

inspección y reparación de los tramos que cruzan los ríos. En igual forma se han instalado todos los cables que tienen que atravesar corrientes de agua, habiendo tenido necesidad de emplear en algún caso torrecillas hasta de 70 metros de altura.

En la travesía de las vías férreas se han observado las recomendaciones de la *National Electric Light Association*. Se han establecido tres pequeños tramos, de los cuales, dos, á cada lado del que franquea las vías; los postes exteriores formando anclajes. En todos los postes los cables están sometidos á una tensión igual á la mitad de la normal, en los tres tramos, con objeto de evitar todo lo posible los riesgos de la caída de los cables.

Paralelamente á la línea de transmisión, desde Keokuk á San Luis, se ha instalado un circuito telefónico sobre postes de cedro de nueve metros de altura; esta línea bordea la faja de terreno reservada; va protegida por un hilo de comunicación con tierra. En intervalos de 6,4 kilómetros existen estaciones telefónicas, y las habitaciones para los vigilantes están edificadas á intervalos de 29 kilómetros. Se han tomado grandes precauciones para el aislamiento de las líneas telefónicas.

La carga principal producida en la central de Keokuk es, naturalmente, transmitida á San Luis, pero una subestación de transformación, establecida en Metten, restará muchos miles de kilovatios para transmitirlos á Alton (Illinois), bajo 66.000 voltios; además, en Hull, una fábrica de cemento tomará 10.000 caballos, y se ha firmado un contrato con la Central Illinois Public Service C.^o para que proporcione á su red en la zona central Oeste del Estado 2.000 kilovatios. Desde Keokuk, por la orilla de Mississippi correspondiente al Illinois, parte una línea de 11.000 voltios para Burlington y Fuerte-Madison (Yowa). La Keokuk Electric C.^o explotará igualmente empresas de alumbrado eléctrico y tracción en Keokuk y en los Ayuntamientos próximos.

H.

El vigésimo aniversario del motor Diesel

POR

AIME WITZ (1)

El motor Diesel acaba de cumplir su vigésimo aniversario.

En efecto, fué en 1893 cuando el Ingeniero Dr. Rodolfo Diesel hizo aparecer su docto trabajo, titulado «Teoría y construcción de un motor térmico racional destinado á sustituir la máquina de vapor y las otras máquinas de fuego conocidas hasta hoy día».

El autor de este importante estudio teórico y práctico declaraba que los motores de aire caliente y de gas detonantes ponían en ejecución principios erróneos, y que no había que esperar ninguna ventaja conducente á resultados más favorables, mientras se aplicaran estos principios. El autor formulaba leyes nuevas y presentaba un tipo de máquina que debía, según él, reducir el consumo de combustible al mínimo que el estado actual de la ciencia permitía entrever.

Génesis de la idea y primeros ensayos.—Después de esta primera exposición de sus ideas, el eminente Ingeniero cuenta la génesis de sus proyectos y los principios de su obra; cuando seguía en el «Polytechnikum» de Munich las lecciones de termodinámica del profesor Linde, el joven estudiante había escrito en el margen de su cuaderno estas palabras, que después habían de ser su

programa: «Buscar, si es posible, realizar una isoterma»; esta realización debía permitirle establecer una máquina térmica según un ciclo de Carnot, de rendimiento máximo. Su espíritu ingenioso se fijó en el siguiente medio de ejecución; comenzar el ciclo por una compresión adiabática de una carga de aire puro, cuya temperatura se elevara así al nivel de la temperatura superior del hogar; si entonces se inyectaba el combustible, éste se quemaría manteniendo constante esta temperatura en el curso de la expansión isoterma, constituyendo la segunda fase del ciclo de Carnot; una expansión adiabática formaría la tercera fase, etcétera. Estas ideas fueron maduradas largamente por el joven Ingeniero durante los quince primeros años de su carrera.

Estas reflexiones le condujeron á fijar más especialmente su atención sobre el régimen de combustión que convenía realizar para obtener el mejor rendimiento, y sacó las siguientes conclusiones: La temperatura del aire desarrollada por la primera compresión adiabática debe ser muy superior á la temperatura de inflamación del combustible empleado, y conviene, no solamente para el mejoramiento del rendimiento del ciclo, sino que también para asegurar una combustión completa, que esta compresión sea lo más fuerte posible. Por otra parte, se introducirá este combustible gradualmente y muy dividido en el aire, muy comprimido y recalentado, á fin de que se queme progresivamente y enteramente á medida de su admisión. De esta regla resulta un corolario: Como un combustible no puede arder sino después de haber sido gasificado, esta transformación en vapor será instantánea y su combustión se efectuará en el cilindro con una presión y temperatura constantes, empujando el pistón hacia adelante en la primera fase de expansión del ciclo. Vaporización y combustión se operarán en el cilindro motor y no se tendrán que añadir á la máquina motriz los vaporizadores y gasógenos ordinariamente empleados; el funcionamiento, siendo de cuatro tiempos, la máquina será rigurosa y estrictamente de combustión interna; numerosas causas de pérdidas serán suprimidas, dando lugar á un mejor rendimiento; se podrán utilizar toda clase de combustibles gaseosos, líquidos ó sólidos, con tal que estos últimos sean finamente pulverizados.

