

El uso del benzol y del alcohol como combustible en los automóviles.

POR

OSCAR NAVARRO

El uso del alcohol en los automóviles y en general en los motores de explosión no está todavía generalizado debido más que todo a los prejuicios que, tanto los particulares como los fabricantes de automoviles, han tenido respecto a este combustible y debido también a que en general los Gobiernos de los países en los cuales se puede producir grandes cantidades de alcohol a bajo precio, no han tomado hasta la fecha mayor interés en fomentar las investigaciones relacionadas con esta cuestión, ni han efectuado por su parte trabajos tendientes a este objetivo.

Sin embargo, cuando se estudian las experiencias realizadas con diversos combustibles líquidos y se ve el alto valor que como tal tiene el alcohol, como al mismo tiempo la ninguna dificultad que ofrece su empleo, es difícil comprender que hasta la fecha en países como el nuestro se empleen combustibles que como la bencina, sin ser mejores, son mucho más caros y vienen del extranjero.

Antes de la guerra europea en Alemania se empleaba en gran cantidad la bencina y en menor escala el benzol. Como la bencina proviene de la destilación del petróleo del que Alemania tenía muy pocos pozos, fue necesario, recién iniciada la conflagración, tratar de sustituir ese combustible por otros que pudieran producirse en el país. Con este objeto se hicieron diversas investigaciones por cuenta del Gobierno del Imperio, siendo las más completas e interesantes las realizadas por el profesor de Construcción de Automóviles de la Universidad de Darmstadt, el Dr. Ing. Freiherrn von Low y por el Ing. Danner del Ministerio de la Guerra y que en esa época se encontraba, como oficial de ese Ministerio, a cargo del depósito de automóviles de Untertürkheim.

Estas experiencias realizadas continuamente durante más de 18 meses en los años 1914 y 1915, tendieron a determinar principalmente el valor del benzol y

alcohol como combustibles, el primero obtenido en grandes cantidades de la destilación de la hulla al producir coke para las acerías y el segundo proporcionado por la Agricultura.

El profesor von Low extendió también sus experiencias a numerosos combustibles productos de la destilación de la hulla, el petróleo, la madera, etc.

El resultado directo de estas investigaciones realizadas durante la guerra ha sido de que actualmente en Alemania sólo se emplea el benzol como combustible en los automóviles y si el alcohol no se usa, debido a que el país no puede en la actualidad producirlo a precios convenientes y en cantidad suficiente, en cambio la casi totalidad de las grandes fábricas de motores de explosión, construyen en la actualidad sus máquinas tanto para el uso de la bencina o benzol, como para el uso del alcohol.

Como se verá más adelante, las modificaciones que hay que introducir para el empleo del alcohol en motores construidos para marchar con bencina, consisten sólo en pequeños cambios que hay que efectuar en el carburador.

Antes de entrar a exponer las numerosas experiencias del profesor v. Low y del Ingeniero Danner, debemos decir que todos los especialistas que hemos consultado a este respecto, como por ejemplo el Ingeniero Krammer de la Deutz Motoren Fabrik-Köln, están de acuerdo en que el benzol y especialmente el espíritu producen una marcha mucho más silenciosa de las máquinas y éste último combustible tiene todavía la ventaja de no ensuciar los motores.

Por otra parte, a pesar de todas las investigaciones realizadas, las fábricas no han encontrado un medio de evitar los golpes que la bencina produce durante la marcha, especialmente cuando se trata de altas compresiones. Esto hace que el benzol y el espíritu sean mucho más económicos, los motores necesitan menos reparaciones y la marcha es más agradable porque es más silenciosa.

Como se verá durante la exposición de las experiencias realizadas se tomaron todas las precauciones necesarias para llegar a determinar el valor de los distintos combustibles tanto en los automóviles como en los autocamiones y todos los resultados demuestran que con el alcohol a pesar de su inferior poder calorífico se obtiene en un motor dado mayor potencia y mayor rendimiento térmico que con combustible de mayor poder calorífico.

Como nuestro país en cuanto a la producción de combustibles por la carencia de pozos petrolíferos y la abundancia de minas de carbón está destinado a seguir un camino paralelo a Alemania creemos interesante dar a conocer junto con las experiencias hechas con alcohol las realizadas con benzol.

COMBUSTIBLES PRODUCIDOS EN ALEMANIA

En el Reino Alemán hay muy pocos pozos de petróleo; muchos existen en Galicia y Rumania, pero las más grandes cantidades se encuentran en Rusia y América.

