

de la contrapresion, ó en otros términos, la presion efectiva sobre el piston. Si la presion efectiva está expresada en kilogramos, y el espacio recorrido en metros, el producto de estos dos números dará el trabajo obtenido, expresado en kilográmetros. La superficie del rectángulo representará en la escala adoptada esta misma cantidad de trabajo. Para que la explicacion precedente no deje ninguna duda en el espíritu de las personas que no están familiarizadas con estas consideraciones, harémos la aplicacion á un ejemplo particular. Consideremos una máquina de vapor, cuyo émbolo tenga $0^m,17$ de diámetro, ó $0^m,085$ de radio: su superficie será igual á $3,1415 \times 0,085^2 = 0^m,0227$. Si el vapor que obra sobre el cilindro está á 5 atmósferas, su presion por metro cuadrado será de 51.664 kilogramos sobre la otra cara del émbolo; la atmósfera ejercerá una presion de 10.332 kilogramos por metro cuadrado. La presion efectiva del vapor por metro cuadrado será, pues, $51.664 - 10.332 = 41.331$. El esfuerzo sobre el émbolo será igual al producto de su superficie por esta presion, ó sea $0^m,0227 \times 41.331 = 938^k,214$. Si la carrera del émbolo es de $0^m,30$, el trabajo mecánico desarrollado por el vapor en cada carrera del émbolo será igual al esfuerzo que soporta multiplicado por el espacio que recorre, ó sea $938^k,214 \times 0,30 = 281^k^m,46$. Este número es precisamente igual á la superficie de un rectángulo que tenga por base la carrera del émbolo, y por altura una línea que represente en una escala determinada el producto de la superficie del émbolo por la presion efectiva que soporta. La cantidad de trabajo que se acaba de calcular se producirá en cada carrera del émbolo, sea en un sentido, sea en el otro; de suerte que el trabajo total producido por el vapor en un tiempo dado es igual á la cifra precedente multiplicada por el número de emboladas en este mismo tiempo.

Tal es el método, bien elemental, que permite, ó calcular, ó representar gráficamente el trabajo, cuando es á toda presion, es decir, cuando la caldera comunica libremente, por orificios suficientes, con el cilindro, en toda la duracion de la carrera, y que la contrapresion es igualmente constante.

El trabajo producido en estas circunstancias en un cilindro dado es proporcional á la presion efectiva y á la longitud de la carrera, es decir, al volúmen de vapor consumido. Por otra parte, teóricamente, el peso del vapor que hay que consumir para producir, obrando á toda presion, un trabajo dado será cuasi constante, siempre que la presion exceda de una atmósfera. Pero muchas consideraciones modifican esta indicacion, y no le damos aquí sino á título de primer dato.

Los buenos constructores no emplean jamás el vapor á toda presion: las explicaciones precedentes tienen, pues, principalmente por objeto hacer comprender, por un primer ejemplo sencillo, el modo de calcular ó representar gráficamente el trabajo del vapor. Despues de esta explicacion, será fácil comprender el principio de la expansion y la gran economía realizada por este método de empleo del vapor.

El objeto de la expansion es interrumpir la entrada del vapor en el cilindro ántes de que el émbolo llegue al extremo de su carrera: desde ese momento, el vapor encerrado en el cilindro obra como un gas, y su presion sobre el émbolo disminuirá segun aumente el volúmen, continuando el émbolo su marcha. De esta suerte se aprovecha mejor la tendencia del vapor á aumentar de volúmen, gastando poco en cada embolada. Hecha la expansion se pueden calcular, y por tanto, trazar curvas que muestren clara y sencillamente para cada punto de la carrera del émbolo la presion del vapor sobre él, la contrapresion, y por tanto, el trabajo efectivo para cada variacion, por pequeña que sea, de situacion del émbolo,

y es lo que se llaman diagramas. El trazado de estas curvas se obtiene con facilidad por medio de un pequeño aparato que se llama indicador de Watt, del nombre de su inventor. Este instrumento es una de las primeras aplicaciones entre los medios gráficos y automáticos, tan perfeccionados hoy. Se compone de un émbolo vertical, oprimido por un resorte y puesto en un pequeño cilindro perfectamente alisado, y comunicando con el gran cilindro de la máquina. El vapor obra sobre el pequeño émbolo, y le mueve comprimiendo el resorte proporcionalmente á su presion. La varilla del pequeño émbolo lleva un lápiz que sigue naturalmente todos sus movimientos. Este lápiz traza la curva del diagrama sobre un papel, que se mueve, arrastrado por la máquina, proporcionalmente á la velocidad del mismo émbolo grande. Se puede, pues, obtener para cada máquina y para cada condicion de su marcha diagramas, y darse así cuenta de todas las particularidades que se produzcan periódica ó accidentalmente en el interior del cilindro.

