

$v = 2 k' \omega' \sqrt{-1}$, teniendo en cuenta las identidades anteriores, se obtendrá:

$$\text{sen am } (u + 2 k' \omega' \sqrt{-1}) = \text{sen am } u,$$

que prueba la periodicidad de $\text{sen am } u$, cuando u , pasa por una serie de valores imaginarios.

9. Se puede llegar muy fácilmente á una fórmula que resuma la doble periodicidad. Basta para ello cambiar en la anterior u en $u + 2k\omega$, siendo k un número entero y $\omega = F(c)$, con lo cual sabemos que no se altera: así, se obtiene

$$\text{sen am } (u + 2k\omega) = \text{sen am } (u + 2k\omega + 2k' \omega' \sqrt{-1}),$$

y como

$$\text{sen am } u = \text{sen am } (u + 2k\omega),$$

será, en último resultado,

$$\text{sen am } u = \text{sen am } (u + 2k\omega + 2k' \omega' \sqrt{-1}).$$

10. No entraremos en la explicación de cómo se construyen tablas de valores de la función F ó de la inversa $\text{sen am } u$, para un módulo determinado, pero lo que precede basta para que se comprenda las muchas simplificaciones que en los métodos ordinarios para la aproximación de cuadraturas pueden introducirse.

(Se concluirá.)

M. PARDO.

FERRO-CARRILES ECONÓMICOS.

Tomamos de los Apéndices á la *Memoria sobre ferro-carriles económicos* (1) de los señores Arnao, Vildósola y Rodríguez, la siguiente nota sobre el sistema Fell, aplicado á la vía férrea franco-italiana en el paso de los Alpes, que se ha abierto en estos últimos días á la explotación. Después publicaremos el resultado de los experimentos practicados, á que han asistido, comisionados por el gobierno español, nuestros compañeros los Ingenieros señores Barron y Aramburu.

LOCOMOTORAS CON ADHERENCIA SUPLEMENTARIA.

SISTEMA FELL.

La adherencia de la locomotora, según hemos dicho en otras ocasiones, es el intermedio necesario del esfuerzo de tracción. Aumentando este á medida que se disminuye la velocidad, la experiencia ha demostrado que, cuando esta baja de cierto límite, la máquina necesita de la adherencia debida á todo su peso para poder utilizar su potencia dinámi-

ca, y aun aquel resulta con frecuencia insuficiente. Como el peso, favorable á la adherencia, constituye una resistencia en las rampas, era natural que se presentase á los Ingenieros la idea de obtener esa adherencia independientemente, hasta cierto punto, del peso de la máquina. Varios son los sistemas que se han propuesto para este objeto, no ya en los últimos tiempos, sino aun antes de la generalización de la locomotora y en los primeros años de su empleo. Entre estos sistemas, el único en que parece que las ventajas pueden superar á los inconvenientes, es el aplicado actualmente en el ferro-carril provisional del Monte Ceniso, y que consiste en colocar en el eje de la vía un tercer carril, sobre el cual giran ruedas horizontales, fijas á la máquina, y cuya presión sobre dicho carril puede variarse á voluntad dentro de ciertos límites.

Esta idea no es nueva. En 1830 se concedió privilegio de invención para plantearla al Ingeniero inglés *Vignoles*, conocido en el continente por el carril que lleva su nombre, y al Ingeniero sueco *Ericsson*, el inventor de las máquinas de aire caliente. En 1840 se concedió nuevo privilegio á otro inglés, *Enrique Pinkus*. En 1843 propuso el baron Seguiet á la Academia de Ciencias de París el empleo de un tercer carril para aumentar la adherencia y la seguridad de la tracción en los caminos de hierro, obteniendo en 1846 un privilegio de invención. En 1847 se concedió en Inglaterra otro á A. V. Newton. Por último, en 1863, Mr. Fell solicitó y consiguió dos privilegios con el título de *mejoras de las máquinas locomotoras y de los carruajes de los ferro-carriles*, llevando por primera vez la idea del tercer carril al terreno de la práctica, y construyendo una locomotora, que fué ensayada en Inglaterra en el camino de Cromfort á Peakforest.