El petróleo crudo, tal como viene de los pozos, tiene un peso específico de 79 hasta 940 gramos por litro. Su poder calorífico oscila alrededor de 10000 calorías y su composición química es en término medio de 84% de carbono 14% de hidrógeno. Durante la destilación del petróleo, entre los 40 y 50 grados se produce éter de petróleo, hasta los 150 grados se obtiene la bencina y después se obtiene la ligroina, aceite lampante, aceite de trementina, petróleo, aceites pesados y finalmente el aceite de engrasar y la vaselina.

El más importante de los combustibles producidos antes de la guerra en Alemania era el benzol y en los comienzos de ella fué el espíritu. El benzol es un producto de la fabricación del coke, que a su vez proviene del carbón de piedra. En las fábricas de gas se produce por la coquificación del carbón de piedra, el alquitrán de hulla y por destilación de ese alquitrán se obtiene principalmente: 1.º, el benzol, como un producto liviano; 2.º, el aceite de alquitrán de piedra, el más importante combustible usado en los motores Diesel, como producto semi-pesado; y 3.º, la naftalina, como producto pesado.

Igualmente por la coquificación de la lignita se obtiene el alquitrán de lignita que destilado produce a su vez, productos livianos, semi-pesados y pesados, y cuyos nombres son aceite solar o mineral, aceite de alquitrán de lignita y parafina.

Finalmente de la destilación de la madera se obtiene el espíritu de madera—alcohol metílico—que proporciona en los motores casi iguales resultados que el alcohol y que a causa de su bajo punto de evaporación, es bueno como agregado de combustibles pesados.

El espíritu—alcohol etílico—proporcionado por la Agricultura, contiene algo de agua; el corriente contiene 10% y el mejor para lámparas y motores 5%.

También se puede obtener este mismo espíritu de subproductos y desperdicios. Durante la guerra la Unión de Ingenieros de Mannheim demostró que se podía producir alcohol en cantidad suficiente para proveer a todos los automóviles del Reino extrayendo ese combustible de subproductos y que el precio de fabricación sería un 30% inferior al del alcohol proporcionado por la Agricultura.

En Suecia, desde hace tiempo, se ha obtenido el alcohol en gran cantidad d

las aguas provenientes de una fábrica de celulosa y en Natal (Sudoeste de Africa) se ha fabricado combustible como subproducto de una refinería de azúcar, cuyo principal elemento es el alcohol, habiendo sido usado con gran éxito en aeroplanos y automóviles.

En la tabla siguiente se indica el poder calorífico, peso específico y composición química del espíritu, en comparación con otros combustibles.

Combustible	Peso espec.	Poder calorífico	COMPOSICION		
			C	H	QUÍMICA O
Benzol (de carbón piedra).	860	9800	92	8	..
Aceite solar (lignita).....	830	10100	86	13	1
Espíritu de madera	810	5300	38	12	50
Espíritu (Alcohol etílico)	820	6000	52	13	35

Conociendo el rendimiento térmico de un motor, el poder calorífico dá solamente el concepto del trabajo en kilógrametros que cierta cantidad de combustible es capaz de desarrollar. Pero no dá una idea de la potencia en kilógrametros por segundo.

Cuando un combustible de bajo poder calorífico se quema con mayor velocidad que uno de alto poder calorífico, se puede obtener el mismo número de caballos por segundo, o sea la misma potencia en el motor. Este es el caso en el espíritu. *A causa de su alta proporción de oxígeno el espíritu necesita menos aire que la bencina y el benzol para su combustión.* Por esto el émbolo tiene igual energía cuando el motor es alimentado con las mezclas bencina-aire o benzol-aire, que cuando lo es con la mezcla espíritu-aire. Esta es la explicación de por qué los autos marchando con espíritu tienen la misma velocidad máxima que con bencina, aún cuando la bencina tiene un poder calorífico muy superior.

PREPARACION DE LOS AUTOMOVILES PARA LA MARCHA CON BENZOL Y ALCOHOL

Los automóviles modernos, con buenos carburadores contruidos para el uso de bencina, no necesitan en general modificaciones cuando se emplean otros combustibles. Aun la mezcla 1 benzol+3 espíritu, puede usarse en muchos automóviles, especialmente en verano, sin ninguna modificación del carburador.

La causa de por qué algunas veces no son necesarias esas modificaciones, se encuentran frecuentemente en las propiedades físicas y químicas de los combustibles, que de cuando en cuando se compensan. Por ejemplo, primitivamente se creía que cuando se empleaba benzol era necesario cargar el flotador. Esta idea era aparentemente correcta, pues el benzol, a causa de la carga del flotador permanece a la misma altura con respecto al orificio del pulverizador que con el uso de la bencina, pero como el benzol necesita más aire que la bencina, no debe estar tan alto con respecto a ese orificio. El mayor peso específico y su mayor necesidad de aire—ambos frente a la bencina—se anulan recíprocamente y por esto los modernos carburadores o trabajan exactamente igual con bencina que con benzol, sin necesidad de alteración alguna.