Los diagramas hacen conocer el trabajo mecánico efectivo desarrollado por el vapor sobre el émbolo; pero la totalidad de este trabajo no puede ser utilizado: cierta parte se emplea en vencer los frotamientos de la máquina, en hacer funcionar la bomba alimentadora, etc. En las buenas loco-móviles ordinarias se debe obtener, en trabajo disponible sobre el árbol del volante, 80 á 90 por 100 del trabajo desarrollado por el émbolo. El propietario de un motor de vapor se debe preocupar sobre todo del trabajo disponible que le da. Se limita, pues, en general, en las recepciones de las máquinas, á buscar el trabajo disponible sobre el volante en movimiento, como lo indicaremos más adelante al hablar de los ensayos de las loco-móviles; pero era indispensable estudiar el desarrollo del trabajo desde su origen para hacer comprender los principios esenciales que hay que observar en la construccion de las máquinas de vapor agrícolas, principios mucho más delicados de lo que se supone algunas veces, y que deben poseer todas las personas que quieran hacer un empleo juicioso del vapor y poder discutir fundadamente las condiciones de establecimiento de sus aparatos. No entramos en mayores detalles porque la cosa es muy complicada, y sobre todo porque casi todas las máquinas agrícolas son de plena presion.

CAMISA DE VAPOR. Antes de pasar á la descripcion de los mecanismos de algunas máquinas de vapor, debemos aún hacer concebir la conveniencia de una envolvente de vapor del cilindro, cuya utilidad no ha sido siempre bien apreciada.

En las máquinas de expansion, la economía que resulta del empleo de una camisa de vapor al rededor del cilindro no parece dudosa, y esta economía es tanto mayor cuanto la expansion se efectúa entre límites más lejanos. Consideremos, por ejemplo, una máquina, cuyo cilindro no tiene envolvente de vapor, que funciona á 6 atmósferas efectivas, y en la que la interrupcion principia á $\frac{1}{4}$ de la carrera.

La temperatura del vapor, en el momento en que la comunicacion del cilindro con la caldera se suprime, será de 166° . Al fin de la interrupcion, la tension del vapor no es más que de $1^m,75$, y su temperatura será solamente de 117° . Las paredes del cilindro habrán llegado cuasi á la misma temperatura.

En el momento que el vapor vuelva á entrar en el cilindro, sobre la otra cara del émbolo estará él á 166° , pero estando el cilindro á 117° , deberá necesariamente condensarse un poco de vapor de agua para que suba á 166° . Esta agua quedará en el cilindro en estado líquido hasta el momento en que se interrumpa de nuevo la comunicacion con la caldera. Entonces comenzará el período de la expansion, el agua líquida se hallará sometida á una presion menor que la que corresponde á su temperatura, y se evaporará progresivamente

durante el movimiento del émbolo, y su fuerza elástica se unirá á la del vapor dilatado.

Parece, pues, á primera vista que se vuelve á recuperar, en este segundo período, el trabajo perdido por la condensacion en el momento de la introduccion á todo vapor, pero si se reflexiona, se reconoce que no hay nada de esto. En lugar de utilizar el volúmen de vapor correspondiente al agua condensada á 6 atmósferas, se utiliza en una presion que varía de 0 atmósferas á 1,75, presion del fin de la interrupcion, y por consiguiente, se obtiene de él ménos trabajo que si se hubiera obrado, utilizándola á 6 atmósferas. En una palabra, se pierde vapor á alta presion y se recupera el mismo peso de vapor, pero á baja presion. Una figura muy sencilla daría cuenta de este fenómeno fácilmente. Si, al contrario, el cilindro está rodeado de una camisa de vapor á la temperatura de la caldera, no hay condensacion en el cilindro, y el vapor consumido obra enteramente en las condiciones en que se produce el máximo de trabajo. Es necesario, pues, comprender bien que las envolventes de vapor, puestas al rededor de los cilindros, no tienen por objeto primordial el disminuir su enfriamiento, sino más bien prevenir el enfriamiento interior durante la expansion. La camisas de vapor deben, pues, comunicar directamente con la caldera y no con el escape, como lo hacen contra toda razon algunos constructores. El empleo del vapor recalentado haría inútiles las envolventes de vapor, pero el recalentamiento ha exigido siempre, hasta hoy, aparatos demasiado delicados para que se hayan podido aplicar á las máquinas agrícolas.

