

sistema regenerador es aplicado, por el capitán Erickson, como fuerza calentándolo para que obre por expansión, y enfriándolo, cuando ha servido, para emplearlo nuevamente.

Aquí terminamos las nociones de Mecánica que hemos considerado como indispensables para la inteligencia de las materias de que nos vamos á ocupar, y de cuyo conocimiento no debieran carecer las personas que se dedican á cualquier ramo de la industria.

TRABAJO MECÁNICO DE LAS FUERZAS.

Trabajar es vencer durante cierto tiempo las resistencias que de continuo se renuevan: así, arrastrar un peso, levantar un cuerpo, aserrar, limar, etc., es trabajar.

El trabajo mecánico es la acción de una fuerza sobre una resistencia que se le opone directamente, y que destruye de continuo haciendo recorrer un cierto espacio á su punto de aplicación.

De esta definición resulta, que el trabajo mecánico es un efecto complejo, pues participa del esfuerzo empleado y del espacio corrido por el punto sometido á su acción; y por esto se dice que es el producto de dos cantidades indispensables: la presión ó esfuerzo y la velocidad ó espacio recorrido. Es decir, que el trabajo aumentará ó disminuirá con la presión y con la velocidad.

Puede suceder que la presión ó esfuerzo empleado en vez de determinar el movimiento sea contrareestado por otras resistencias más poderosas, por cuya acción quede el cuerpo en equilibrio: en este caso, el efecto producido se apreciará solamente por su peso y se valorará en kilogramos.

De esta distinción entre las fuerzas que determinan el movimiento y de las que no le determinan procede la división en *fuerzas vivas* y *fuerzas muertas*.

Todas las fuerzas motrices están comprendidas en la sección de fuerzas vivas, y se medirán por el esfuerzo valorado en kilogramos y la velocidad expresada en metros.

Para apreciar el efecto útil ó el trabajo de las máquinas se toma por unidad de medida el esfuerzo capaz de

elear un kilogramo á la altura de un metro en un segundo, y esta unidad resultante de la multiplicacion de un kilogramo por la velocidad de un metro se llama *kilográmetro*. Así, cuando en una máquina se aplica la fuerza ó presión de 26 kilogramos con una velocidad de 3 metros por segundo se dirá que su trabajo vale $26 \times 3 = 78$ kilográmetros. Es decir, que dicho trabajo equivale á 78 kilográmetros ó al esfuerzo necesario para elevar en un segundo 78 kilogramos á la altura de un metro.

Mediante esta unidad se podrá comparar el efecto útil de los motores y de toda clase de máquinas, haciendo entrar además el tiempo como una condicion indispensable para fijar la relacion del trabajo.

Cuando se trata de medir y comparar el trabajo mecánico en las máquinas ó motores de gran potencia, se usa de otra unidad llamada *caballo de fuerza* ó *caballo de vapor*, que equivale á 75 kilográmetros; esto es, al esfuerzo necesario para elevar, en un segundo, 75 kilogramos á la altura de un metro. Por esto, cuando se tenga que apreciar la potencia de un motor ó de una máquina se hallará el trabajo en kilográmetros por segundo, y dividiendo el resultado por 75 se tendrá el número de caballos de fuerza.

Ejemplo: Á una máquina se aplica el esfuerzo de 85 kg. haciendo mover el punto de aplicacion con una velocidad de 3 metros por segundo, y se pide el número de caballos de vapor á que corresponde su potencia.

El trabajo será: $85 \times 3 = 255$ kilográmetros. Partiendo por 75 resulta $255 \div 75 = 3.4$ caballos. Esto es, que la potencia aplicada á dicha máquina equivale á 3 caballos de vapor y 4 décimas de otro.

MOTORES. Llamamos motores á los agentes mecánicos que las fuerzas naturales ponen en movimiento y por cuyo

medio se ejecutan todos los trabajos de las artes mecánicas.

Los motores que generalmente se emplean en la industria se clasifican en animados é inanimados.

Los *motores animados* son los hombres y los animales, y los *inanimados* son los flúidos elásticos, los resortes, el aire, el agua y el vapor.

