto de esto es permitir a los coches el paso por el apartadero, cuyos carriles interiores no son continuos, para que puedan pasar el cable y las mordazas de los frenos. Los carriles exteriores sirven cada uno de ellos de guía a uno de los coches, que, por medio de las ruedas de doble pestaña, quedan completamente sujetos. Con este fin, la disposición de los trucks es simétrica en un coche respecto del otro.

Para evitar el caso de que, por fractura del eje de un par de ruedas, pudiera volcar el coche, está provisto el truck, por el lado de las ruedas de tambor, opuesto al de los frenos, de unas patas que, separadas sólo algunos milímetros del plano de la vía, quedarían apoyadas en ella en cuanto aconteciera la avería de que he hecho mención.

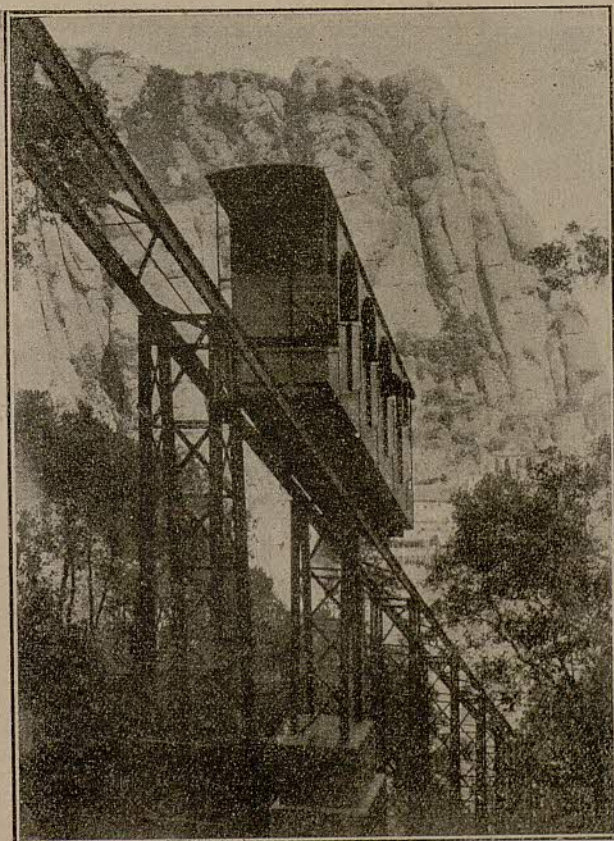
Así, pues, entre los frenos por un lado, que impiden que el coche salga de la vía, y los apoyos del lado opuesto, queda el coche en la imposibilidad de descarrilar ni de volcar, cualquiera que sea la avería que se presente.

Los trucks de los carruajes fueron construidos por la Material para Ferrocarriles y Construcciones, encargándose de la construcción y montaje de los frenos y demás mecanismos anejos a los trucks, la casa Turqui, a cuyo frente está nuestro compañero don Alejandro Fath.

#### FRENOS AUTOMÁTICOS DEL CARRUAJE

Los aparatos de seguridad de los coches están constituidos por frenos que, automáticamente, amordazan el carril cuando falta o disminuye la tensión del cable.

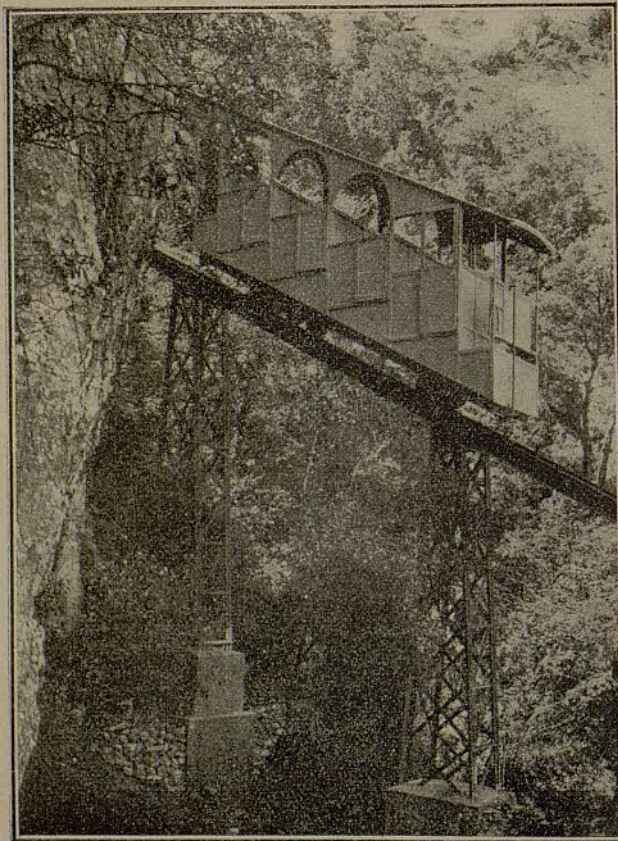
En estos frenos cabe considerar tres partes o mecanismos, que actúan sucesivamente. El primero de ellos es el mecanismo de disparo, que está formado por una palanca angular de brazos desigua-



*El viaducto metálico*

les, en el menor de los cuales está amarrado el cable, apoyándose el brazo mayor en el menor de otra palanca de brazos, también de longitud diferente, que lleva un contrapeso en el extremo opuesto. Este juego de dos palancas tiene por objeto contrarrestar, con un contrapeso relativamente pequeño, el efecto de la tensión del cable. Al disminuir esta tensión, la acción antagonista del contrapeso obliga al eje A B (véase figura) a girar sobre sí mismo, sin que en su movimiento pierdan el contacto el brazo largo de la palanca angular y el pequeño de la palanca del contrapeso. Esto último tiene la ventaja de que evita el molesto inconveniente de que se dispare el freno por una trepidación del carruaje o una pequeña sacudida del cable y de que simplifica la maniobra de levantar los frenos en el caso de que éstos hayan entrado en acción.