Después de las indicaciones precedentes sobre los principios más esenciales del establecimiento de los motores de vapor sin condensacion, debemos pasar al estudio de los mecanismos de las máquinas empleadas en agricultura.

CONSTRUCCION DEL APARATO MOTOR. Los constructores franceses montan ordinariamente todas las piezas del mecanismo sobre un batiente de fundicion que establece entre ellas una solidaridad completa. Este batiente, en las loco-móviles ordinarias, está fijo sobre la caldera por 4 ó 6 pernos. La disposicion de estos pernos no es indiferente. Se limita algunas veces á agujerear la chapa de la caldera, frente por frente á los agujeros correspondientes del batiente, y se pasan por ellos pernos ordinarios, cuya cabeza, puesta al interior, está guarnecida de estopa y de minio para evitar los escapes de vapor. Otras veces se taladra la chapa de la caldera, y se pone al exterior una rosca. Estas disposiciones y otras análogas, son viciosas: la chapa de la caldera se fatiga, y cuasi siempre produce escapes al rededor de los pernos. Los buenos constructores operan de otro modo: durante la construccion de la caldera ponen una contra-placa, con pernos pegados en caliente, en los puntos en que deben fijarse pernos al batiente. Se agujerea la placa y la contra-placa y se remachan en rojo los pernos, torneados con un ancho saliente, que deben entrar en los agujeros del pavimento. Estos agujeros son un poco ovalados en el sentido de la longitud de la caldera, para que las dilataciones puedan operarse sin fatigar ni desfigurar las piezas.

Las formas del batiente, en general, varían de una máquina á otra. Dependen de la disposicion de las piezas que debe soportar, de los conductos que debe encerrar, etc. La única indicacion general que se puede dar en este punto, es relativa á los coginetes del árbol motor, que deben estar suficientemente separados el uno del otro, para que el árbol esté bien asegurado, y sobre todo para que el volante ó las poleas matrices estén bastante próximas de los coginetes para evitar un ~~resultado~~ perjuicio.

Los constructores ingleses establecen en general el mecanismo de la máquina directa-

mente sobre el cuerpo de la caldera, sin emplear batiente general. Esta disposicion parece presentar más inconvenientes que ventajas.

La construccion de los émbolos de las máquinas agrícolas debe ser muy sencilla, y perfectamente sólida, para evitar todo cambio de forma. El pequeño diámetro de los cilindros, permite suprimir los resortes y otras disposiciones complicadas. El émbolo se reduce á un disco de fundicion hueco, ó de hierro, en cuya circunferencia se tornean dos ranuras, donde se ponen dos anillos hendidos de fundicion de juntas opuestas, que se aplican exactamente contra las paredes del cilindro. La varilla muchas veces está unida al cuerpo del émbolo por un perno ó una clavija, pero es preferible, para las pequeñas máquinas de nuevas alquerías, taladrar su extremidad y asegurar al cuerpo del émbolo caliente, después de remachar la extremidad hecha con este objeto.

Un émbolo y su varilla así reunidos, no exigen jamás cuidados de ajustes en toda la duracion de la máquina.

Los cilindros de las máquinas agrícolas son de fundicion. Las canales de distribucion del vapor vienen fundidos con el cilindro. Sucede lo mismo con los huecos que deben servir para formar camisa de vapor cuando ésta existe. Algunos mecánicos ingleses guarnecen el cilindro de una camisa de chapa de acero de 0^m,0093 de espesor, torneado y alisado. El cilindro de fundicion presenta en cada una de sus extremidades un ensanche cilíndrico interior de 0^m,063 de ancho. El manguito de acero está apretado con prensa hidráulica al cilindro de fundicion así preparado para recibirle. El émbolo se mueve en el interior del cilindro de acero, y la camisa de vapor está formada por el espacio anular comprendido entre la fundicion y el exterior del manguito de acero. Las coberteras del cilindro presentan también espacios vacíos, preparados como de costumbre para completar la envolvente de vapor del cilindro. Esta disposicion especial es ingeniosa, y será ciertamente útil, si la experiencia prolongada demuestra su perfecta solidez.

La distribucion del vapor se hace con ayuda del aparato conocido con el nombre de distribuidor de cajon.