Debe hacerse distincion entre el motor y las causas naturales que le dan la calidad de tal, y sin las cuales no produciria ningun efecto. Así, los hombres y los animales sirven como motores en virtud de su fuerza muscular: el aire no se pone en movimiento sino cuando es rarificado por una causa cualquiera en algun punto de la atmósfera: el agua obra como motor en virtud de la gravedad que por la diferencia de nivel la pone en movimiento, y el vapor y los gases adquieren la propiedad de motores por la accion del calórico á que se les sujeta.

Debe observarse tambien, que el agua y el vapor obedecen á las leyes físicas, y por esto puede continuarse su accion por un tiempo ilimitado; pero los hombres y los animales están sujetos al cansancio despues de un cierto tiempo, y necesitan indispensablemente del reposo. Por esta razon se considera el *trabajo de jornal* siempre que se trata de motores animados, y se valía multiplicando el esfuerzo empleado por la velocidad y por el tiempo que ha continuado la accion.

Existe un esfuerzo, una velocidad y una duracion que dan el mayor producto posible en los motores animados para el trabajo de jornal, y este se llama *trabajo máximo*.

Algunos sábios han aplicado al hombre y á los animales en distintas condiciones á diferentes clases de trabajo, y despues de muchísimos experimentos han calculado el promedio del trabajo producido, y han formado la siguiente tabla para apreciar el trabajo de jornal:

TABLA DE LA CANTIDAD DE TRABAJO QUE POR TÉRMINO MEDIO PUEDE PRODUCIR EL HOMBRE Y DEMÁS ANIMALES EN DISTINTAS CIRCUNSTANCIAS.

NATURALEZA DEL TRABAJO.	Peso ó esfuerzo ejercido.	Velocidad por segundo.	Trabajo por segundo.	Duración del trabajo.	Trabajo de jornal ó diario.
	kilóg.	metr.	km.	horas.	kilogrametros.
Un hombre subiendo una escalera ó una rampa suave sin otra carga que el peso de su cuerpo. . .	63	0'13	9'73	8	280,800
Un peon subiendo pesos tirando la cuerda de una polea fija.	18	0'20	3'60	6	77,760
Un hombre levantando pesos con la mano.	20	0'17	3'40	6	73,440
Un hombre con un peso á las espaldas subiendo una rampa suave ó una escalera y volviendo sin carga.	65	0'04	2'60	6	56,160
Un hombre subiendo materiales en un carretoncillo de una rueda, en una rampa de $\frac{1}{12}$ y volviendo vacío.	60	0'02	1'20	10	43,200
Un peon elevando tierra con la pala á la altura de 1'60 m. por término medio.	2'7	0'40	1'08	10	38,880
SOBRE LAS MÁQUINAS.					
Un peon obrando en las clavijas de una rueda ó en la circunferencia de un tambor al nivel del eje. . .	60	0'13	9	8	259,200
Obrando hácia bajo de la rueda á 24°.	12	0'70	8'4	8	231,120
Un peon tirando ó empujando horizontalmente y andando.	12	0'60	7'2	8	207,360
Un hombre obrando en un manubrio.	8	0'75	6	8	172,800
Un peon ejercitando, tirando y empujando en sentido vertical. . .	5	1'1	5'5	8	153,400
Un caballo uncido á un carruaje ordinario y andando al paso. . . .	70	0'9	63	10	2,168,000
Un caballo tirando en una noria ú otra máquina andando al paso un camino circular.	45	0'9	40'5	8	1,166,400
Id. id. andando al trote.	30	2	60	4'5	972,400
Un buey id. id. andando al paso. .	65	0'6	39	8	1,123,200
Un mulo id. id. andando al paso. .	30	0'9	27	8	777,600
Un asno id. id. id.	14	0'8	11'2	8	334,080

En la precedente tabla se ve que un hombre aplicando su accion á la circunferencia de una rueda con clavijas ó de un tambor, al nivel del eje, hace recorrer 15 centímetros por segundo el punto de aplicacion, lo cual corresponde á 9 metros por minuto; y si se supone el diámetro de la rueda ó tambor de 2'5 m. la circunferencia será de $3'1416 \times 2'5 = 7'854$ m. Partiendo ahora el espacio 9 m. por el valor hallado de la circunferencia se tiene: $9 \div 7'854 = 1'146$ vueltas por minuto. Este resultado manifiesta, que un hombre en las circunstancias dichas puede producir una fuerza de 60 kilóg. haciendo dar á la rueda 1'146 vueltas por minuto.