La línea de ensayo tenía 830 yardas (770 metros) de longitud. Había en ella un trozo en línea recta de 180 yardas (167 metros) con inclinación de 74 milésimas, y otro de 150 yardas (230 metros) en curvas de radios variables de $2\frac{1}{2}$ á $3\frac{1}{2}$ cadenas (50 á 70 metros) con inclinación de 83 milésimas. El ancho de la vía era 1,10. Entre los dos carriles y á igual distancia de ambos, se colocó un tercer carril de doble cabeza, á una altura de 0,187 sobre el nivel de la cara superior de los carriles de la vía.

La máquina ensayada llevaba cuatro ruedas horizontales que se apoyaban sobre el carril central, movidas por dos cilindros interiores especiales. Las ruedas verticales marchaban como en las locomotoras ordinarias, sobre los carriles, movidas por dos cilindros exteriores. La presión ejercida por las ruedas horizontales sobre el carril central equivalía á una adherencia de 12 toneladas. El peso de la máquina era, en marcha, de 16 toneladas. Según el informe presentado en 1865 al *Board of trade* por el capitán *Tyler*, esta máquina, trabajando con una presión de ocho atmósferas, pudo remolcar siempre una carga de 24 toneladas en la línea de ensayo, y en algunas ocasiones hasta 30 toneladas.

Cuando no se empleaba la adherencia artificial,

(1) Véase el núm. 22 del año 1867.

la máquina; trabajando con los cilindros exteriores, solo pudo remolcar, además de su peso, un vagón de 7 toneladas. Con los cilindros interiores, trabajando solos, se conseguía poner en movimiento á la máquina, recorriendo el trozo en curva, lo que equivalía á una tracción de 17 toneladas próximamente. Como los cilindros exteriores solos remolcaban 23 toneladas (16 de la máquina y 7 del vagón), se vé que el esfuerzo de tracción desarrollado en estos dos casos era sensiblemente proporcional á las presiones respectivas, aplicadas á las ruedas horizontales y á las verticales.

La adherencia artificial obtenida con las ruedas horizontales permitía, pues, como era natural, un aprovechamiento más completo de la fuerza de tracción de la máquina.

No creemos necesario insistir sobre los resultados de estos ensayos (1), que han perdido casi todo su interés, después de los practicados en el Monte Cenisio, con la misma máquina de Cromford, y con otra construida después por Mr. Fell, en la cual hay varias innovaciones que le dan notables ventajas sobre la primera, cuyo mecanismo era demasiado complicado.

En vista de los resultados conseguidos en el ensayo de 1863, Mr. Fell, asociado con los Sres. Brassey y Compañía, insistió en la propuesta que ya habían hecho á los gobiernos italiano y francés, desde principios de dicho año, para construir una línea férrea sobre la carretera del Monte Cenisio, entre San Miguel y Susa, que facilitase las comunicaciones internacionales, en tanto que se concluían las obras del gran túnel que ha de atravesar el macizo de los Alpes entre Modana y Bardonnèche. Mr. Fell no pidió subvención de ningún género.

Aceptó el gobierno italiano la idea, á condición de que fuera aceptada también por el gobierno francés, y este exigió que se verificara antes un ensayo para demostrar prácticamente la posibilidad de su realización. Este ensayo tuvo lugar en 1865, en un trozo de ferro-carril establecido sobre la carretera en la subida de la vertiente norte, entre Lanslebourg y la divisoria, escogiendo la parte donde la carretera presenta la mayor inclinación, y las curvas de radio más pequeño.

El resultado de este ensayo, que describiremos después, pareció satisfactorio á los ingenieros nombrados para estudiarlo por los dos gobiernos inmediatamente interesados en la realización de la empresa, así como á los ingenieros de otros países, que ya por comisión de sus respectivos gobiernos, ya por su propia iniciativa y deseo de conocer y apreciar el nuevo sistema, visitaron la localidad; otorgándose á los señores Brassey y Compañía la concesión definitiva por decreto de 4 de Noviembre de

1865 en la parte francesa, y de 17 de Diciembre del mismo año en la italiana, y procediéndose á la ejecución de los trabajos, que se han concluido muy recientemente.

Antes de describir la locomotora Fell, tal como va á emplearse en esta línea, y los ensayos practicados en 1865, indicaremos cuáles son las condiciones principales de la carretera sobre que se ha establecido, y las de la concesión hecha por los gobiernos francés é italiano.