No era bajo esta forma como el inventor presentaba al lector el conjunto de ideas y razonamientos que le habían conducido y guiado á la creación de su motor; pero sus conclusiones eran las que acabamos de bosquejar. Su notable Memoria terminaba por un *exegi monumentum* que el Marqués de Worcester habría suscritito y que testimoniaba una confianza absoluta en el resultado.

Sus proyectos de realización habían tomado ya bastante cuerpo para que fuera posible ampararlos con una patente alemana núm. 67.207, que lleva la fecha 14 de Enero de 1893. Una lámina de la Memoria representa la máquina tal como la había concebido el autor. Era del tipo vertical, llamada de pilón, llevando dos cilindros de combustión y un tercero de expansión de mayor diámetro; el conjunto constituía una disposición Compound que aseguraba una expansión completa. El pistón del cilindro mayor trabajaba á expansión por una cara y á compresión por la otra; la conjugación con los pequeños cilindros era alternativa á fin de obtener una impulsión motriz á cada vuelta del volante. Los pequeños cilindros gemelos funcionaban á cuatro tiempos; la compresión era de 250 atmósferas, teniendo que desarrollar las más altas temperaturas, necesarias para producir una combustión completa del combustible y asegurar un rendimiento notable. La confianza de M. Diesel estaba, pues, justificada; no era prematura, sino consciente de la grandeza de su obra.

En resumen, él presentaba al público un motor de combustión de cuatro tiempos, de alta compresión, que se hacía posible por la circunstancia de comprimir previamente el aire hasta la

1) Trabajo publicado en *La Technique Moderne* y *La Energía Eléctrica*.

temperatura de inflamación del combustible y de que dicho combustible no era inyectado hasta aquel momento. El motor á combustión era conocido desde largo tiempo con el nombre de Brayton y de Gardie; pero nadie había osado pensar siquiera en una compresión de 250 atmósferas, porque no se había tenido la idea de la introducción ulterior del combustible en el aire comprimido. La alta compresión practicada debía ser suficiente para conducir á rendimientos desconocidos hasta allí; mas el funcionamiento á cuatro tiempos, el ser la combustión estrictamente interior, la realización de una combustión completa y la reducción de las numerosas pérdidas contribuían, además, á asegurar en el motor Diesel una utilización mejor del calórico que en las otras máquinas existentes entonces.

Una segunda patente alemana núm. 82.160, tomada en el año 1893, vino á llenar algunas faltas de la primera; pero ya no era necesaria para llamar la atención de los Ingenieros competentes sobre la obra del Ingeniero bávaro, que encontraba admiradores por todas partes; cuatro constructores de primer orden se proveen en 1893 de permisos de explotación; éstos fueron la Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (M. N. A.); M. M. Krup, de Essen; Sulzer, de Winterthur, y Cavelis, de Gante.

Todas las revistas técnicas estuvieron unánimes en reconocer que un nuevo astro se elevaba en el horizonte de la mecánica aplicada, y los profesores Linde, Zeuner y Schröter aportaron á los proyectos de M. Diesel el apoyo de su autoridad científica indiscutible. Algunos discutieron, es verdad, no sin razón, la Memoria original; pero todos apreciaron el motor, que un hombre de talento y de buen sentido caracterizó diciendo que era un compromiso entre la teoría y la práctica.

Se trataba ya de pasar á la realización industrial de la idea. Los talleres de Augsburg se pusieron á la obra, bajo la dirección del inventor y de M. Lucien Vogel, Director de los talleres, con el concurso financiero de la pujante casa Krup. Un motor de un cilindro, de una potencia de 20 caballos, fué construido para hacer las experiencias de toda clase, que fué necesario proseguir á fin de solventar todos los detalles; los que tengan práctica en esta clase de estudios comprenderán las dificultades que hubieron de ocurrir. Los ensayos duraron algunos años. Se reconoció que había que reducirse al empleo de combustibles líquidos y renunciar á la inyección de carbón pulverizado, según constaba en la primera patente; la compresión no pudo ser llevada á 250 atmósferas, ciñéndose á no pasar de 35 á 40 kilogramos por centímetro cuadrado; se abandonó también la idea del compoundaje, que habría tenido la ventaja de dar una impulsión motriz por revolución.

En fin, se obtuvo un motor á petróleo de cuatro tiempos, pero muy superior al de Brayton, que era el prototipo de la máquina de petróleo de combustión; el rendimiento de la nueva creación sobrepusó bastante al de todos los motores de petróleo conocidos, cuyo consumo no había podido jamás llegar á ser menor de 375 gramos por caballo-hora efectivo, siendo generalmente 400 ó 500 gramos para las mejores máquinas. Además, estos motores solamente funcionaban con petróleo purificado de densidad igual á 0,800, mientras que el motor Diesel se acomoda á toda clase de aceites.

El consumo del motor Diesel es extraordinariamente reducido; los primeros resultados que fueron conocidos por el público causaron una admiración general. Un motor de 20 caballos, alimentado con petróleo de América, de densidad igual á 0,789, de un poder calorífico superior á 10.335 calorías, consumió 238 gramos por caballo-hora efectivos, dando un rendimiento térmico efectivo de 24,2 por 100; la máquina á vapor rendía entonces 13

y el motor de gas pobre 20, á partir del carbón en las mejores condiciones.