Al ponerse en movimiento el eje A B entra en juego el segundo mecanismo, destinado a solidarizar el movimiento del freno con el del eje de las ruedas. Este mecanismo está constituido por una



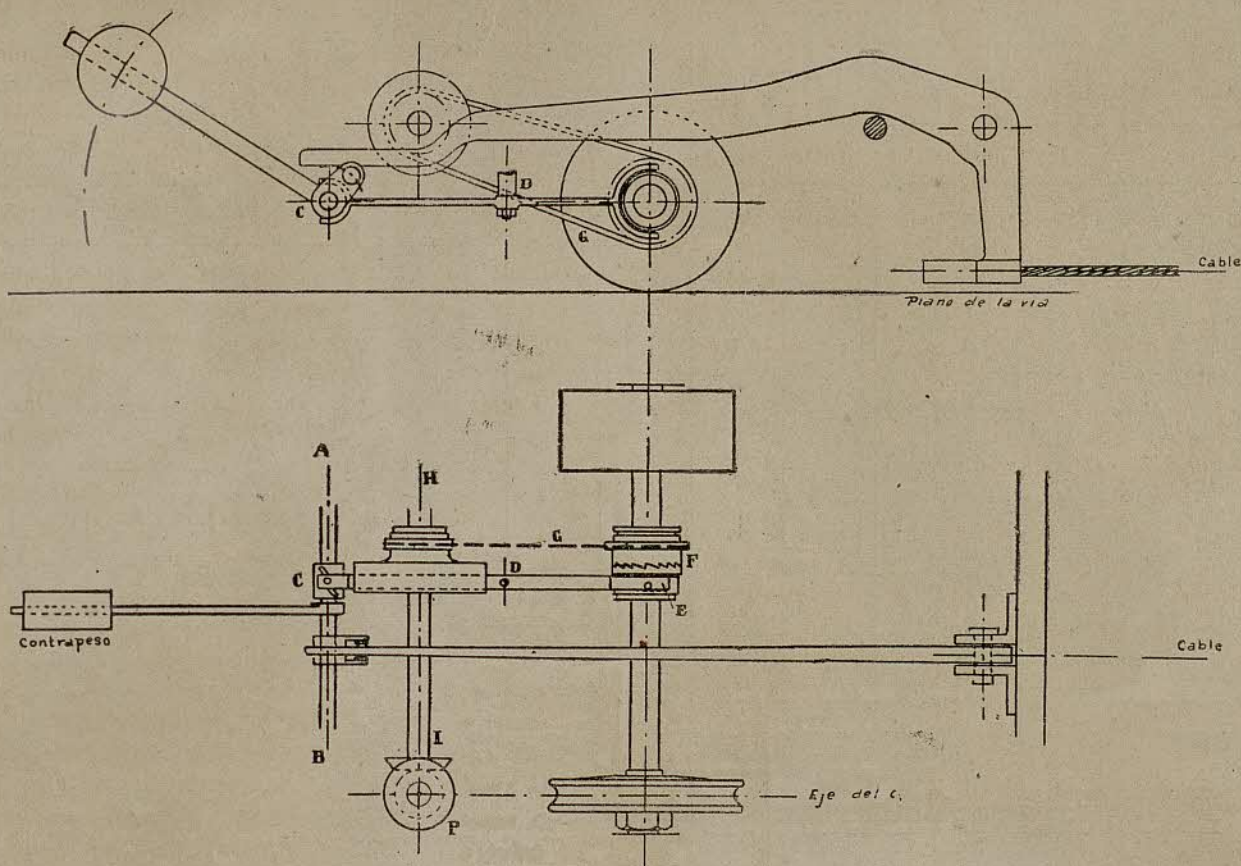
*Una sección del viaducto*

palanca C D E, que presenta una horquilla en cada uno de sus extremos. Una de estas horquillas, C, abraza un ensanchamiento cilíndrico y concéntrico con él, que tiene el eje A B. Este cilindro está provisto de dos ranuras o correderas helicoidales, en las que se apoyan las puntas de la horquilla. Al girar el cilindro, las puntas de la horquilla son arrastradas por las correderas e imprimen movimiento de traslación a la palanca. Esta traslación es suficiente para que el extremo opuesto E de la palanca obligue a una corona de dientes de sierra, F, a la que está unido, a embragar con otra corona, dentada en igual forma, y colocada enfrente de la primera. La primera corona está montada sobre el eje de las ruedas del coche, de modo que pueda deslizarse a lo largo de él guardando siempre la misma posición relativa con el mencionado eje. La segunda corona, también montada sobre el eje de las ruedas, es loca con relación a éste, y forma una sola pieza con una rueda de cadena sin fin, destinada a transmitir el movimiento al freno. Al acoplarse los dos platos o coronas del embrague F, el movimiento de las ruedas del carruaje arrastrará a la rueda y a la cadena sin fin G.

Sin embargo, a causa de la forma misma de los dientes del embrague, el movimiento se transmite en un sentido, pues en el opuesto los dientes resbalan unos sobre otros. Esto está hecho para evitar que pueda quedar frenado el coche cuando sube y que pueda, en consecuencia, sufrir el cable una sacudida brusca, ya que en este caso el cabrestante continuaría todavía funcionando, hasta que el excesivo trabajo realizado por el motor disparara el interruptor automático.

Hecho ya solidario el movimiento de las ruedas con los mecanismos del freno, la cadena sin fin G hace girar el eje H I, que a su vez, por el intermedio de dos piñones cónicos P, pone en rotación un árbol vertical que consta de dos roscas de filete rectangular labradas en sentidos opuestos y colocadas una en cada extremo del árbol. A cada rosca le corresponde una tuerca, de las cuales una está unida a las mordazas que obran por debajo del carril y la otra al tope que actúa por encima. Naturalmente, el movimiento de rotación de las ruedas del coche, al transmitirse al tornillo, cierra los frenos sobre el carril y detiene la marcha del carruaje.

Las mordazas de los frenos están dispuestas en dos pares: uno destinado a oprimir por debajo las alas de la viga, y otro cuya misión es oprimir por encima la cabeza del carril. El primer par está in-



Esquema de los mecanismos de disparo y embrague de los frenos automáticos del carruaje

tercalado entre las otras mordazas, de manera que se sirven mutuamente de guías. Además, cuatro cartélas de palastro, unidas dos a dos por medio de pernos, sirven de guías al conjunto de ambos pares de mandíbulas y de unión entre el freno y el truck. En fin, las mandíbulas están suspendidas del truck por medio de dos resortes de ballesta, que dan al conjunto de las mandíbulas la suficiente holgura para que, si uno de los pares llega al final de su carrera antes que el otro, no se quede éste sin tocar al carril, sino que, cediendo los resortes, siga su camino hasta quedar el carril completamente aprisionado.

Para que el juego de que está dotado el conjunto de las mandíbulas no sea estorbado por el par de piñones cónicos que da movimiento al árbol del tornillo, el piñón montado sobre el eje vertical no está sujeto a él, sino que le permite deslizarse longitudinalmente. El piñón está, a su vez, dotado de un gollote exterior que fija su plano de rotación.