Cuando los señores Brassey y Compañía tuvieron la idea de establecer el ferro-carril provisional del Monte Cenisio (Diciembre de 1864), las obras hechas en el túnel comprendían una longitud de 1.764 metros por la parte de Modana, y de 2.322 metros por la de Bardonnèche, quedando por perforar 8.134 metros. Suponíase entonces que el tiempo necesario para concluir las obras no bajaría de siete á ocho años. El coste de la vía provisional, comprendiendo las reformas que habían de hacerse en la carretera y el material de tracción y transporte, se evaluó en 8.000.000 de francos, ó sea 104.000 francos próximamente por cada uno de los 77 kilómetros que tiene de longitud la línea entre San Miguel y Susa. Tomando por base del cálculo de productos la cifra de estos correspondiente á los años 1861, 62, 63 y 64, y suponiendo que el tráfico aumentase en cada año un 10 por 100, resultaba un producto total en siete años (1867 á 1873 inclusive) de más de 27 millones de francos, que se creía suficiente para cubrir los gastos de explotación, amortizar el capital de 8.000.000 de francos y dejar un beneficio líquido muy considerable, quedando además el material de vía y de transporte, á la conclusión del plazo, á disposición de los concesionarios.

Estas bases han sufrido naturalmente algunas modificaciones desde 1865. Por una parte los retrasos ocasionados por el ensayo previo que exigió el gobierno francés, y por varios accidentes ocurridos durante la construcción de las obras, han impedido que la explotación empiece en 1867, y todo este año es perdido para el tiempo útil de la concesión. Por otra parte, la perforación del túnel ha ido algo más de prisa de lo que entonces se esperaba, y según los ingenieros directores podrá quedar concluida el año 1871. Pero contando con las eventualidades que todavía pueden presentarse en una obra de esta naturaleza, y con el tiempo que ha de invertirse en la ejecución de las dos secciones de ferro-carril, que desde San Miguel y Susa van respectivamente á las dos entradas del túnel, secciones difficilísimas por el gran número é importancia de los trabajos que comprenden, parece muy probable que la explotación de la línea provisional pueda continuar hasta fin de 1874, completándose el plazo de siete años en que basaron sus cálculos los concesionarios (1).

(1) (Practicáronse además ensayos en la línea de Cromford por el ingeniero italiano Biglia, comisionado por su gobierno. Los resultados de estos ensayos, análogos á los relatados por el capitán Tyler y á los que expuso el ingeniero francés Mr. Desbrière, en la sociedad de ingenieros civiles de París, pueden verse en el libro *Ferrovía delle Alpi etetiche*.—Florenia, 1866.

(1) Esto se escribió á principios de 1867. Posteriormente se han emprendido con bastante actividad las obras de las secciones de San Miguel á Modana y de Susa á Bardonnèche. El túnel ha marchado con gran rapidez, faltando hoy para su completa perforación poco

El trozo de carretera sobre que se ha establecido la vía tiene, según hemos dicho antes, 77 kilómetros de longitud. El ancho varía de 9 á 10 metros. La inclinación máxima es 83 milésimas, y el menor radio de las curvas 40 metros. La longitud total, por algunas reformas del trazado de la carretera, resulta por el ferro-carril igual á 79.090 metros, de los cuales pertenecen al territorio francés 52.402,57 metros y al italiano 27.687,45. El punto culminante está á 2.125 metros sobre el nivel del mar, y una gran parte de la línea expuesta á las nieves y avalanchas, lo que ha obligado á cubrirla en una longitud considerable.

Según las condiciones de la concesión, la línea férrea debe establecerse en el lado del torrente, dejando 6 metros de ancho libre para el tráfico ordinario (5 de firme, 1 de paseo) excepto en los puntos donde esto sea imposible. En las curvas de 40 metros deberá añadirse á este ancho 0,50 á 1 metro. La zona ocupada por la vía única del ferro-carril, y que tiene de 3 á 4 metros de anchura, está separada de la que continúa afecta al tráfico ordinario por una barrera ó valla de madera bastante sólida para evitar toda posibilidad de un accidente ocasionado por las caballerías. El ancho de la vía es 1,10, como en la línea de ensayo.

La explotación concluirá en el momento de empezar á funcionar el ferro-carril definitivo, debiendo dar aviso á la empresa concesionaria del provisional con un mes de anticipación.