Habiendo presentado los resultados de este brillante ensayo al Congreso de Ingenieros civiles alemanes, verificado en Cassel en 1897, M. Schröter declaró que, desde sus primeros pasos, el motor Diesel estaba colocado en primera fila entre las mejores máquinas motrices; el elogio no era nada exagerado.

Un nuevo ensayo, efectuado con la cooperación de MM. Schröter, Unwin, Sauvage, etc., comprobó, para un motor de 30 caballos, un gasto de 225 gramos de nafta en bruto de Rusia; M. Dœpp encontró en San Petersburgo 208 gramos con una nafta del mismo origen.

En 1902, M. E. Meyer declara 192 gramos de petróleo, ó sea un rendimiento de 32 por 100. El mismo año, M. Lundholm, de Stockolmo, estableció el *record* con 173 gramos de aceite bruto americano y calculó un rendimiento de 36,8 por 100. Estos datos hacen referencia á rendimientos térmicos *efectivos*; se citan á menudo rendimientos *indicados* bastante más elevados, á los cuales no nos referiremos, atendiendo á que no significan gran cosa en este caso.

Las cifras que damos han sido después confirmadas varias veces; una máquina de velocidad acelerada, girando á 400 vueltas por minuto, construida para obtener una gran regularidad, de potencia de 200 caballos, fué ensayada por M. Eberle, en Augsburg, en 1907, dando un rendimiento orgánico igual á 82,6 por 100, con petróleo de Galicia, el caballo-hora costó 188 gramos; la regularidad cíclica observada fué, por otra parte, excelente.

El motor Diesel era, pues, un motor de petróleo recomendable en todos sentidos.

Primeros concesionarios. Tipo clásico.—Fué necesario conceder numerosos permisos de construcción en todas las partes, en Europa y América; citaremos entre las firmas concesionarias la M. A. N., MM. Krup, Sulzer y Cavelis en primera línea, después la Sociedad de Construcciones mecánicas de Breslau; la casa Nobel, de San Petersburgo; la Diesel-Engine Co., de Londres; l'Aktiebolaget Diesel, de Stockolmo; The Power y la Sociedad francesa de motores Diesel, cuya residencia social y talleres fueron instalados en Longeville, cerca de Bar-le-Duc; MM. Nordmand y Sauter-Harlé lo tomaron después.

El tipo más generalmente adoptado por estos constructores y el más extendido es el creado por la M. A. N. de Augsburg. Este modelo es muy conocido, y bastará que lo describamos á grandes rasgos. El motor es vertical de pílón, funciona á cuatro tiempos; el aire es comprimido á 35 atmósferas en el cilindro, por el mismo pistón en la segunda parte del ciclo. Este pistón motor está conectado directamente al árbol por medio de una biela, á la cual se articulan dos bielas más pequeñas, que accionan, por medio de un balancín, un compresor de aire que hay al lado del motor; éste alimenta un recipiente de aire comprimido destinado á las inyecciones de aire, por las cuales el petróleo es inyectado y pulverizado, y que al mismo tiempo sirve para las puestas en marcha.

La bomba de petróleo va movida por una varilla especial; es de embolo buzo y su gasto depende del regulador. Las válvulas y el inyector de petróleo van colocados en la parte superior del cilindro; estos aparatos están accionados por un árbol de distribución que marcha á media velocidad, que es accionado por un árbol vertical, tomando, por medio de ruedas de ángulo, un movimiento del eje principal de la máquina. Las válvulas de admisión de aire y de descarga de gases quemados funcionan por medio de palancas y levas del modo corriente; la válvula de puesta en marcha por el aire comprimido es maniobrada por

una disposición especial que asegura, durante algunas vueltas de volante, la admisión de aire, suprimiendo la inyección de aceite.

Veamos ahora cómo se opera la inyección del combustible líquido. Imagínese un tubo vertical, cerrado por una aguja central, cuya extremidad inferior obstruye el orificio que hace comunicar este tubo con la cámara de compresión y de combustión del cilindro motor. El petróleo es inyectado por la bomba en un espacio anular, concéntrico con la aguja, donde se acumula; un canal, uniendo este espacio con el recipiente de aire comprimido, somete el petróleo á la presión de dicho aire. Al mismo tiempo que la aguja se levanta, la presión inyectará el aceite á través de unas planchas perforadas y lo pulverizará en el seno del aire comprimido y recalentado del cilindro. El aire debe tener una presión de 50 á 60 kilogramos si la presión previa del cilindro es fijada á 35 atmósferas. El inyector que acabamos de describir es del tipo de los llamados *cerrados*.

La bomba de petróleo echa el aceite contra la presión del aire, y suministra al distribuidor el líquido necesario á la alimentación de cada embolada motriz, según el regulador. La válvula de aspiración, así como la de impulsión, están dispuestas una debajo de la otra; la válvula de aspiración presenta un retraso en su cierre, quedando abierta durante la primera parte de la carrera hacia atrás del émbolo buzo; dejar pasar, pues, cierta cantidad de líquido al recipiente de alimentación, y la inyección no empieza hasta que dicha válvula vuelve á hallarse sobre su asiento, en el momento en que el regulador lo permite. Para ello desplaza angularmente una pequeña leva que mantiene abierta una válvula de aspiración. Para parar el motor basta maniobrar un vástago fileteado que intercepta la llegada del petróleo.