Si la transmisión se efectuara sin nada que amortiguara el choque, el enfrenamiento sería de-

masiado brusco. Con este fin, el árbol H I contiene un acoplamiento elástico L formado por dos discos colocados uno enfrente de otro y provistos de dos sectores cada uno, de tal manera que entre los cuatro sectores no llegan a cubrir toda la circunferencia de los discos. Los espacios libres están en parte ocupados por unas piezas de cuero destinadas a amortiguar el choque.

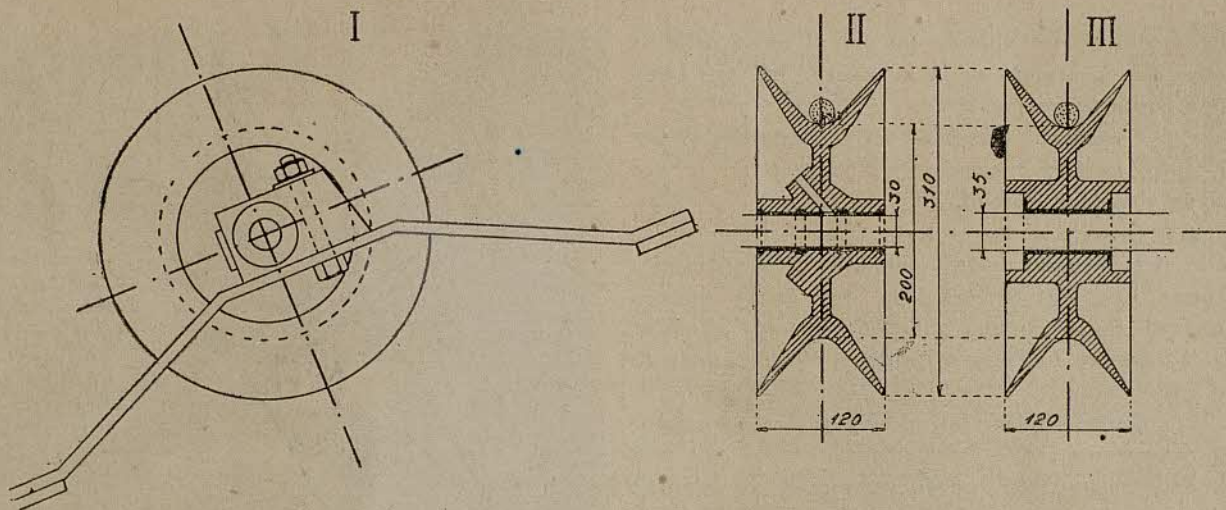
#### FRENOS DE MANO

Las mordazas de los frenos de mano son exactamente iguales que las de los frenos automáticos. Para ponerlas en movimiento se utilizan las manivelas que están colocadas una en cada plataforma. La transmisión se efectúa por medio de un árbol montado a lo largo del truck y unido a las manivelas por medio de juegos de engranaje cónicos, en que la relación de diámetros es diferente para cada uno de los dos pares de ruedas.

El objeto de esta diferencia es hacer que, para frenar en sentido ascendente, se tengan que dar







POLEAS PORTACABLE. I. Vista lateral de una polea recta.  
 II. Corte de una polea recta ordinaria.  
 III. Corte de una polea recta con rodamientos de bolas.

muchas vueltas a la manivela, mientras que para frenar mientras el coche desciende, basta con un corto número de revoluciones. Así es imposible frenar bruscamente cuando el coche sube, lo que sería peligroso para el cable y la máquina que da movimiento al funicular.

El árbol de que he hablado contiene un tornillo sin fin, cuya correspondiente rueda transmite el movimiento a los piñones cónicos de las mandíbulas.

#### CABLE Y POLEAS GUÍAS

El cable está formado por seis torones de doce alambres de acero cada uno. Todos los torones están provistos de alma de cáñamo, así como el conjunto del cable. El diámetro de los alambres es de dos milímetros, siendo, por lo tanto, 3,14 milímetros cuadrados la sección de los mismos. El diámetro del cable es de 25 milímetros y su peso 2,050 kilogramos por metro lineal.

El cable fué ensayado en el Laboratorio del Material de Ingenieros del Ejército y resistió hasta 29.600 kilogramos, bajo cuya carga se empezaron a romper los alambres que constituyen el cable. En condiciones normales, la carga que soporta el cable no llega nunca a la décima parte de la carga de ruptura.

El cable fué suministrado por la Sociedad Franco Española de Alambres, Cables y Transportes Aéreos, de Bilbao.

Las poleas guías son de fundición. Están montadas sobre un eje fijo, es decir, que el cojinete está en la misma polea. Este cojinete es casi siempre de metal — una aleación fusible a baja temperatura— pero, en las poleas del punto de convexidad que presenta la línea en la parte alta del trazado, los cojinetes son de bolas. El engrase de los cojinetes de las poleas se hace por medio de engrasadores Stauffer.

Las figuras adjuntas representan los diferentes tipos de poleas empleadas en el funicular de Montserrat.

#### CABRESTANTE DE LA ESTACIÓN SUPERIOR

El cabrestante está constituido por una polea motriz de 2,50 metros de diámetro, movida por un electromotor por medio de una correa y varios juegos de engranajes, cuyo objeto es disminuir el número de revoluciones de las poleas que dan movimiento al cable, y, en consecuencia, la velocidad de éste. La polea motriz está provista de tres gargantas ó ranuras, en las que se aloja el cable. Además de esta polea hay otra de dos metros de diámetro, cuyo objeto es guiar mejor el cable e impedir el resbalamiento que, en virtud de estar el cable engrasado, podría sobrevenir si la superficie de contacto con las poleas no fuera muy grande.

En el primer eje de transmisión, que gira á 295 revoluciones por minuto, existen dos poleas ó tambores, sobre los que se aplican los frenos del cabrestante. Uno de estos frenos funciona a voluntad.

por medio de un volante puesto al alcance de la mano del encargado de la maniobra. El otro freno obra automáticamente:

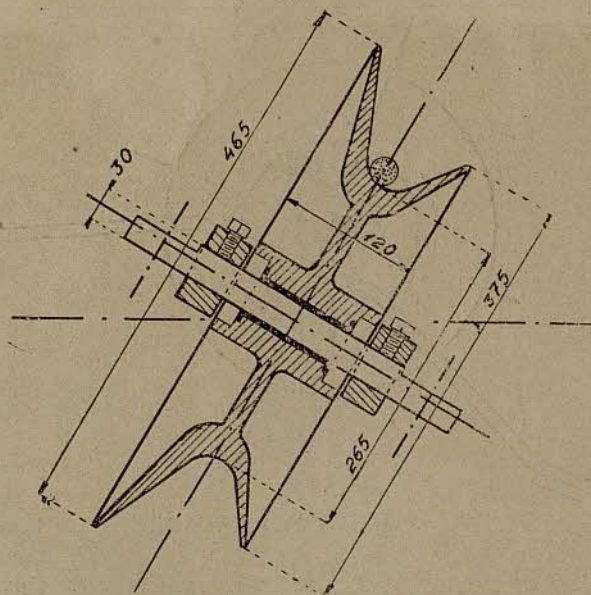
1.º Cuando la velocidad del cabrestante, y, por lo tanto, la de los carruajes, rebasa en un 20 por 100 la velocidad normal.