Las tarifas para la distancia total recorrida están fijadas del modo siguiente:

Viajeros.—1.ª clase.	Berlina. 27	} fs.
2.ª clase.	Interior. 25	
3.ª clase.	22	
		18

Mercancías.—Gran velocidad. 77 fs. ton.
Pequeña velocidad. 40 id.

Las demás condiciones son las ordinarias de las líneas francesas é italianas (1).

ENSAYOS PRACTICADOS EN 1865.—*Descripción de la vía experimental.*—Ocupaba esta vía una parte de la carretera imperial del Monte Ceniso, siguiendo su mismo trazado, excepto en un pequeño trozo de 170 metros de longitud, en el cual, después de haber abandonado la carretera para desarrollarse en curvas de mayor radio, la atravesaba oblicuamente, pasando de izquierda á derecha para volver á tomar el costado del barranco.

La longitud de la línea de ensayo era 1.907,10, de los cuales había 1.069,83 en línea recta y

más de 4.000 metros. A estas circunstancias se reúne la del gran retraso que ha tenido la apertura de la línea Fell; por todo lo cual creemos que no podrá la empresa concesionaria, explotar durante siete años dicha línea.

(1) Pueden verse los decretos y pliegos de condiciones relativos á esta concesión en los *Annales des ponts et chaussées* de 1865 para la parte francesa, y en el *Giornale del genio civile* de 1866 para la italiana.

837,27 en curva, distribuidos del modo siguiente:

3	con radios de 39,25 á 40,70	Desarrollo 214,26
5	id. 42,25 á 49,96	id. 172,04
3	id. 50,84 á 57,62	id. 62,22
1	id. 70,73	id. 29,57
2	id. 84,50 á 95,60	id. 84,40
2	id. 101,25 á 111,46	id. 65,38
2	id. 150,15 á 161,27	id. 117,91
1	id. 267,07	id. 59,74
2	id. 454,42 á 555,42	id. 30,94

Total. 837,27

Estas curvas no estaban siempre separadas por trozos rectos, habiendo un punto en que se pasa inmediatamente de una curva de 40 metros de radio á una contracurva de 59 metros.

Inclinaciones		Longitud.
50 á 51,7 milésimas		216,50
73,3 á 74,8	id.	200,00
75,2 á 76,9	id.	763,30
77,5 á 78,4	id.	301,30
79,5 á 79,9	id.	326,00
81,7 á 82,2	id.	400,00

Total. 1.907,10

La diferencia total de nivel entre los puntos extremos era 141,33, y la inclinación media 74,10 milésimas. La vía estaba construida con carriles de dos cabezas desiguales de 4,80 de longitud y peso de 33 kilogramos próximamente por metro, colocados á 1,10 de distancia, y sobre los cuales marchan las ruedas verticales de la máquina. Están estos carriles unidos por medio de placas de junta (éclises) y sostenidos por coginetes fijos á las traviesas. Esta parte de la vía en nada difiere de la de los ferro-carriles ordinarios. En el eje de la vía iba el carril central sostenido también por coginetes especiales fijados á un larguero, que se apoya sobre las traviesas. Estos coginetes eran, unos de fundición, los otros de hierro. En las líneas rectas, la distancia entre ellos era de 1,80; en las curvas disminuía esta distancia, según los radios, hasta ser de 0,60 á 0,80 en las curvas de 40 metros. El carril central era igual á los laterales y llevaba también placas de junta. Uno y otros carriles tenían la curvatura correspondiente á los radios del trazado. El larguero de madera, que sostenía los coginetes del carril central, estaba igualmente encorvado y fijo á las traviesas por medio de acos de madera, que impedían el movimiento lateral, y fuertes pernos. El carril exterior de la vía, estaba algo más elevado que el interior en las curvas, pero no lo que correspondía en una línea de condiciones ordinarias á la pequeñez de los radios.

Los carriles, facilitados por la compañía del ferro-carril Victor-Manuel, no tenían una forma apropiada.

da al servicio que habia de prestar el carril central, por la desigualdad de sus cabezas y los ángulos vivos que presentaba la más pequeña de ellas y que se redondearon limándolos.

