

producen sino 1.356.100 kilogrametros, cantidad de trabajo, cuya pequeñez se explica por la muy pequeña velocidad de la marcha.

Prescindiendo de otra porción de ejemplos que pudiéramos citar, nos limitaremos al tiro de los caballos en los malacates, análogo al que pudieran efectuar en una noria.

	Radio del malacate	Velocidad por 1"	Esfuerzo medio	Duración del trabajo cada 24 horas	Cantidad del trabajo útil diario
	m.	m.	kil.	h. m.	kilogrametros.
Máquina hidráulica de Rochefort.....	4,25	0,958	37,5	6	729.000
Máquina hidráulica antigua de Rochefort.	3,50	1,10	20,0	12	1.814.000
Máquina hidráulica de los baños de Vigier.	3,81	0,997	42,0	10 á 12	1.526.000
Malacate de tambor de los hortelanos de Paris.....	2,64	1,11	38,0	7;30	1.134.000
Malacate de tambor de los hortelanos de Paris.....	2,23	0,83	44,0	7;45	1.055.000
Malacate de tambor de los hortelanos de Paris.....	2,30	1,44	27,0	7;50	1.047.000
Máquina hidráulica de una cervecería de Angers.....	3,25	0,68	83,0	9	1.828.000
Noria, trabajos de un muelle en Paris....	2,60	0,71	37,0	12	1.267.000

El esfuerzo oscila poco más ó ménos en estos experimentos al rededor del esfuerzo medio. En ciertos casos, el mínimo de tiro era de 50 kilogramos, el máximo llegaba á 90 kilogramos. Las cifras de la última columna no son iguales á los productos de las segunda, tercera y cuarta columna, por motivo de las correcciones hechas por el autor, y muy largas para indicarse aquí.

Segun Daubuisson, el trabajo útil diario de un caballo de malacate es de 1.073.000 kilogrametros en las minas de Freyberg; de 1.200.000 kilogrametros en una mina de Torn, y de 1.109.000 en un tercer ejemplo.

El trabajo mecánico que un caballo puede desarrollar durante algunos instantes, cuando da lo que se llama un golpe de collera, es muy superior á su trabajo medio. En el momento de partida, el esfuerzo del tiro ejercido por un caballo fuerte de 450 á 500 kilogramos, puede elevarse á más de 200 kilogramos.

Los caballos que subian ántes con las diligencias la cuesta de Verberie (Oise), producian próximamente los resultados siguientes:

Longitud del tramo	Pendiente por metro	Esfuerzo medio de tiro	Trabajo mecánico
metros	metros	kilogramos	kilogrametros
155	0,0305	64	9.920
175	0,0791	161	28.175
162	0,1103	189	30.618
364	0,0766	159	57.876
856			126.589

Esta cantidad de trabajo de 126.589 kilogrametros, consumido en 25 minutos, ó sea 84<sup>km</sup>.39 por 1", puede mirarse como un máximo en estas condiciones, porque los caballos de las diligencias eran robustos, y sin embargo, se les daba frecuentemente caballos

de refuerzo. Se ve muchas veces caballos de fuerza ordinaria desarrollar 29 á 30.000 kilogrametros en 5 minutos para subir una cuesta, ó sea una centena de kilogrametros por segundo.

De los ejemplos que preceden se puede deducir como consecuencia general, que por término medio nuestros caballos de tiro dan su máximo de efecto útil trabajando una docena de horas por día con la velocidad de 0<sup>m</sup>.90 á 1<sup>m</sup>. por 1". Para llegar á este máximo de trabajo mecánico es necesario que el caballo se halle en las condiciones más conformes á sus hábitos y á su constitucion, que sus esfuerzos sean poco variados, que no sufra ni fatiga ni contrariedades repetidas. Así, por ejemplo, M. Minard ha visto un caballo acostumbrado al malacate producir durante algunos minutos hasta 80 kilogrametros por 1", mientras que un caballo mucho más fuerte, pero que no estaba acostumbrado á este trabajo, estaba fatigado despues de algunos minutos de esfuerzos, no dando sino 50 kilogrametros por 1". Los caballos aparejados á un malacate producen cuasi siempre, con iguales condiciones en lo demas, ménos trabajo que tirando sobre un camino.