2.º Cuando al llegar los coches al límite de su viaje el encargado de la maniobra no ha frenado a tiempo. Entonces el coche que está en la estación superior choca con una palanca dispuesta al efecto en el foso del andén y se produce el enfrenamiento del cabrestante.

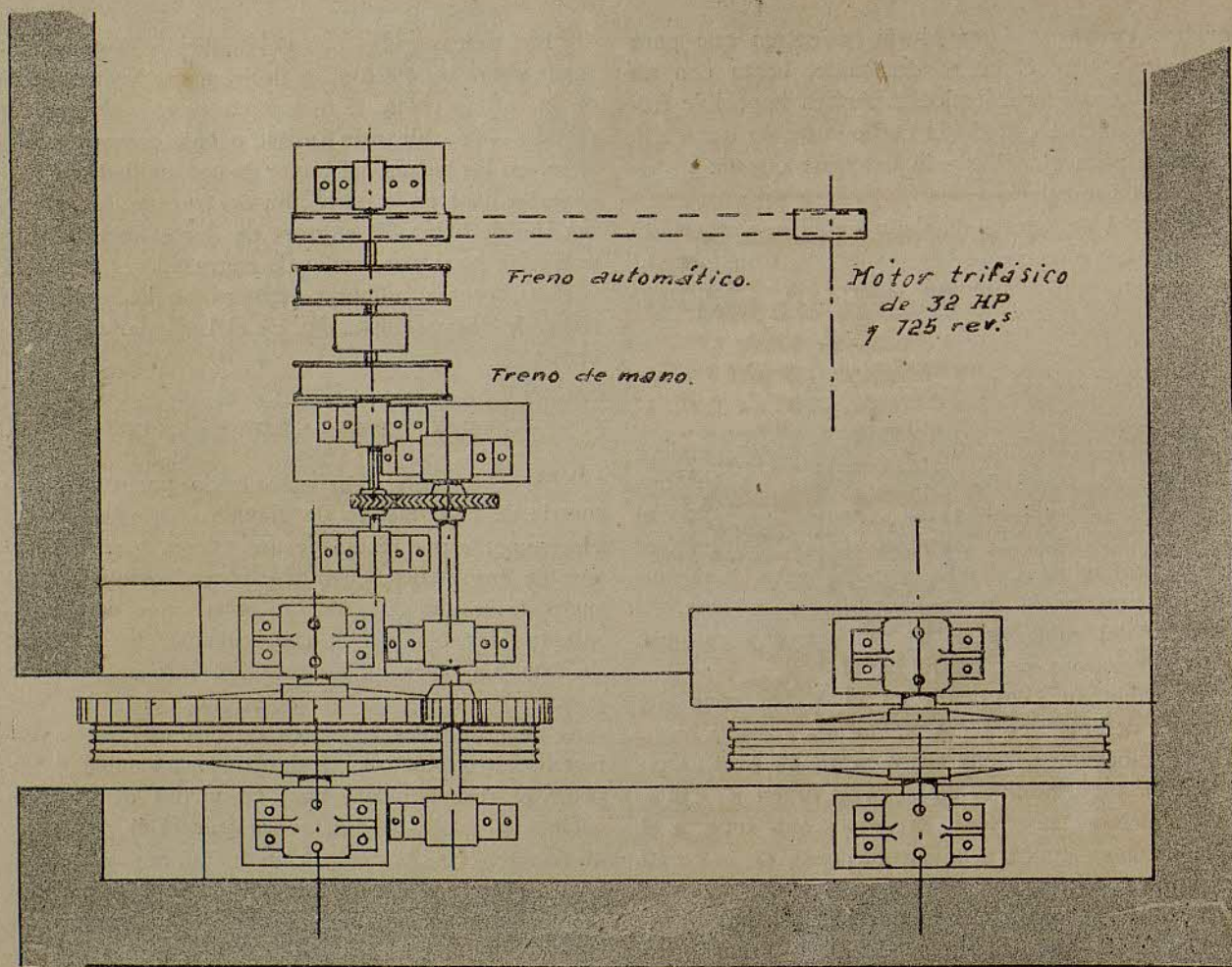
3.º Cuando falta la corriente al electromotor del cabrestante.

Este mismo freno puede ser movido a voluntad del maquinista, cortando la corriente o manejando una palanca o un volante dispuestos al efecto.

El electromotor, que gira a 725 revoluciones por minuto, comunica por intermedio de los mecanis-



*Polea inclinada del apartadero*



*Cabrestante del funicular*



Una parte de la trinchera donde se ven los depósitos formados con las piedras arrancadas. — 17 de octubre de 1917.

mos del cabrestante una velocidad de 1,30 metros por segundo al cable y a los carruajes.

Una línea eléctrica trifásica de alta tensión procedente de la Eléctrica Gomis, de Monistrol, alimenta el electromotor por intermedio de un transformador estático colocado junto a la estación superior, que reduce a 110 voltios la tensión de la corriente. La potencia del electromotor trifásico es de 32 caballos, que es más que suficiente para subir un carruaje cargado con treinta pasajeros, aun estando el coche descendente completamente vacío.

Las piezas que constituyen el cabrestante son de materiales diversos, según la misión que les está confiada. Las ruedas y piñones de engranaje son de fundición, excepto el piñón que da movimiento a la mayor de las dos poleas, en que se arrolla el cable, el cual es de acero. El primero de los dos pares de ruedas de engranaje está dotado de dientes de ángulo, para que, siendo más perfecto el engrane, deje de producirse en lo posible el ruido

molesto que en general producen los cabrestantes de los funiculares.