El motor de 20 caballos tenía 250 milímetro de diámetro y 0,400 metros de carrera; el compresor tenía un diámetro de 70 milímetros y una carrera de 0,200 metros. La velocidad era de 180 vueltas por minuto.

El motor de 30 caballos tenía un cilindro motor de 300 milímetros de diámetro y 0,450 metros de carrera.

M. Schröter indica los pesos y precios de esos motores en la siguiente tabla:

POTENCIA RESPECTIVA EN CABALLOS	Motor de un cilindro.		Motor de dos cilindros.	
	20	30	40	60
Peso en kilogramos.....	4.800	7.000	8.000	12.000
Precio en marcos.....	8.000	10.000	14.900	19.500

Dando al cilindro motor 500 milímetros de diámetro y 0,650 de carrera se pueden desarrollar 100 caballos á 160 vueltas por minuto, permitiendo una sobrecarga momentánea de 25 por 100. Durante algunos años no se ha pasado de esta potencia por cilindro, pero formándose grupos de tres, cuatro ó seis cilindros, cuyo funcionamiento ha sido muy regular y económico. Durante el año 1903, la casa M. A. N. puso en marcha 244 cilindros Diesel, de una potencia total de 8.750 caballos; vendió una máquina de 200 caballos, de dos cilindros, al bonito precio de 52.000 marcos, ó sean 65.000 francos. El motor Diesel encontraba clientes en todo el mundo; solamente no pudo introducirse en los países donde el petróleo está cargado de grandes derechos, como pasa en Francia y España; en Francia se pagan 9 francos por derechos de entrada para un producto cuyo valor no pasa de 5 francos, y en España se pagan 25 pesetas.

En Alemania los derechos son algo más moderados, y se em-

plea, generalmente, un aceite llamado *gasöl* (densidad, 0,830 á 0,930; poder calorífico superior ó igual á 1.000 calorías; punto de inflamación, cerca de 100°), obteniendo por destilación de los petróleos de Galicia y de Rumania, como también aceites denominados *salasöl* y *paraffinöl*, extraídos de ciertos lignitos muy abundantes en Sajonia.

Libre competencia.—Vino el día en que las patentes Diesel caducaron y, por lo tanto, fueron del dominio público; su construcción era libre y, por lo tanto, sometida á la competencia. Los precios de dichos motores bajaron, y hubo que buscar los medios para irlos vendiendo; para ello fué necesario aumentar el campo de utilización y encontrar el empleo de nuevos combustibles, además del petróleo y sus derivados.

Los aceites de esquistos franceses y escoceses, los aceites de alquitrán, lignito y hulla, que se producen en todas partes en las fábricas de gas del alumbrado y que no pagan derechos, son indicados, y ya dieron buenos resultados en los primeros ensayos. M. Diesel ha calculado que Alemania sola produce bastantes aceites de esta clase para producir 5.000 millones de caballos-hora, ó sean 1.750.000 caballos durante 300 jornadas de diez horas; la producción en Inglaterra no es menos, y estas cifras aumentarán aún.

Los motores Diesel no parecen, pues, expuestos á falta de combustible. El precio de estos aceites está comprendido entre 5 y 6 francos los 100 kilogramos en Alemania; en Francia no son inferiores á 8 francos, si bien es verdad que estos precios tenderían á aumentar si los Diesel se desarrollaran mucho.

Todos los constructores procuran ofrecer á sus clientes un tipo motor á la moda: los unos prefieren atenerse á firmas concesionarias de primera, garantidas con muchos años de práctica, mientras que otros prefieren crear una máquina por su cuenta y riesgo.

Los dos sistemas son defendibles; es cuestión de temperamento.

Es difícil dar una lista completa de las casas de construcción mecánica que se dedican hoy día á la construcción del motor Diesel pudiendo marchar con toda clase de aceites combustibles y asegurar una buena marcha con un excelente rendimiento á plena ó media carga.

Sin embargo, se pueden citar las siguientes: Gasmotorenfabrik Deutz; Güldner Motoren Gesellschaft, de Aschaffenburg; Benz, de Mannheim, Dingler, de Zweibrücken; Ascherslebener M. A. G., de Siegen; Goerlitzer Maschinen Anstalt, de Görlitz, etcétera. Hemos empezado por Alemania, que ha tomado un avance indiscutible en esta clase de construcción. En Austria se pueden citar: Gratzter Waggon und Maschinenfabrik, de Gratz; Breslaner A. G., de Breslau, etc. En Suecia, la Diesels Motorer, de Stockholm, y la Pollar; en Italia, M. Tosi, de Legnano; en Holanda, la Nederlansche fabriek van Werktuigen, más conocida con el nombre de Diessel-Werkspoor, etc. En Suiza, la Sociedad para la construcción de locomotoras de Winterthur está muy reputada entre las mejores marcas para motores Diesel; Francia no se queda atrás en este movimiento, y podremos citar: la Sociedad de construcciones mecánicas (Garnier y Faure-Beaulieu), de París; Establecimiento Delaunoy Belleville, de Saint-Denis; MM. Dujardin y C.^{ta}, de Lille; los talleres de la Loire; MM. Schneider, Creusot, y Laflaive, de Saint-Etienne; Sociedad de gasógenos y construcciones económicas, de París; Sociedad de motores á gas é industrias mecánicas (París), etc. (1).