El paso de nivel con que se atravesaba la carretera, se abría, quitando cada vez que era preciso dar paso á los carruajes ordinarios, el larguero y carril central, correspondiente al ancho de la carretera, operacion inadmisibile en una explotacion ordenada, tolerada solo como medio provisional, y que exigia un trabajo de cuatro hombres, durante 8 á 10 minutos.

(Se continuará.)

MEMORIA

DEL

CONSEJO DE ADMINISTRACION

del

FERRO-CARRIL DE TUDELA Á BILBAO.

(Continuacion.)

MATERIAL Y TRACCION.

Se han hecho tambien en este servicio importantes economías, tanto en los gastos de traccion, como en los relativos á la conservacion del material móvil, y á pesar de haber disminuido el recorrido de trenes y aumentado su peso, el coste kilométrico se ha reducido considerablemente. La disminucion total en los gastos ha sido de Rvn. 488.287,60, y de 167.025,02 respecto al presupuesto que figuró en la Memoria del año anterior, segun resulta del siguiente cuadro.

CONCEPTOS.	1866.		1867.		DISMINUCION.	
	TOTALES.	Por kilómetro de tren.	TOTALES.	Por kilómetro de tren.	TOTALES.	Por kilómetro de tren.
Personal.	237.681 94	0,42	192.148 51	0,42	45.533 53	0,08
Oficinas y diversos. . . .	15.706 49	0,03	15.152 01	0,03	554 48	0,00
Conduccion de máquinas. .	403.482 07	0,83	324.755 54	0,72	80.728 53	0,13
Consumo de máquinas. . .	954.587 35	2,01	797.097 96	1,76	157.489 57	0,25
Consumo de carruajes. . .	98.865 85	0,21	80.910 32	0,18	17.955 51	0,03
Conservacion del material móvil.	848.005 97	1,79	684.497 67	1,51	163.506 30	0,28
Deducir por máquinas para el servicio de la vía. .	2.560.325 55	5,59	2.094.560 01	4,62	465.765 52	0,77
	29.062 95		51.585 05		(Aumento.) 22.522 08	
QUEDAN. . .	2.551.260 58		2.042.974 98		488.287 60	

Las economías realizadas son debidas principalmente á la supresion de personal, motivada en parte por la reduccion en el número de máquinas en servicio diario, á las rebajas que se han hecho en los sueldos y jornales de los empleados y obreros y á la disminucion en el consumo y precio del combustible.

Con el objeto de disminuir el número de máquinas, se ha aumentado su recorrido sin salir de los límites compatibles con el buen servicio. Como pruebas de que esta modificacion no ha alterado en lo más mínimo la regularidad con que siempre se ha hecho en esta linea el servicio de trenes, bastará decir que en todo el año no ha habido que lamentar accidente alguno, y que el número de retrasos ocasionados por las máquinas se ha reducido á tres, siendo el de más consideracion de 1.^a 45'.

El sistema de primas por economia de combustible, establecido en Mayo del año próximo pasado, está dando los mejores resultados y á él se debe en gran parte la importante disminucion obtenida en su consumo. En los siete últimos meses del citado año se economizaron 418 toneladas de hulla que han producido á la Compañía un ahorro de 59.613 reales. Las primas pagadas al personal de maquinistas y fogoneros ascendieron á la suma de 16.746

reales, de modo que al mismo tiempo que la Compañía ha salido beneficiada, se ha conseguido recompensar á los empleados celosos.

El precio medio de la hulla en los diferentes depósitos de la linea que fué de Rvn. 148,77 por tonelada en 1866, se ha reducido en 1867 á Rvn. 135,97, habiéndose conseguido este resultado por medio de los contratos que ha celebrado la Compañía para el suministro del combustible. Como no se principió á usar el carbon del último contrato hasta 1.^o de Octubre, á causa de las existencias anteriores, la citada rebaja de precios ha influido poco en el precio medio anual, y se tocarán más de lleno sus ventajas en el presente ejercicio.

En el consumo de coches y vagones se han gastado Rvn. 17.955 51 ménos que en 1866, cuya economia es debida á las mejoras introducidas en la fabricacion de la grasa empleada, que han permitido obtenerla de mejor calidad y más barata que en los años anteriores.

En los estados comparativos siguientes está indicado el consumo medio de combustible, aceite y sebo de las locomotoras y el de grasa y aceite de los coches y vagones.