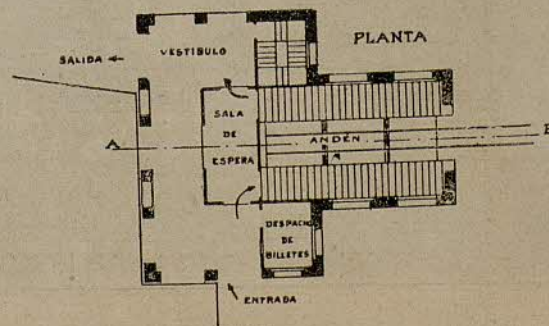
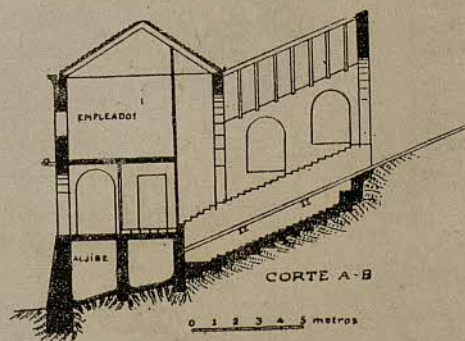
El electromotor está montado sobre una plataforma oscilante, con objeto de que la correa trabaje en mejores condiciones, y, además, para poder reducir a un minimum la distancia entre el eje motor y el eje movido.

Los cojinetes de los ejes, que giran a más velocidad, están provistos de engrase continuo, y el par de ruedas de dientes de ángulo está sumergido en un baño de grasa. Por todas estas razones, el funcionamiento del cabrestante es absolutamente perfecto, como se ha podido observar durante el tiempo que lleva prestando servicio.

Toda la parte mecánica del cabrestante ha sido construída por la casa Mateo Grau, S. en C., de Barcelona, habiéndose encargado de la parte eléctrica del mismo La Electricidad, S. A., de Sabadell.

#### EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras del funicular se emprendieron durante el mes de Junio de 1917. Después de talar los matorrales y podar los árboles en la zona que aproximadamente debía ocupar la línea, se pudo replantear exactamente el trazado y comenzar los trabajos de explanación. Estos trabajos fueron sumamen-



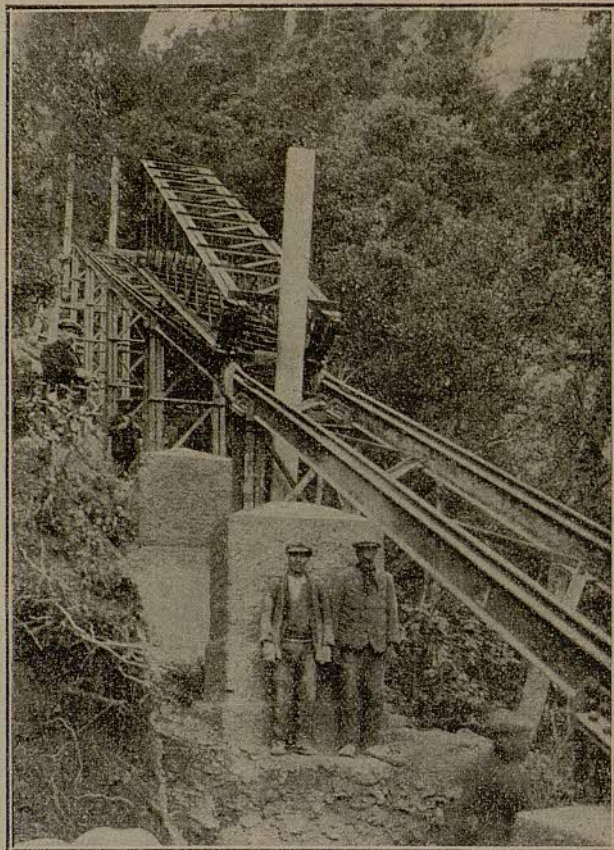
Estación inferior. Detalles de construcción

te delicados, por la forma misma del terreno, porque el desprendimiento de piedras obligaba a tener a los obreros reunidos en una sola brigada, y además porque, no siendo posible arrojar los escombros torrente abajo, so pena de devastar por completo el bosque que lo cubría, y siendo muy costoso extraerlos por la parte alta, se optó por apilarlos en ambos lados de la vía hasta que, con la circulación del funicular, se hiciera posible retirarlos económicamente. Por fortuna, los obreros de la localidad están muy versados en la construcción de muros en seco, y por medio de éstos se consiguió reunir los escombros en los pequeños espacios que quedaban libres en el cauce del torrente.

A medida que los trabajos avanzaban, se fueron estableciendo parapetos transversales que impidieran el paso de las piedras que se desmandaban, valiéndose de las mismas piedras arrancadas para construir la trinchera. Desde entonces fué posible multiplicar el número de brigadas dedicadas al trabajo de explanación, pues aunque con los parapetos no se detenía en absoluto el paso de las



*Estación inferior del funicular*

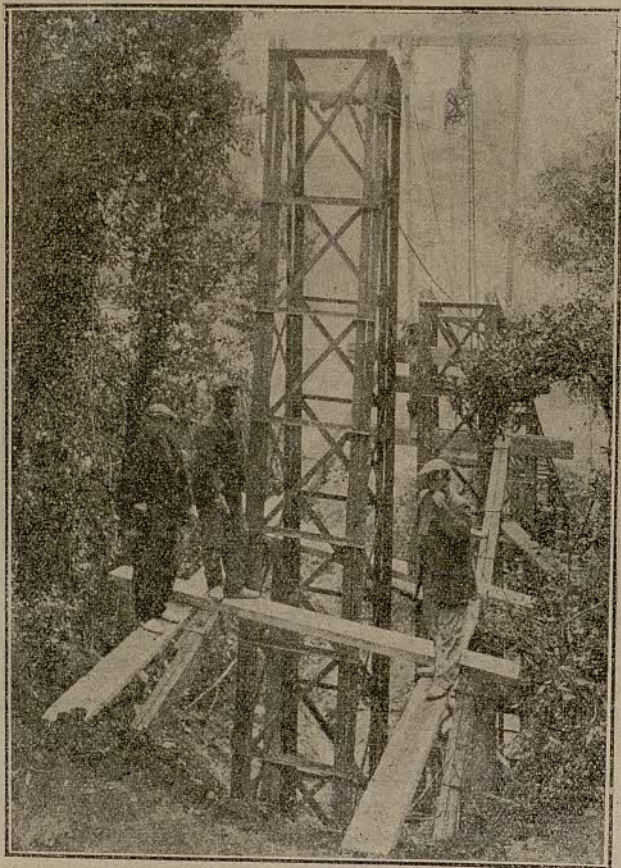


*Un pie derecho subiendo por la vía.—13 de febrero de 1918*

piedras desprendidas, por lo menos se lograba que fueran muchas las que se detuvieran, y con un poco de cuidado por parte de los obreros se aumentaba mucho la eficacia de tales defensas. Los parapetos fueron que prodigarse mucho cuando la trinchera fué un poco profunda, pues entonces las piedras, guiadas por las paredes del desmonte, adquirirían velocidades vertiginosas y daban, al encontrar con una traba opuesta a su paso, saltos de cien y más metros. Esto, como se comprende, sometía a un bombardeo peligrosísimo la parte baja del trazado.