(1) En España la conocida casa La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona, tiene la concesión para la construcción de motores Diesel de la Sociedad de Construcción de Locomotoras de Winterthur.

Hay que reconocer que este brillante concurso de colaboradores sólo ha producido un pequeño conjunto de disposiciones originales; pero no se ha obtenido mejora alguna en el rendimiento.

Motores horizontales.—Los primeros estudios de M. Diesel y de sus concesionarios se habían concentrado sobre el tipo vertical, que presenta varias ventajas bajo diversos conceptos. Pero la casa Körting ha establecido el tipo horizontal, con patente á nombre de M. Trinkler, denominado «Oel Einspritz Motor», que ha dado excelentes resultados; el «Gleichdmekmotor» Lietzenmayer es del mismo tipo. Un estudio del profesor Schröter sobre esta máquina ha hecho resaltar un consumo aún más satisfactorio á cargas reducidas. La M. A. N. ha abordado la construcción de potentes unidades horizontales á doble efecto, para lo cual han adoptado la disposición de acoplar dos máquinas gemelas á dos cilindros en tandem, pudiendo así obtener una potencia de 400 caballos, susceptible de una fuerte sobrecarga.

Esta imponente máquina presenta el aspecto exterior de los motores de gas de altos hornos; las válvulas de admisión y de escape van colocadas en los dos extremos de los cilindros en su parte superior é inferior y accionadas por un eje longitudinal de distribución.

Las válvulas de inyección van colocadas á los lados de los cilindros en número de dos por efecto.

Motores verticales.—Este es todavía el tipo preferido por la mayoría de las casas constructoras.

El compresor de aire ha sufrido bastantes modificaciones; es de dos grados de compresión. Se le coloca lo más á menudo en las columnas del cilindro; también puede ir colocado en la prolongación del cigüeñal y accionado directamente por éste. La Gasmotorenfabrik, de Deutz, hace uso de una doble bomba de eje horizontal. M. M. Farels emplea un compresor Reavell de tres grados, llamado cuádruple porque se compone de cuatro cilindros; los dos primeros empiezan la compresión, el tercero la completa y el cuarto recomprime á 60 kilogramos; el rendimiento de este compresor es considerable.

Los medios de refrigeración de los cilindros y de las válvulas han tenido muchas modificaciones, que constituyen serios perfeccionamientos. El engrase se hace automáticamente.

La culata del motor de Augshourg está provista de los asientos de las cuatro válvulas y ocupa mucho sitio; apenas se ha procurado evitar este inconveniente; pero M. Güldner ha bajado el eje de distribución y lo ha encerrado dentro de un cartel fijado sobre la bancada del cilindro á la altura de un hombre, debajo de la galería de servicio; así el conductor tiene á la mano estos organismos y no tiene que subir frecuentemente la escalera bastante dura de la galería.

La casa Nobel ya no coloca el regulador en el eje de distribución á media velocidad, sino sobre el eje cigüeñal.

El inyector de petróleo recibe algunas veces una mejora que se presta á discusión, pero que ha sido tomada en consideración por algunos Ingenieros: el tipo *abierto*. La cámara de aceite está constantemente en comunicación con la cámara de combustión del cilindro; el aceite inyectado por la bomba se acumula en un tubo acodado, formando sifón; una válvula de retención se abre en el momento en que el aceite debe ser inyectado en el cilindro y establece una comunicación con el recipiente del aire comprimido, destinado á operar la impulsión; el aceite es arrastrado por el flujo gaseoso y proyectado á través de las planchas perforadas del pulverizador.

Esta disposición presenta varias ventajas: por una parte, la bomba de petróleo tiene que verificar menos trabajo, puesto que sólo tiene que luchar contra la presión del aire comprimido; la

inyección del líquido en el sifón se efectúa durante la fase de aspiración del ciclo. Por otra parte, en la fase siguiente el petróleo se pone en contacto con aire comprimido en el cilindro motor y es recalentado por esta misma razón, lo que favorece la gasificación y su pulverización, y, por último, el inyector se obstruye menos fácilmente. Esta obstrucción constituye una de las dificultades del motor Diesel con inyector cerrado; hay necesidad de retirar la aguja de obturación cada dos ó tres días para limpiarla, lo que no hay necesidad de hacer con el inyector abierto, cuyos orificios son limpiados á cada insuflación de aire. Si una práctica prolongada confirma este hecho importante, la ventaja del inyector abierto estará fuera de discusión.

M. Diesel es partidario resuelto de las altas compresiones del aire de inyección, y declara que de este modo se puede alcanzar un perfeccionamiento. Había propuesto hacer aspirar la bomba de aire en la cámara de compresión del cilindro motor, pero este aire tenía que ser filtrado y enfriado, y se ha renunciado á este sistema.

Se comprime hoy día, generalmente, de 35 á 40 kilogramos en el cilindro motor, puesto que se encuentran serias dificultades en subir más. De todos modos, sería de desear que se pudiera llegar á 50 ó 60 kilogramos.