Entre los numerosos ejemplos que demuestran la disminucion rápida del efecto útil, resultado de un cambio introducido en la andadura habitual del caballo, citarémos un experimento notable hecho hace algunos años por Lermoyez en el gran subterráneo de San Quintin.

Habiendo hecho necesario la actividad de la navegacion el reemplazo del arrastre á á brazo por un método más perfeccionado, se ensayó hacer tirar los barcos por caballos que marcháran sobre las banquetas del subterráneo. Con este objeto se llevaron á la entrada del subterráneo 20 atalajes perfectamente arreglados y ocupados diariamente en el arrastre en los canales, y se les confió á los conductores más hábiles. A pesar de todos los elementos favorables que se reunieron, abortó completamente, porque el convoy de barcos empleó 13 horas para atravesar el subterráneo, cuya longitud es de 5.670 metros. La naturaleza misma del caballo, además de la manera de efectuar la traccion sobre los canales, explica fácilmente este mal resultado. El caballo, en efecto, no ejerce un efecto útil en el arrastre de un barco sino arrojando, por decirlo así, el peso de su cuerpo sobre la collera á que están fijos los tirantes: cuando ha impreso una primera impulsión, y siente que el barco ha participado de ella, ó bien que la cuerda no está tirante, avanza y renueva el mismo movimiento. Su traccion no es, á decir verdad, sino una serie continua de esfuerzos que se aplican sobre la collera, y por consiguiente, sobre la cuerda.

Ahora bien: en el subterráneo, habiendo obrado el caballo por su peso, espera en vano que el barco se someta á la impulsión que ha recibido. La mayor resistencia del agua impide al barco avanzar rápidamente, y cuando el caballo quiere hacer un nuevo paso para ejercer un nuevo esfuerzo, el barco no ha recorrido un espacio suficiente para permitir al motor obrar aún útilmente. El caballo, obligado desde luego á marchar á pasos muy pequeños, pierde la mayor parte de su fuerza, y no produce sino un trabajo muy pequeño, y de todos modos desproporcionado con la fatiga que sufre. Para vencer esta dificultad se ha decidido hacer marchar al caballo, no sobre la banqueta del subterráneo, sino sobre un barco, que llevaba un malacate y una cabria de arrastre. El caballo ha podido entonces tomar una velocidad de un metro por 1" próximamente, sin que la velocidad del barco y su resistencia se hayan hecho demasiado considerables: el animal ha podido producir así el trabajo mecánico que respondia á su andadura habitual, y largos convoyes de barcos han atravesado sin dificultad el subterráneo.

Pasemos á las indicaciones relativas al trabajo mecánico diario del caballo yendo al trote ó al galope.

En el camino de hierro de Saint-Etienne se han empleado caballos para la traccion de los coches de los viajeros hasta 1845. En lo llano, ó donde la rampa no pasaba de 0<sup>m</sup>.0024, los caballos de poca alzada hacian por dia dos carreras de á 11.000 metros cada una con la velocidad de 5 metros por 1", ó 18 kilómetros por hora. En estas condiciones producian 386.760 kilográmetros. Su trabajo útil por 1" variaba de 73 á 102 kilográmetros.

Durante muchos años un mismo caballo hacia cuatro marchas diarias de á 4.000 metros, empleando cada 15 minutos dos en subir un declive de 0,002, y dos en el descenso. Su trabajo útil diario se elevaba á 528.000 kilográmetros. Su trabajo mecánico al descender era de 99 kilográmetros por 1", y de 108 al subir. Este caballo era fuerte y de una calidad excepcional. Su trabajo se dividia desde luégo en cuatro períodos muy cortos, circunstancia favorable para su buena conservacion.

Sobre pendientes más fuertes, de 0<sup>m</sup>.03 á 0<sup>m</sup>.035, del mismo camino, con una velocidad reducida á 2<sup>m</sup>. ó 2<sup>m</sup>.2 por 1", M. Bousson evaluaba el trabajo mecánico útil diario de los caballos en 500.000 á 600.000 kilográmetros.