Las obras de albañilería se redujeron, durante el mes de Julio, a la construcción de barracas para contener los materiales de construcción y aljibes para recoger las aguas de lluvia, pues la montaña de Montserrat está, en la parte alta, privada por completo, de fuentes. El Monasterio puso a disposición de la Compañía uno de los depósitos de agua para facilitar los trabajos del funicular.

A mediados de Agosto se emprendió la construcción de la estación inferior, que quedó cubierta a



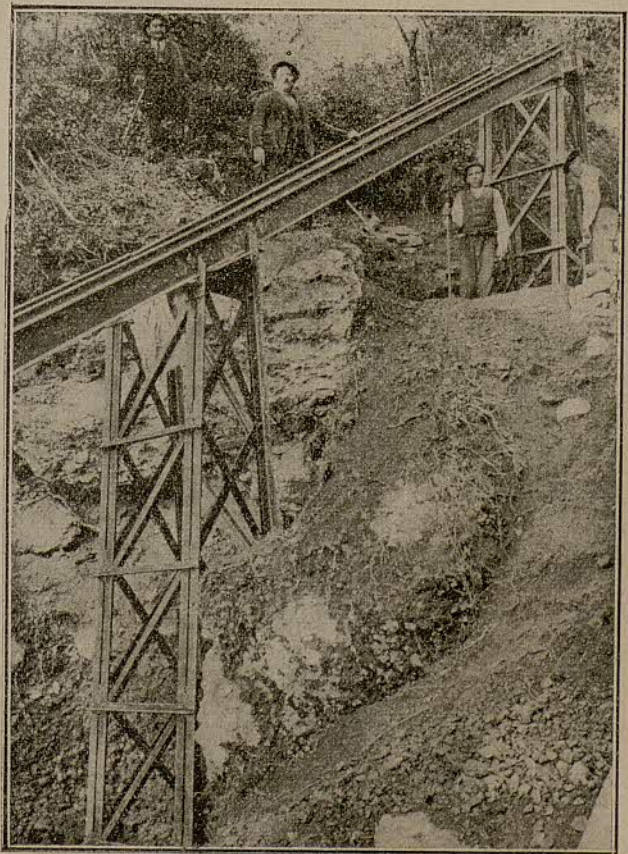
*Colocación de un pie derecho durante la construcción del viaducto.— 19 de febrero de 1918*

fines de Octubre. Un mes después se terminaba la explanación de la vía y la excavación que debía servir de sala de máquinas de la estación superior y proporcionar piedra para la construcción de la misma estación.

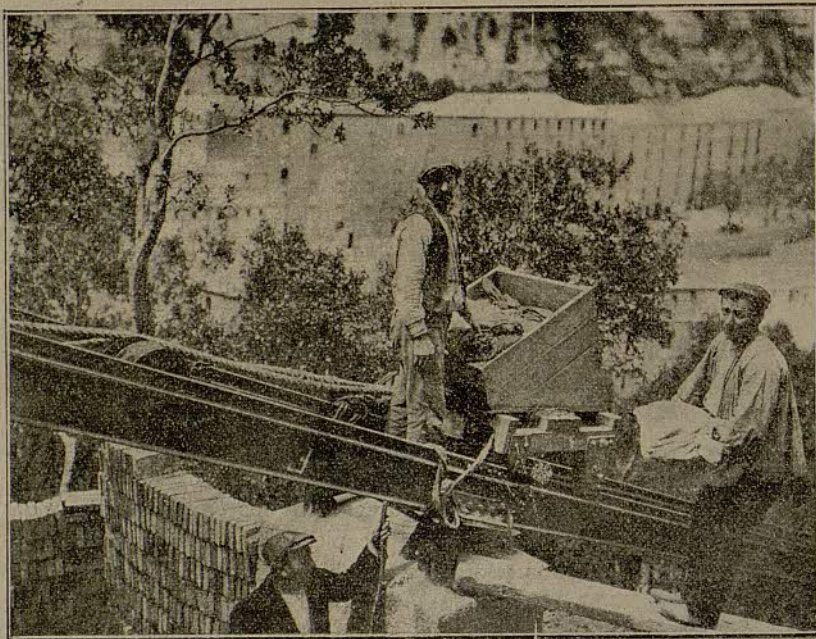
Durante todo este tiempo se hubiera podido construir el viaducto; pero las dificultades en que se encontraban la industria metalúrgica y los transportes a causa de la guerra, se hicieron sentir allí de tal manera, que hasta mediados de Noviembre no fué posible emprender el montaje de la parte metálica de la vía. Esto dió lugar a un retraso del que no fué posible resarcirse, sino que aun fué aumentando por los rigurosos fríos que se presentaron a principios de Diciembre y no cesaron hasta mitad de Enero de 1918. Al llegar esta fecha aumentó la actividad, y aprovechando la circunstancia de haberse acumulado material para la vía durante la época de fríos, pudo darse un gran impulso a la construcción del viaducto, que era la parte de la vía cuyo montaje presentaba más dificultades.

A fines de Marzo quedaba colocado en su sitio todo el viaducto.

La colocación de los pies derechos del viaducto se hacía conduciéndolos por encima de la vía por medio de un carrito que les servía de guía y arrastrándolos por medio de cabrestantes de mano. Al llegar al final de la parte de vía construida se hacían descender hasta el suelo, valiéndose de un bastidor provisto de una polea diferencial y montado sobre el último pie derecho colocado. La acción combinada de esta polea y del cabrestante que había verificado el arrastre durante la última parte del recorrido, permitía colocar los postes en su lugar definitivo sin peligro alguno para los obreros destinados a tal operación. El procedimiento explicado consintió acelerar la colocación de los pies derechos, pues aunque se trataba de piezas de más de 1.000 kilogramos y de seis a ocho metros de longitud, como el trabajo a realizar por los obreros era siempre el mismo, llegaron a adquirir gran destreza en su ejecución. Además, la división de la gente en cuadrillas, a cada una de las cuales estaba encomen-



*Terminando la colocación del viaducto.— 2 de abril de 1918*



*Vagoneta de 0,25 metros cúbicos destinada al transporte de materiales durante las obras*

dada una parte del trabajo, contribuyó a facilitar el montaje. Conviene que el lector se haga cargo de lo que representa transportar piezas—cuyo peso y dimensiones no hubieran ocasionado ninguna molestia en otra localidad,—en un terreno sumamente difícil, en el que bastaba una lluvia de una hora de duración para que quedara convertido en barrizal durante quince días. En un terreno en que apenas si los obreros podían sostenerse y mucho menos realizar todo el esfuerzo de que habrían sido capaces en terreno llano o de pendiente más suave. En un terreno, en fin, en que, a causa de las paredes mismas del torrente, de las rocas caídas en épocas pasadas y de los troncos de los árboles que convenía a toda costa conservar, no era posible hacer ninguna maniobra con las piezas fuera del plano vertical que contenía el trazado. Así es que las piezas ya salían de la estación inferior de manera que no hubieran de hacer más que una vuelta de campana para quedar en su sitio definitivo.