Diesel cometió una imprudencia mencionando en su Memoria una compresión de 250 atmósferas; pero desde entonces no ha cesado de llamar la atención sobre el punto capital de su invención, que ha sido llamado por el del principio de la inflamación mecánica. Ha demostrado, en efecto, que el principio permite emplear toda clase de aceite, pero no se puede obtener una combustión instantánea y completa de algunos de ellos, sino al precio de una compresión muy alta. Por este medio suprimiría la necesidad de recalentar los aceites antes de la inyección, ó bien de recurrir al empleo de una cantidad supernumeraria de aceites más volátil (Zündöl) cuando se marche con aceites más pesados de alquitrán ó de parafina, cuya viscosidad y elevación del punto de inflamación presentaban dificultades. Ha habido casos en que esta adición ha llegado á ser de 7 por 100, siendo un inconveniente que hay que procurar suprimir.

También hay que procurar que no se tenga que variar la presión del aire de la caja con los diversos regímenes de carga, cuando se emplean aceites de alquitrán.

M. Sabathe ha imaginado una inyección de dos tiempos. Una primera porción de aceite penetra en la cámara de combustión un poco antes que el pistón motor llegue al final de la carrera, en el período de compresión adiabática, teniendo por efecto esta introducción preliminar aumentar la presión y temperatura del aire comprimido antes que se proyecte la carga de aceite, y, por lo tanto, asegurar una mejor combustión del mismo. Este sistema es ingenioso y mejora el rendimiento, pues hace el mismo efecto que una recompresión del aire y asegura una combustión más completa.

Se desarrollan corrientemente hoy día 200 caballos por cilindro á simple efecto, á cuatro tiempos y á la velocidad angular de 155 vueltas por minuto; pero algunos constructores se han propuesto alcanzar una mayor potencia; los resultados son poco conocidos. Juntando tres, cuatro ó seis cilindros ó más se pueden constituir potentes motores acelerados, con velocidades de 250, 300 y hasta 400 vueltas, en los cuales la potencia es considerable, al mismo tiempo que el peso por caballo es bastante exiguo.

El árbol cigüeñal de máquinas policilíndricas es algunas veces en dos mitades, unidas con un manguito; esta disposición permite parar unos cilindros sin privar al motor del servicio.

Motores de dos tiempos.—El funcionamiento á dos tiempos es el objetivo de las investigaciones de numerosos constructores.

He aquí cómo se puede realizar una marcha á dos tiempos. En la primera fase del ciclo, correspondiente á la marcha ascendente del émbolo, éste comprime el aire puro en el cilindro; el combustible es inyectado hacia el fin de esta fase y arde á presión constante. El émbolo desciende y la segunda fase de combustión y de expansión se verifica en la carrera descendente del émbolo.

Al acabar su carrera, el émbolo descubre una corona de orificios practicados en la pared, á través de los cuales se efectúa el escape de los gases quemados con un cierto avance. En este momento, cierta cantidad de aire moderadamente comprimido es admitido en el cilindro por una válvula en la parte superior del cilindro y se produce un barrido enérgico, que da por resultado expulsar todos los residuos de la combustión y volver á llenar el cilindro de aire puro.

El ciclo se realiza, pues, en dos tiempos, y el émbolo, al volver á subir, empieza de nuevo la compresión del aire. Una parte del aire inyectado se escapa por los orificios; las bombas que lo proporcionan deben tener, por lo tanto, cierta capacidad.

M. Güldner construía motores de dos tiempos desde el año 1903. Su motor era horizontal; se utilizaban los patines de la guía del capete del émbolo motor como émbolo compresor; el aire del barrido era comprimido á seis kilogramos, de los cuales nueve décimas servían para desalojar los gases quemados. El resto era tomado por una bomba especial que lo recomprimía á 46 kilogramos en un recipiente, alimentando la impulsión del aire del inyector de petróleo. Un motor de 20 caballos consumía 228 gramos de petróleo de 10.000 calorías por caballo-hora efectivo, lo cual no es mal resultado. Este motor fué construido en Inglaterra por la Diesel Engine Co.

Un tipo vertical á dos tiempos fué estudiado y puesto en marcha, con gran éxito, por M. Bruns, Ingeniero de la M. A. N.; tenía la bomba del barrido colocada debajo del émbolo motor y su émbolo formaba también patín para el pie de la biela. Este émbolo es de dos diámetros; por la parte superior aspira el aire de un espacio anular, después lo impulsa por el otro lado á un colector bajo presión de 0,400 kilogramos; de éste, el aire es admitido en el cilindro motor y lo atraviesa de arriba abajo, como se ha dicho antes. Un segundo compresor impulsa en otro recipiente, bajo alta presión, el aire necesario para la inyección de petróleo, la puesta en marcha y las maniobras de cambio de marcha, pues esta máquina es reversible.

Este modelo ha sido adoptado por los talleres Normand, la Sociedad Harlé y Co. y por los talleres de la Loire; acoplando seis cilindros se desarrollan casi 600 caballos con 300 vueltas por minuto; pero esta potencia ha podido ser aumentada rápidamente y se han construido motores de 2.400 caballos. La M. A. N. ha montado para el Almirantazgo alemán un motor de tres cilindros de 6.000 caballos; juntando dos máquinas se tendrán 12.000 caballos. La Casa Blhom y Voss, de Hamburgo, también construye estos tipos.

La Sociedad de construcción de locomotoras de Winterthur ha establecido un tipo á dos tiempos muy simplificado en sus órganos de distribución é inversión de marcha. El émbolo no solamente opera el escape de los gases quemados, sino también la admisión del aire. Las válvulas de insuflación y puesta en marcha forman un solo órgano; la cabeza del cilindro solamente lleva una válvula, y una leva basta por cilindro para las dos marchas. Una sola palanca opera la puesta en marcha y la inversión.