Los antiguos coches-correos eran tirados por cuatro caballos, que hacian próximamente 20 kilómetros por dia con la velocidad media de 4<sup>m</sup>.44 por 1", ó 16.000 metros por hora. Estos caballos solian ser elegidos con cuidado, y sin embargo, se gastaban muy pronto: se exigia de ellos, en efecto, más trabajo del que verdaderamente podian producir sin gastarse. No se hicieron experiencias denamométricas seguidas sobre estos coches, que pesaban 2.000 kilogramos; pero no se alejará mucho de la verdad quien suponga que por término medio, en llano, sobre buenos caminos, el trabajo mecánico era por segundo y por caballo de 84<sup>kgm</sup>.8, ó sea por dia de 400.000 kilográmetros, no comprendiendo el suplemento de trabajo debido á las rampas y al lodo despues de las fuertes lluvias. Esta cantidad de trabajo diario era excesiva, en atencion á la velocidad en que se obtenia.

Esta velocidad de 4<sup>m</sup>.44 por segundo, obtenida regularmente sobre nuestros actuales caminos, no se habia conseguido ántes en las condiciones más favorables. El duque de Choiseul, superintendente de postas, que tenia su amor propio en viajar con una velocidad excepcional, empleaba 13 horas para ir desde la calle de Juan Jacobo Rousseau á su castillo de Chauteloup, cerca de Amboise. La distancia era de 48 leguas de á 4 kilómetros; no hacia, pues, sino 4<sup>m</sup>.10 por segundo.

Las diligencias francesas, que pesaban 4.000 kilogramos con su cargamento, eran arrastradas por 5 caballerías, que andaban por término medio 3<sup>m</sup>.33 por 1", y recorrian 24 kilómetros por dia. La cantidad de trabajo de cada caballo, no comprendiendo los esfuerzos suplementarios necesitados para las rampas, era lo ménos de 760.000 kilogramos por dia. Este trabajo era excesivo, y los mejores caballos no podian soportarle largo tiempo.

Los caballos de los ómnibus de Paris pueden dar un ejemplo muy interesante, porque se aplican á enormes trasportes ejecutados por mucho ganado.

En un experimento hecho sobre el tram-vía de Cours-la-Reine, M. Tresca ha hallado que á la velocidad de 3<sup>m</sup>.35 por 1", con un coche de peso de 2.720 kilogramos, y conteniendo 47 viajeros que pesaban 3.055 kilogramos, el esfuerzo de traccion era de 39<sup>k</sup>.150, ó sea por caballo de 19<sup>k</sup>.575. El trabajo mecánico por caballo y por segundo era solamente de 65<sup>kgm</sup>.57. Esta cifra no es elevada, pero los cambios, bastante frecuentes, en que el esfuerzo de cada caballo se eleva hasta 200 kilogramos, acaban los caballos y explica la cifra

moderada á que se debe reducir el esfuerzo medio, en llano, para asegurar un servicio regular.

Los ómnibus ordinarios de las calles de Paris contaban en 1866 con 656 coches en servicio, que trasportaron 112.043.800 viajeros. La carrera media diaria de cada coche ha sido de 91<sup>km</sup>.538. El número de caballos empleados en la traccion era de 8.720 por dia, de suerte que cada coche era servido por 11,89 caballos, haciendo cada uno por término medio 16<sup>km</sup>.276 por dia. El coche pesa en vacío 1.450 kilogramos, y con los viajeros, el completo de 3,075 kilogramos. El trabajo mecánico útil se eleva por caballo á 750.730 kilográmetros, para la traccion en llano. Si se añade á este trabajo mecánico el que es necesario para subir las rampas, y la fatiga causada por las detenciones y cambios frecuentes, se convencerá de que estos caballos se fatigan mucho, y que resisten gracias á su excelente eleccion, á su vigor, á su poca edad y á los cuidados higiénicos perfectamente entendidos en todo cuanto les concierne.