El trabajo producido por segundo es de 60 kilóg. elevados ó trasladados á 15 centímetros, que equivale á 9 kilogrametros, ó á 32,400 km. por hora, y como serán 8 horas al dia las que podrá sostener ó continuar su accion, se sigue que el trabajo diario dará 259,200 km., como se desprende de la misma tabla.

Este es el resultado correspondiente al trabajo de un hombre cuando ha de continuar su accion todos los dias, pero cuando se trata de hacerle aplicar su fuerza momentáneamente en el manubrio de una cábria, de una grúa, cabrestante, etc., producirá un trabajo mucho mas considerable.

Para conocer á cuánto puede llegar el trabajo de un hombre en circunstancias dadas, se han repetido los experimentos en épocas y condiciones distintas, y se ha visto que en casos favorables un hombre ha producido durante 90 segundos á razon de 27 kilogrametros por segundo; y un irlandés de gran fuerza, pero con mucha dificultad, llegó á elevar en 132 segundos un peso de 1666'25 kg. á la altura de 5'03 m., que corresponde á 63'5 kilogrametros por segundo. Pero se concibe fácilmente que un

hombre no puede desplegar tal potencia sino durante muy corto tiempo, porque, como semejante esfuerzo le ha de cansar mucho, tiene necesidad de acudir al descanso muy á menudo.

En la tabla se ha puesto el esfuerzo y la velocidad mas propias para seguir el trabajo diario ó de jornal, y no por esto es preciso ceñirse estrictamente á lo que previene, pues se puede aumentar la presion ó esfuerzo y disminuir la velocidad, si conviene, ó al contrario. En efecto, el trabajo se compone del producto de dos factores que son el esfuerzo y la velocidad, y siempre que aumente uno es preciso que disminuya el otro en la misma relacion, porque si un hombre ejerce en un manubrio el esfuerzo de 8 kg. con una velocidad de 75 centímetros, que equivale á 6 kilográmetros de trabajo por segundo; es claro que cuando se le obligue á aplicar mayor esfuerzo lo hará con una velocidad mucho menor: de modo que, si ejerce un esfuerzo de 24 kg., la velocidad podrá ser tan solo de 25 centímetros por segundo, en razon de que $6 \text{ km.} \cdot 24 \text{ kg.} = 0.25 \text{ m.}$

De esta observacion resulta, que cuando se quiere ganar en fuerza deberá disminuirse la velocidad, y al contrario si se trata de aumentar la velocidad de un motor animado solo podrá hacerse á expensas del esfuerzo ó presion, porque la cantidad de trabajo diario que podrá sostener no se separará por término medio de la que se indica en la última columna de la tabla.

El trabajo de los motores animados no consiste solamente en elevar pesos á cierta altura y en aplicar su accion en un manubrio, palanca, etc., para mover una máquina, sino que tambien debe considerarse otro género de trabajo que resulta del transporte horizontal de una carga. Estas dos clases de trabajo se distinguen perfecta-

mente una de otra: en efecto, en el primer caso hemos tenido en consideracion el esfuerzo empleado y el espacio recorrido en cierto tiempo, cuyo producto nos ha servido de medida para valuarlo; pero en el segundo es preciso atender á otras muchas circunstancias, pues si suponemos que un hombre transporta materiales por medio de un carretoncillo, veremos que produce tres géneros de trabajo: 1.º el esfuerzo que hace para sostener los brazos del carretón á cierta altura, que no baja de 16 á 20 kg.; 2.º el esfuerzo tirando ó empujando para que marche, valuado en 3 kg. próximamente, ejercido sin cesar en el camino que recorre durante el dia, y 3.º el trabajo que resulta en razon de la masa transportada. Por esta causa se ha dado el nombre de *trabajo mecánico* ó *trabajo motor* al que realmente desarrolla este en un tiempo dado, y el de *trabajo útil* al que representa el efecto producido ó el transporte horizontal de la carga.