Se ha indicado más arriba de una manera general el modo de funcionar del distribuidor; pero es necesario ahora examinar con más detalles este órgano esencial, cuya exactitud ejerce una influencia tan grande sobre la marcha y efecto útil de las loco-móviles.

En las antiguas máquinas, los dos bordes de la caja del distribuidor eran cuasi del mismo ancho que las bocas de salida del vapor, y el excéntrico que conducía el repartidor estaba fijo perpendicularmente al manubrio motor. Las bocas estaban, por consiguiente, enteramente cubiertas, cuando el émbolo estaba en las extremidades de su carrera, y enteramente descubiertas cuando estaba en la mitad. La figura 11 señala los rebordes inferiores del distribuidor: llámense *lumbres* los extremos superiores de los dos conductos que alternativamente tapan ó descubren estos rebordes.

Por otra parte, los bordes de la caja descubrían ó destapaban al mismo tiempo y en la misma cantidad la boca de llegada del vapor y la de salida, desembocando bajo la caja. Este sistema, muy sencillo en principio, no permite emplear el vapor por expansion, y da lugar á contra-presiones que tienden á reducir el efecto útil del aparato. Para utilizar la fuerza del vapor en las mejores condiciones, es necesario que el abrir y cerrar de las lumbres se produzca de una manera diferente. Las lumbres ó bocas de admision deben, en primer lugar, estar cerradas ántes del fin de la carrera del émbolo, para que el vapor admitido en la primera parte de la carrera pueda interrumpirse durante el período de cierre de la lumbrera. En

fin, es necesario, en segundo lugar, que el vapor pueda obrar sobre el émbolo un instante antes de su llegada al extremo de la carrera. Es necesario, pues, abrir el agujero de escape notablemente antes del fin de la carrera, para evitar toda contra-presión, y cerrar un instante muy corto antes del fin de la carrera, para que los tubos de comunicación y los otros espacios perjudiciales se llenen de vapor á una presión conveniente al momento del cambio de dirección del émbolo cuando llegue nuevo vapor.

Estas diferentes condiciones se cumplen dando á los bordes de los distribuidores un ancho mayor que el de las lumbreras; es decir, un cierto *recubrimiento*, y por otro lado, haciendo que forme un ángulo más ó ménos grande el eje del excéntrico con el del manubrio motor. Se da cuenta fácilmente con exactitud de las particularidades del movimiento del distribuidor, y del instante exacto de la abertura y cierre de las bocas de introducción ó escape del vapor, con ayuda de un dibujo en gran escala, ó mejor, recortando la sección del cajón en una lámina que se haga mover sobre otra plancha en que estén trazadas las bocas y posiciones sucesivas del émbolo del manubrio motor, del excéntrico y de la biela del excéntrico. Los constructores mecánicos ejecutan estos dibujos y los discuten con el mayor cuidado para establecer sus tipos de máquinas. El estudio detallado del avance y del recubrimiento del distribuidor, nos alejaría demasiado de nuestro objeto; pero recomendaremos á los propietarios de máquinas, el que se den cuenta por un dibujo ó por un modelo, ejecutado como acabamos de decir, de la marcha de su distribuidor. Uno ó dos milímetros de diferencia en el arreglo del distribuidor, pueden modificar sensiblemente el gasto del vapor, y es necesario estar perfectamente enterado del arreglo primitivo para restablecerle después de una reparación ó un cierto tiempo de uso.

El recubrimiento del distribuidor no permite aumentar la expansión, ni hacer variar según las necesidades. En las máquinas establecidas con sumo cuidado, un segundo distribuidor, ú otro mecanismo, permite interceptar la entrada del vapor más cerca del origen de la carrera del émbolo que no el distribuidor sencillo. Se disponen en este caso de tal modo, que se pueda variar el grado de la expansión según la fuerza que la máquina deba desarrollar. Ciertas máquinas están dotadas, además, de aparatos destinados á invertir en caso de necesidad el sentido de rotación del árbol. Las máquinas de labranza al vapor darán más adelante ocasión para estudiar este último mecanismo, que rara vez se emplea en máquinas loco-móviles ordinarias.