En la imposibilidad de presentar datos exactos sobre el trabajo de los caballos de la compañía de los coches de Paris, hé aquí solamente, á título de noticias, algunos elementos de cálculo:

El peso de las berlinas vacías de 5 asientos, de 2 grandes caballos, es de 700 kilogramos; el de las de 4 asientos, de 2 caballos, es de 565 kilogramos; los cupés de 2 asientos y un caballo grande, 500 kilogramos; las vitorias de un caballo medio, 425 kilogramos; los coches más pequeños de un caballo pequeño, 275 kilogramos. El servicio de cada coche exige dos tiros y medio próximamente, es decir, que 2 coches de 2 caballos necesitan el entretenimiento de 9 caballos, y 2 coches de un caballo, el de 5 caballos.

Hemos insistido sobre el servicio de los caballos de Paris, porque su trabajo no es excesivo sino en razon de las malas condiciones higiénicas y dificultades especiales; los caballos empleados en los campos, é igualmente alimentados, pueden desarrollar cuasi las mismas cantidades de trabajo diario, á las mismas velocidades.

Todas las cifras precedentes vienen á probar cuánto influye la marcha sobre el trabajo mecánico diario que puede dar un animal.

Marchando veloz, un caballo se fatiga rápidamente, y su rendimiento diario en trabajo mecánico queda comprendido entre el tercio, cuarto, y aún ménos de lo que puede hacer al paso. Además, los caballos destinados á servicios rápidos deben ser jóvenes y de un temperamento robusto, descansados de vez en cuando por trabajos más suaves, á ménos de exponerse á gastarse de una manera completa. Los antiguos maestros de postas eran al mismo tiempo agricultores, y sus caballos servian alternativamente en los campos y en los relevos.

Hemos indicado en los ejemplos precedentes el trabajo mecánico útil diario desarrollado por el caballo aparejado, es decir, el producto del esfuerzo medio que ejerce por el camino que recorre. Pero para tener el trabajo exterior total producido por el animal, es necesario añadir al producto precedente el trabajo consumido por el movimiento de su misma masa, sea al paso, sea á cualquiera otra andadura. Desgraciadamente no existen experimentos ni razonamientos que permitan, en cuanto al presente, hacer este cálculo de una manera racional. Los desarrollos dados en los capítulos anteriores, nos dispensan de entrar en ningun detalle sobre la naturaleza de los que se deberian hacer para resolver el problema. Es de desear que estas cuestiones sean emprendidas por agricultores ilustrados.

A falta de noticias suficientes para calcular el trabajo consumido por el transporte del caballo á diversas andaduras, los matemáticos, á pesar de numerosos ensayos, no han podido dar fórmulas exactas para resolver las cuestiones que presentan á cada instante el empleo de los animales de tiro en la práctica. No reproduciremos, pues, las fórmulas más ó menos complicadas que han dado, pero creemos útil, á falta de experimentos positivos, dar algunos resultados de cálculos interesantes, para consultarlos como términos de comparación.

El trabajo mecánico útil diario de los caballos, disminuye rápidamente cuando su velocidad aumenta. Esta disminución sigue evidentemente una ley diferente, según las aptitudes individuales de cada animal. Es, pues, imposible expresar por una sola fórmula la ley de esta disminución, pero se puede dar una idea general del fenómeno, como lo ha hecho el ingeniero M. Fourier, agrupando por interpolación un cierto número de datos relativos á esta cuestión. Admitiendo que el caballo da su máximo de efecto útil diario á la velocidad de 3.200 metros por hora, ó de 0<sup>m</sup>.90 próximamente por 1", y representando este trabajo máximo por 100, se reducirá á las otras velocidades, según el autor que hemos citado, en las relaciones siguientes:

Velocidades por hora	Trabajo útil diario
metros	kilogrametros
2.000.....	69
3.200.....	100
4.000.....	99
6.000.....	94
8.000.....	83
10.000.....	68
12.000.....	51
14.000.....	33
16.000.....	18
18.000.....	7

Más allá de este límite, el trabajo útil se reduce casi á nada y toda la fuerza del animal se emplea en su propio transporte.

Otra cuestión de interés práctico diario, es el de la evaluación de la fatiga impuesta á los animales por las rampas ó pendientes que se encuentran sobre un camino, ó en otros términos, la medida de la influencia del trazado sobre el precio del jornal de los transportes. A falta de experimentos directos, muchos ingenieros han tratado de resolver la cuestión por el cálculo. Los resultados de estas cuestiones dan indicaciones útiles; pero este estudio será más propio cuando hablemos del modo de establecer caminos rurales.