Los dos tiempos están en estudio en varias otras casas de cons-

trucción. Los resultados anunciados son satisfactorios, pero parece que el consumo es un poco superior al de los motores de cuatro tiempos.

M. Junkers, profesor del Polytechnikum d'Aix-le-Chapelle, realiza los dos tiempos por el sistema conocido de dos émbolos puestos en el mismo cilindro, sistema conocido con el nombre de M. von Vechehauser; los estudios experimentales que se han hecho para hacer factible este sistema han sido coronados por el éxito. Me ha sido dable observar la marcha de una máquina horizontal de dos cilindros en tandem de 1.000 caballos; los cilindros tenían 450 milímetros de diámetro; la doble carrera era de 450 milímetros; la longitud del motor no pasaba de 8,750 metros. Las bombas del barrido estaban dispuestas á los dos lados del cilindro de detrás; la bomba de alta tensión, de cuatro etapas, ocupa una posición simétrica en la parte delantera. El funcionamiento de este motor era muy regular y suave. Las bielas de retorno, por las cuales el movimiento de los pistones opuestos es transmitido al cigüeñal, complica un poco el aspecto general del motor de esta construcción pero uno se habitúa fácilmente.

Una disposición original permite recomprimir á voluntad el aire en los cilindros motores y obtener un aumento considerable de potencia; á este efecto, las bombas de aire son cuidadosamente enfriadas y una regulación de las válvulas permite llenar el cilindro al principio de la fase de compresión á una presión superior á la atmosférica.

La casa Dujardin y Co., de Lille, ha obtenido un permiso de construcción de la máquina Junkers. En la siguiente tabla se pueden ver las dimensiones de uno de estos motores de dos cilindros en tandem, comparadas con las de un Diesel de doble efecto á dos tiempos:

POTENCIA — Caballos.	MOTOR JUNKERS			MOTOR DIESEL		
	Diámetro. Mm.	Carrera. Metros.	Vueltas por minuto.	Diámetro. Mm.	Carrera. Metros.	Vueltas por minuto.
2.000	585	1.170	180	730	1.095	124
3.000	700	1.170	180	890	1.335	102
4.000	810	1.620	130	1.020	1.530	88

Aplicaciones.—La ojeada histórica que de una manera rápida acabamos de hacer sobre los progresos del motor Diesel al cumplir veinte años es seguramente incompleta, pero permite seguir la evolución de estas máquinas y apreciar la perfección que han alcanzado.

Estos motores de combustión interna presentan ventajas particulares que les aseguran un lugar en todas las industrias.

El motor Diesel no necesita ni caldera, ni chimenea, ni gasógeno; el combustible tomado en forma líquida es inyectado directamente dentro del cilindro é inflamado mecánicamente, quemándose progresivamente, y hace su obra. Con un buen inyector mantenido en buen estado, la combustión completa es asegurada automáticamente, sin que haya temor de falsas ó prematuras inflamaciones ni haya que preocuparse de la habilidad del obrero encargado; el motor no tiene necesidad de maquinista; con un vigilante basta.

El servicio de la máquina es, en efecto, muy simplificado, y la habilidad del personal no influye mucho sobre el rendimiento. La manutención de los aceites es también sencilla; no hay cenizas ni escorias que extraer. Además, la puesta en marcha es instantánea y no necesita ningún calentamiento previo. El motor es reversible y el lugar que ocupa muy reducido.

El motor Diesel posee un rendimiento sin igual; mientras que una máquina de vapor consume 5.250 calorías por caballo-hora efectivo y el motor de gas pobre 3.200, el motor Diesel se contenta con 1.900 calorías.

Lo que pasa es que estas calorías necesarias son caras. Suponiendo que disponemos de un buen aceite de alquitrán de 9.000 calorías al precio de 6,75 francos los 100 kilogramos, el millar de calorías costaría 7,50 francos, mientras que dicho millar para el motor de gas pobre costaría 4 francos y para la máquina de vapor 2,67 francos. La ventaja del rendimiento es, pues, compensada con la elevación del precio del combustible. El precio del caballo-hora efectivo se puede evaluar para los tres motores descritos en la suma de 3,9 céntimos, con interés, amortización y demás gastos comprendidos. No le quedan al motor Diesel más que sus ventajas particulares, que no se aprecian mucho en la industria fija, pero que adquieren una importancia enorme en casos especiales.

Las estaciones centrales de electricidad encontrarán en este motor un auxiliar precioso, y por esto se introduce cada vez más en ellas.

Citaremos en Francia la estación de Calais, que tiene un motor Diesel á cuatro tiempos de 540 caballos, y la de Saint-Chaumont, interinamente accionada por motores de 1.000 y 2.000 caballos.