A pesar de todas estas dificultades, no hubo que lamentar ni un solo accidente. Todos los que trabajaban en la construcción de la vía estaban tan persuadidos del peligro a que se exponían por una distracción insignificante que tuvieran, que, gracias a esta obligada atención constante del personal, jamás se presentó siquiera el caso de escaparse un pie derecho mientras subía por la vía, ya por des-

carrilamiento del carro, ya por rotura o desprendimiento de la cuerda que lo arrastraba.

Entretanto, en la parte alta se había comenzado la construcción de la estación transformadora de la energía eléctrica y de la estación superior del funicular. La primera quedó bien pronto terminada, pues su forma general era de sencilla construcción.

En cuanto a la estación superior, no podía construirse con toda la rapidez que se hubiera deseado, a causa de la dificultad de transportar materiales a lomo hasta aquel lugar. Así, pues, se procuró terminar las partes más esenciales, como la sala de máquinas y el andén, dejando lo demás para cuando, con la utilización del funicular, fuera más fácil, y sobre todo más económico, el transporte de materiales y de agua, que, co-

mo he dicho, escaseaba en la parte alta del trazado. Además, hubo de construirse la parte de viaducto de mampostería próximo a la estación superior.

A fin de llevar adelante aun con más actividad la construcción de la vía, se emprendió también la colocación de ella empezando por el extremo superior, para lo que fué preciso arreglar el camino llamado de las Ermitas, para que pudieran circular carros por él. Así se logró que por primera vez llegaran tales vehículos a la parte alta de Montserrat.

El arreglo del mencionado camino facilitó además, el transporte de las piezas del cabrestante hasta la estación superior. La mayor de estas piezas es la mitad del volante mayor, y pesa más de 800 kilogramos, que es un peso algo considerable si se tiene en cuenta la naturaleza del terreno por el que debía pasar el carro que la conducía.

Desde mediados de Abril quedó toda la vía colocada, salvo el apartadero. La construcción de éste fué muy entretenida, por la manera de ser del fondo del torrente donde el funicular está instalado. A causa del continuo desmoronamiento de las rocas, todos los barrancos y hondonadas de Montserrat están formados por una mezcla de piedras de todas dimensiones, que dejan entre sí espacios a veces huecos y otras veces llenos de una tierra muy arenosa que se deshace con facilidad, por razón de su

poca consistencia. En varias ocasiones fué preciso, en vista de que no se encontraba terreno firme en donde apoyar las fundaciones, establecer un arco entre dos grandes peñascos que ofrecieran garantías suficientes y fundar sobre él el pilar destinado a sostener la vía. El apartadero coincide casualmente con un ensanchamiento del torrente, y esto, si bien fué una facilidad, porque ahorró trabajos de desmonte, fué también un inconveniente, pues el cauce de roca era más profundo y mayor el espesor de piedras movedizas.

A mediados de Junio, después de haber tenido que soportar dos meses de lluvias casi constantes, se pudo llegar a unir el extremo superior del apartadero con el inferior de la alineación recta que constituye la parte alta del trazado. Después de haber precedido a la nivelación general de la vía y a la colocación de las poleas porta cable y puestos ya los trucks de los carruajes sobre los carriles en la estación inferior, se efectuó la operación de extender el cable a lo largo de la línea. Para esto se utilizó la máquina de la estación superior, que, con este fin, ya se había montado anticipadamente. Uniendo por medio de cuerdas el extremo del cable con las poleas del cabrestante, éste mismo se encargó de llevar aquél a su posición definitiva.

Por fin, el 10 de Julio el funicular realizaba el primer viaje. Desde entonces se activaron todas las obras en la estación superior, porque ya no escascaban en ella ni los materiales ni el agua necesarios.

Durante el mes de Agosto se efectuaron las pruebas oficiales, y el 1.º de Septiembre se dió el funicular al servicio público.

En todo el tiempo que duraron las obras no hubo ninguna desgracia personal que lamentar.

Tampoco hubo ningún conflicto obrero que pasara de la categoría de incidente sin importancia.

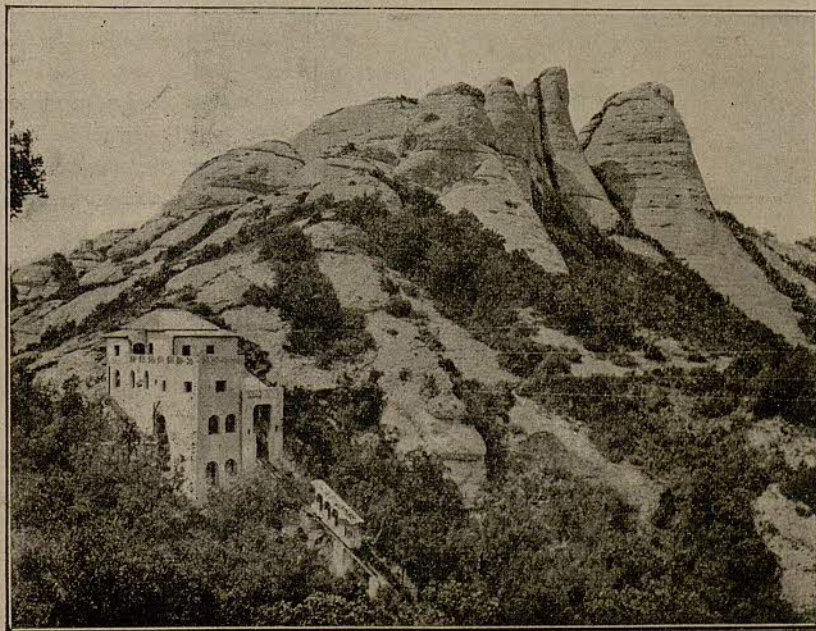
#### MODIFICACIÓN DEL PERFIL DE LA VÍA

Estando ya bastante adelantadas las obras de construcción de la vía, el Consejo de Administración expresó su deseo de que se aumentara, hasta donde fuera posible, la capacidad de los coches. Es-

ta capacidad se aumentó todo lo que permitía el margen que se había dejado tanto en lo que se refiere a la resistencia de la vía, como a la potencia del cabrestante, como, en fin, a la flecha que presentaba el perfil de la vía en su parte cóncava. Y si bien en las dos primeras cuestiones se dejó aun un margen prudencial, en lo que se refiere a la flecha se llegó al límite, y esto dió por resultado que, habiéndose a última hora reemplazado los cojinetes de bolas de las poleas inclinadas del apartadero por cojinetes ordinarios, se vino a aumentar la tensión del cable lo suficiente para que se separara 35 centímetros de las poleas guías en una longitud de 30 metros aproximadamente.