**ALIMENTACIÓN DEL CABALLO.** El consumo diario de un caballo debe dividirse por el pensamiento, como el de todo animal de trabajo, en dos partes distintas, La una, destinada al entretenimiento del calor animal, del trabajo interno de las funciones vitales y producción de las secreciones. Esta primera parte es casi constantemente proporcional á su peso, para animales de la misma raza, puestos en condiciones semejantes. La segunda parte del consumo es la ración del trabajo, que es casi proporcional, para cada marcha, á los esfuerzos que se exigen del animal en los límites de sus fuerzas y hábitos.

El alimento de los caballos se compone en general, en la mayor parte de los departamentos, de heno, paja y avena. Se comparan á estos tipos casi todas las demás sustancias que entran más ó menos habitualmente en las raciones. Esta sencillez del alimento del ca-

ballo hace menos complejo que para el hombre el estudio de la cuestión de su racionamiento, y permite poder fijar con este motivo reglas de una aplicación bastante sencilla, aunque no ofrecen toda la exactitud que podrían darnos algunos experimentos precisos y bien dirigidos.

La ración de entretenimiento varía necesariamente con el temperamento y el peso del animal; pero para un caballo de peso de 500 kilogramos, se admite que por término medio, puede reducirse á 5 kilogramos de heno y 5 de paja de buena calidad.

El heno y la paja, como todas las materias alimenticias, contienen materias ricas en carbono y en ázoe. La ración de entretenimiento de que se acaba de hablar, contiene por término medio próximamente:

	Heno	Paja	Total
	kilogramos	kilogramos	kilogramos
Carbono.....	1,955	2,036	3,990
Oxígeno.....	1,655	1,610	3,265
Hidrógeno.....	0,215	0,225	0,440
Azoe.....	0,065	0,015	0,080
Agua y cenizas.....	1,110	1,115	2,225
Total.....	5,000	5,000	10,000

El carbono no falta jamás relativamente al ázoe en las materias herbáceas, de modo que en los cálculos de racionamiento del caballo, se preocupa solamente de asegurar al animal una proporción suficiente de ázoe, porque los alimentos carbonados serán siempre suficientes cuando los alimentos azoados sean bastante abundantes. Nos limitaremos, pues, á decir, en general, que la ración diaria de entretenimiento de un caballo, no haciendo absolutamente nada, puede reducirse á una cantidad de heno y paja que contengan próximamente 16 gramos de ázoe por 100 kilogramos de peso del animal. Esta proporción de ázoe es un mínimo que responde á un estado de reposo absoluto que no se encuentra en general en la práctica. Al contrario, la proporción del carbono de la ración de entretenimiento que se acaba de citar, á título de primera indicación, es relativamente un poco subida, como se comprenderá por lo siguiente.

Para ponerse en las condiciones de la práctica, es necesario añadir á la ración de entretenimiento la ración de trabajo. Ésta debe ser proporcional á la fatiga y puede contener más del doble de la proporción de ázoe de la ración de entretenimiento, si el animal considerado está sometido á un trabajo muy rudo. No se llegaría á obtener una ración tan sustancial, aumentando simplemente la cantidad de heno, de paja ó de otras materias herbáceas dadas al caballo. El volumen de las sustancias á ingerir llegaría á ser desproporcionado con la capacidad del estómago, y tendría el animal que eliminar una cantidad demasiado grande de carbono. Se tendría, pues, que dar á los caballos que deben consumir una gran actividad, alimentos más nutritivos, bajo un volumen dado, que no sean materias herbáceas, é introducir en la ración una cantidad más ó menos grande de avena ó sustancias análogas.

Citarémos primero, para despues discutir en su conjunto, un cierto número de ejemplos de raciones alimenticias dadas á caballos de trabajo.

Los caballos de labor, en las tierras de Trappes, reciben por término medio 5 kilogramos de paja, 5 de heno y 4 de avena. Estos caballos producen por día, deducción hecha de fiestas y domingos, cerca de 1.550.000 kilogrametros de trabajo mecánico, ó sea un consu-