Pero es á bordo de los buques donde el motor Diesel será, sin duda, más apreciado. M. Bochet, que tanto ha contribuido á dotar á los submarinos de motores Diesel de marcha rápida, de la casa Sautter Harlé, ha hecho resaltar, delante la Sociedad de Ingenieros civiles, de Francia, las ventajas que prometen los motores á combustión en las construcciones navales: facilidad de aprovisionamiento, aunque sea en alta mar, mayor espacio ganado á bordo, que se puede utilizar para pasaje ó carga, supresión de humos, etc.; también resulta beneficioso el suprimir grandes baterías de calderas y su numeroso personal. «Así se ahorrará, decía M. Bochet, á la gente de mar la dura faena de las calderas, haciendo una obra humanitaria, pues el trabajo de pálear delante de las calderas no es menos rudo que el de remar á bordo de las antiguas galeras». Ya se irá experimentando el progreso que resultará de la aplicación de los motores Diesel en la propulsión de los buques. La marina de guerra los adoptará lo mismo que la mercante, el día que sea demostrado hasta la evidencia que estas nuevas máquinas presentan garantía de solidez y duración comparables con las de la antigua máquina de vapor de émbolo, experimentadas durante más de un siglo de servicio en el mar, simple y robusta y fácil de reparar en caso de avería.

Mucho se ha escrito sobre este objeto y por plumas muy autorizadas. De momento se puede decir que ya existen 149 buques mercantes equipados con motores Diesel, unos en servicio y otros en construcción, entre los cuales citaremos el *London*, llevando dos motores de 3.000 caballos cada uno, con una marcha de 16 nudos. M. Wiedt ha reseñado que el *Vulcanus*, de 1.900 toneladas, provisto de un Diesel de la Werkspoor, de 500 caballos, ha efectuado treinta y dos viajes con un recorrido total de 20.345 millas marinas sin el menor accidente en la maquinaria. Un motor Diesel á dos tiempos, del tipo Junker, ha sido instalado por los astilleros de la Weser, en un buque mercante de la Hamburg-Amerika Line con pleno éxito.

Al mismo tiempo hay que decir que M. Junkers tiene el propósito de equipar un buque de guerra de 26.000 toneladas, elevando su potencia motriz á 36.000 caballos.

El mismo inventor se ocupa de aplicar sus motores sobre los bastidores de las locomotoras, siendo, sin duda, la obra del porvenir.

M. Diesel no se ha dejado pasar adelante este terreno, y juntos MM. Sulzer, Hermanos, de Winterthur, y Adolfo Klose, de Berlín, ya tenía en estudio, desde el año 1908, una locomotora para exprés de una potencia de 1.200 caballos. Los dibujos fueron publicados en 1912 y permiten darse cuenta de la disposición general adoptada. Dos grupos de cilindros motores á dos tiempos en forma de V atacan un eje cigüeñal único, cuyo movimiento era comunicado á dos ejes motores. Las bombas del barrido, en número de dos, estaban colocadas delante de la V; los gases de la descarga atraviesan un silenciador situado en la parte superior.

Dos pequeños motores verticales auxiliares accionan el compresor de aire horizontal y cargan los recipientes de aire. El conjunto es muy compacto y las reacciones parecen perfectamente equilibradas. La longitud del bastidor es de 16,000 metros. Es de esperar que la locomotora Diesel, que no es todavía más que una esperanza, sea la obra de mañana.

Todo lo dicho se ha verificado en el transcurso de veinte años, y el motor Diesel no ha celebrado todavía sus bodas de plata.

AFORO DE LOS CANALES Y DE LOS CURSOS DE AGUA

POR EL MÉTODO QUÍMICO Y POR EL DE LA PANTALLA

Conocidos son los métodos para el aforo de los cursos de agua por medio de un vertedero ó de un molinete de Woltmann; en este último caso, con un timbre eléctrico que suena cada 50 vueltas, por ejemplo, los resultados obtenidos son muy precisos para los canales de sección regular y de circulación de agua á gran velocidad; sin embargo, para una evaluación precisa, las medidas son largas y numerosas, y si la velocidad de la corriente es pequeña y está próxima á la necesaria para provocar el arranque del molinete, la precisión de las medidas disminuye.

En los torrentes, la instalación de un vertedero presenta algunas veces dificultades; en las fábricas hidráulicas, se emplean á menudo las compuertas de los canales de desagüe es necesario entonces tener en cuenta la contracción debida á las guías de la compuerta y la contracción y remolinos producidos por la cremallera de maniobra, no estando tampoco de acuerdo los autores con los coeficientes de contracción que deben emplearse.

Teniendo presentes las comunicaciones del Servicio suizo de hidrografía, M. Zuppinger ha descrito, en la *Schweiz Bauzeitung*, los ensayos comparativos hechos en la estación central de Ackersand (Suiza), entre estos antiguos métodos y los modernos: método químico y método de la pantalla.

Método químico.—Este método se funda en el principio siguiente:

Cuando durante un cierto tiempo se vierte en un salto de agua ó en una turbina una solución concentrada de sal marina, y á una distancia suficiente, agua abajo, se hacen tomas de ensayo, conociendo las concentraciones K_1 y K_2 de las soluciones inicial y final, se puede deducir la relación de los caudales Q_1 de la solución dilatada y Q_2 de la concentrada, por la relación:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1}{K_2}$$

Para tener resultados suficientemente precisos, es necesario: 1.º, conseguir el caudal regular, en los cursos de agua, de una solución de dosificación constante; 2.º, obtener una disolución homogénea, y 3.º, dosificar con exactitud las soluciones inicial y final.

La figura 1.ª representa la disposición empleada para conseguir un caudal regular. La llave b del tonel a se abre de manera