El transporte horizontal, respecto al del motor, es un trabajo mecánico interiormente desarrollado, de lo cual resulta un grado mayor ó menor de fatiga; pero como en la medida de este trabajo se pone el peso propio del cuerpo en vez de la resistencia que opone al movimiento, y esta resistencia puede reducirse tanto como se quiera, sin que el efecto útil disminuya, es evidente que no será lo mismo este trabajo útil que el trabajo mecánico que deberá emplearse para producirlo en ciertos casos si el cuerpo está colocado en un carro, en un barco, ó si se ha de arrastrar echado simplemente sobre una tabla.

Para medir el trabajo desarrollado por el transporte se toma por unidad el kilógramo trasladado á un metro de distancia, y por esto se halla multiplicando el peso de la carga en kilógramos por el número de metros del camino andado; porque la fatiga ó el trabajo desarrollado crecerá

proporcionalmente al peso y á la distancia que recorra. Y se observa, que si las circunstancias del transporte, ó el estado del camino, ó la velocidad varían, sin cambiar el efecto útil, el trabajo mecánico ó el grado de fatiga que supone el transporte en cuestion puede ser muy diferente.

Los datos de la tabla que sigue, cuando se trata del trabajo correspondiente al transporte por medio de carros ó de carretoncillos, suponen el camino de una viabilidad ordinaria, y es claro que á igualdad de trabajo mecánico, el efecto útil aumentará en los caminos perfectamente unidos y disminuirá en los que se hallen en mal estado. En un terreno horizontal firme y unido ó en una calzada bien empedrada la fuerza del tiro, andando al paso, es de 0'04 de la carga comprendido el carro. Como la tracción crece con la velocidad en las calzadas empedradas, es por esto que en una de ellas, andando al trote, el tiraje será los 7 décimos de la carga. En terreno arenoso ó en un camino cubierto de gujarros será el octavo, ya andando al trote, ya al paso; y en un camino de hierro con carril saliente, el esfuerzo del tiraje variará de 10 á 12 milésimos de la total carga.

Cuando el camino se halla afirmado y conservado como de ordinario, el esfuerzo debe equivaler á los 0'08 de la carga, y si contiene carriles planos ó está cubierto con piedra dura y bien unida se reducirá á 0'01; pero si se halla en el mas perfecto estado de conservacion, y se untan continuamente los ejes, será de los 0'005 de la carga comprendido el carro, cuyo peso varía regularmente de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{4}$ de la carga total.

TABLA DEL EFECTO ÚTIL QUE PUEDE PRODUCIR EL HOMBRE Y LOS ANIMALES EN EL TRANSPORTE HORIZONTAL CONSIDERADO EN DIVERSAS CIRCUNSTANCIAS.

NATURALEZA DEL TRANSPORTE.	Peso transportado.	Velocidad ó camino andado por segundo.	Efecto útil expresado en kg. transportados á 1 metro.	Duración del trabajo diario.	TRABAJO ÚTIL POR DIA.
	kilóg.	metros.		horas.	
Un hombre marchando por un camino horizontal sin carga alguna transportando solo el peso de su cuerpo.	65	1'3	97'5	10	3.510,000
Un peon transportando materiales en un carretón pequeño de dos ruedas y volviendo vacío.	100	0'50	50	10	1.800,000
Un peon transportando materiales en un carretoncillo de una rueda y volviendo vacío.	60	0'50	30	10	1.030,000
Un hombre viajando y llevando un fardo á las espaldas.	40	0'75	30	7	756,000
Un peon transportando materiales en sus espaldas y volviendo sin nada para nueva carga.	65	0'50	32'5	6	702,000
Un peon transportando un peso en unas angarillas y volviendo sin nada á buscar nueva carga.	50	0'33	16'5	10	594,000
Un caballo transportando materiales en una carreta ó carro, marchando al paso y siempre cargado.	700	1'10	770	10	27.720,000
Un caballo uncido á un carruaje y marchando al trote continuamente cargado.	350	2'20	770	4'5	12.474,000
Un caballo transportando efectos en un carro ó carreta y volviendo vacío para nueva carga.	700	0'60	420	10	15.120,000
Un caballo cargado y andando al paso.	120	1'10	132	10	4.752,000
Un caballo cargado y andando al trote.	80	2'20	176	7	4.438,000
Un hombre tirando un cabo.	»	»	»	»	500.000,000
Un caballo tirando un cabo.	»	»	»	»	1,200.000,000