Esto, sin embargo, no tenía mucha importancia, porque hay varios funiculares fuera de España que funcionan en estas condiciones. Por ejemplo, el funicular de Territet-Glion, cerca de Ginebra (Suiza), atraviesa una carretera por medio de un paso a nivel en un punto del trazado del funicular correspondiente a un cambio brusco de rasante. No hay más remedio, pues, que sujetar el cable valiéndose de una contrapolea que automáticamente se separa de la vía para dar paso a los carruajes.

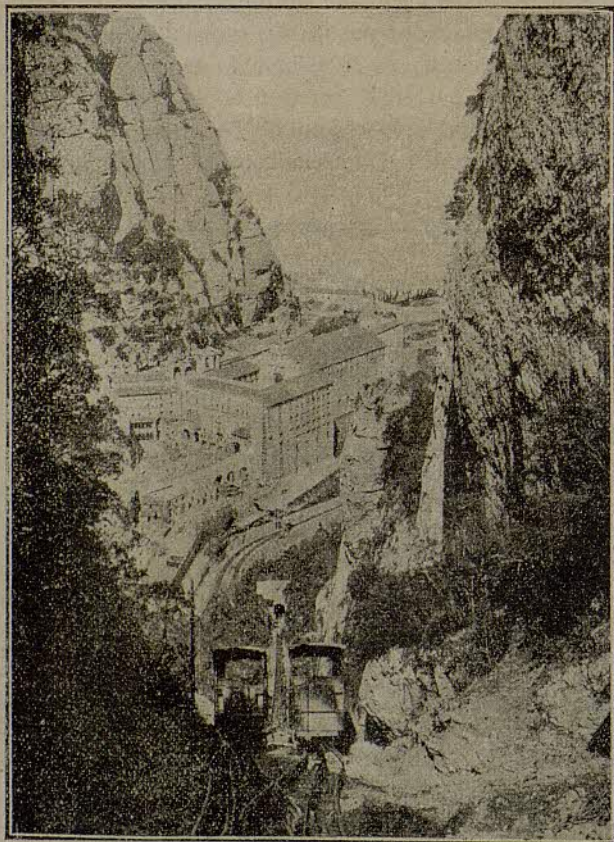
Otro ejemplo de lo mismo lo tenemos en el funicular de Charlanne a la Bourboule (Puy-de-Dôme), donde, con el solo objeto de no encarecer la obra con un terraplén o un viaducto, se enlazó la unión



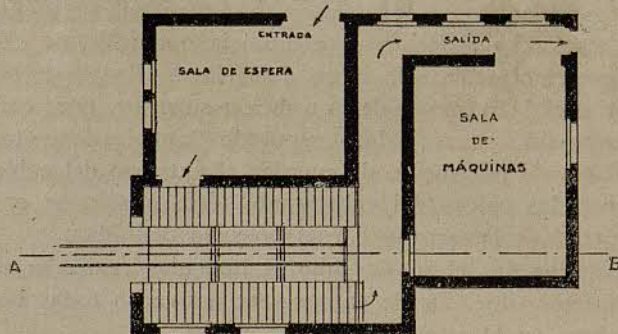
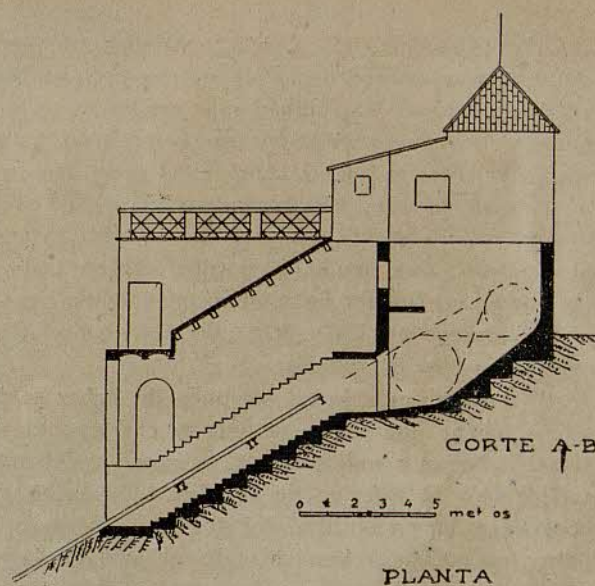
*Vista general de la estación superior del funicular*

de dos rasantes de 300 y 590 milímetros, respectivamente, por una curva de 200 metros de radio. La vía forma con esto una flecha de 16 metros, cuando a lo más debería ser de siete metros. Se remedia el inconveniente de separarse el cable por medio de contrapoleas montadas sobre trucks móviles, que son arrastrados por los coches ascendentes cuando pasan por el punto de cambio brusco y dejados en el mismo lugar cuando al descender pasan de nuevo los coches por aquel punto.

El tenerse que someter a que el cable se mantenga pegado a las poleas guías es el punto crítico de los funiculares, ya que las montañas que merecen recibir este nombre presentan siempre cambios muy bruscos de pendiente. En España, hasta ahora, no se habían hecho más que funiculares instalados en colinas de más o menos elevación, pero de pendiente tan uniforme como la que tiene un terraplén. El someterse a condiciones demasiado fuertes encarece sin necesidad las obras y hace que no se lleven a cabo cosas que se podrían hacer si las condiciones impuestas fueran más suaves.



*El apartadero*



*Estación superior. — Detalles de construcción*

La modificación del perfil del funicular de Montserrat se ha llevado a cabo con más amplitud de la que se exigía, para poder aumentar aun, si conviene, la cabida de los carruajes.

\*\*\*

El público recibió con aplauso la instalación del funicular de Montserrat-Sant Joan, utilizándolo para realizar las excursiones en la parte alta de la montaña. La enorme pendiente de la línea causa verdadera impresión, aumentada por el aspecto de las altas rocas entre las que se desarrolla la vía; pero todo ello no hace sino que aumente el atractivo del viaje.

SANTIAGO RUBIÓ Y TUDURÍ

A. Artís, imp. : Girona, 116 : Tel. G. 1471 : Barcelona