El tubo que conduce el vapor de la caldera al cilindro lleva necesariamente en cierto punto de su longitud, un aparato llamado regulador, destinado á interrumpir ó á dejar pasar vapor, según la necesidad. La forma de los reguladores es muy variable. En las máquinas muy pequeñas, se puede emplear un simple grifo, pero su volumen da fácilmente lugar á escapes de vapor, y se prefieren para las máquinas agrícolas reguladores automáticos. Estos aparatos están formados de una varilla cilíndrica de hierro, que lleva un tapon de bronce que descansa sobre un asiento del mismo metal. Esta varilla atraviesa una caja de estopas, y termina por un paso de rosca dirigida por una tuerca, que se pone en movimiento por un pequeño volante de mano. Este regulador es fácil de manejar; sus movimientos son dulces y su entretenimiento muy fácil.

La cabeza del émbolo pone en movimiento el manubrio del árbol por medio de una biela. El ajuste de esta pieza, que se fatiga mucho, merece una atención particular.

Las bielas de horquilla son las más ordinariamente empleadas por los constructores de loco-móviles. Exigen un ajuste muy exacto: las chavetas de cierre deben estar guarnecidas

de tuercas y contra-tuercas para hacer imposible todo movimiento de aflojamiento. En las máquinas agrícolas se usan en general bielas de más fácil construcción que las de horquilla; pero que son más sólidas y de buena conservación. La longitud de las bielas debe estar comprendida entre 4 y 7 veces la longitud del radio del manubrio. Las de hierro forjado no deben soportar en la mitad de su longitud un esfuerzo mayor de 50 á 60 kilogramos por centímetro cuadrado. Esta carga puede llegar á ser 90 á 100 cerca de las extremidades. Las bielas de acero podrán soportar un esfuerzo mayor, y por consiguiente pesar notablemente ménos que las de hierro.

El árbol motor de las máquinas agrícolas es ordinariamente de forma de berbiquí: debe ser de hierro de excelente calidad, ó mejor de acero, y el berbiquí recortado en su masa. El diámetro del árbol y de sus muñones depende de la potencia de la máquina, de la separación de los cojinetes y de la velocidad. Los buenos constructores dan siempre á los árboles de sus aparatos cierto exceso de solidez.

Examinando la manera cómo la biela está unida al manubrio del árbol motor, se ve que obra sobre una palanca igual al radio del manubrio cuando el émbolo está en medio de su carrera, y que esta palanca decrece rápidamente, hasta llegar á ser nula, en las extremidades de las carreras del émbolo.

Suponiendo aún que el esfuerzo del vapor sea constante, el esfuerzo ejercido sobre el árbol es variable, y viene á ser nulo en las extremidades de la carrera, en los puntos muertos, como se les llama. Por otra parte, la resistencia de los aparatos al ponerse en movimiento puede variar periódicamente en ciertos límites. Para que el árbol motor conserve una velocidad de rotación cuasi uniforme, á pesar de la desigualdad periódica de las fuerzas que la solicitan, es necesario que lleve un volante, que es una rueda pesada de metal, que regulariza el movimiento. El volante en las máquinas agrícolas es habitualmente torneado en la circunferencia, y sirve de polea de movimiento primordial. En las máquinas un poco fuertes se ponen dos volantes, sea para disponer de dos poleas motrices, sea para repartir mejor el peso de las diferentes partes del motor.

Toda máquina de vapor bien establecida debe poseer un regulador de fuerza centrífuga, destinado á arreglar automáticamente la entrada del vapor en el cilindro, de manera que la velocidad quede sensiblemente constante cuando su fuerza necesaria varía entre límites extensos, cosa que sucede á cada instante en trabajos agrícolas. Sería demasiado largo de explicar aquí los diferentes sistemas de reguladores aplicados hoy á las loco-móviles.

Siempre debe asegurarse uno mismo, al recibir una loco-móvil, de que su regulador es verdaderamente eficaz, es decir, que la velocidad de la máquina varía poco cuando se hace variar en la relación de 1 á 3 lo ménos los pesos puestos en el platillo del freno dinamométrico.

La bomba alimentadora, que sirve para introducir en la caldera el agua que debe transformarse en vapor, es una de las partes más delicadas y más sujetas á descomponerse en las máquinas agrícolas. Esta bomba se compone de un émbolo que comprime agua, y de dos válvulas, cónicas ó más ordinariamente formadas de esferas de bronce, que descansan sobre asientos del mismo metal.

Debe siempre existir entre la bomba y la caldera una válvula de seguridad y una llave de expansión, que se cierra en caso de salida de agua por las válvulas. La visita de las válvulas debe poderse hacer con prontitud, para que siempre sea fácil volverlas á su sitio en caso de derrame por ellas, ó de su desarreglo.