Para cargar el flotador en la mayor parte de los carburadores, se puede emplear un pequeño disco agujereado, que permanece introducido en la aguja del flotador y que aun con las sacudidas durante la marcha se mantiene en su exacta posición. En los carburadores con flotador anular se puede colocar una pequeña carga en forma de herradura y que es fácil de colocar y sacar.

Si la carga en el flotador es necesaria o nó, es una cosa que es muy variable y que depende de los motores y carburadores, en todo caso esto es muy sencillo probarlo y colocarlo o sacarlo, según sea ventajoso o no.

La mayor parte de los automovilistas creen que cuando toman un nuevo combustible deben inmediatamente cambiar algo en el carburador, lo que a menudo los hace incurrir en errores, como por ejemplo, cuando cargaban el flotador para la marcha con benzol lo que les producía la pérdida de numerosas bujías.

Lo mejor en estos casos es introducir las modificaciones después de haber hecho algunas experiencias, pues a menudo es nocivo tomar preventivos antes de saber si se producirán o nó las faltas.

Para efectuar en forma correcta estos ensayos es conveniente proceder de la manera siguiente: Se echa primeramente el nuevo combustible en el estanque auxiliar para la puesta en marcha A. Se pone en marcha el motor y del estanque principal se hace pasar el antiguo combustible para su alimentación. Hay que examinar primero detenidamente la marcha del motor con el antiguo combustible para ver si en ese momento trabaja en buenas condiciones, como de costumbre. En seguida, con la llave de tres pasos D se evita la circulación del antiguo combustible del estanque principal y se establece la comunicación del estanque A con el carburador V para que pase el nuevo combustible. Cuando después de haber probado exactamente el motor con el nuevo combustible, sobreviene una falta, es necesario

hacerlo marchar nuevamente con el antiguo combustible con el objeto de determinar el verdadero origen de esa falla.

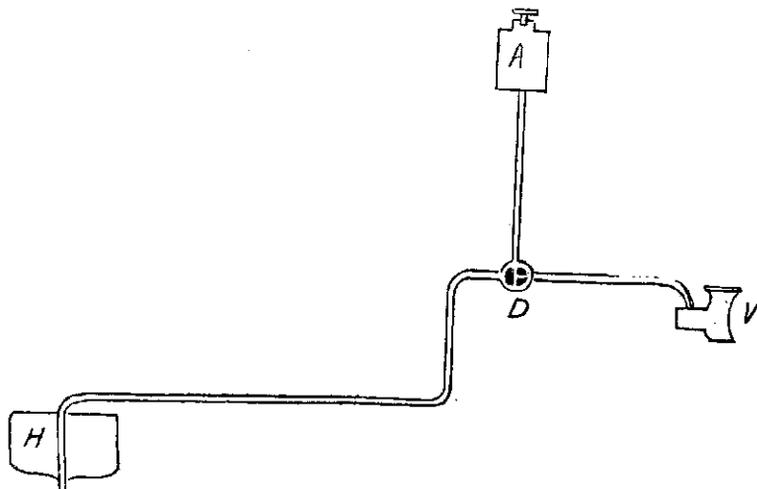


Fig. 1

Las diferentes faltas que aparecen son, en general, las siguientes:

1) Capa de hollín sobre el tapón de inflamación, que puede ser combatida por el estrechamiento del pulverizador o por el ensanchamiento de la lumbrera de admisión del aire del carburador.

2) Contragolpes. Explosiones falsas en el carburador. Aparecen porque la mezcla en él, es pobre en combustible. Esto puede tener su origen en la estrechez del pulverizador o en una excesiva sección de aire. También puede ser debido a la condensación del combustible en el tubo de aspiración. En este último caso el tubo de aspiración está muy frío y se puede ver directamente porque después de para el motor sale combustible líquido del tubo de aspiración, en el extremo inferior del carburador. A menudo se cree que la aparición de esta última falta se debe a un mal flotador, pero en la generalidad de los casos esto no es efectivo.

La condensación del combustible en un tubo de aspiración muy frío, puede ser combatida por el recalentamiento de ese tubo. *La corrección con calentamiento es la más importante preparación para la marcha con mezclas ricas en alcohol y con alcohol puro.*

El calentamiento del carburador, del combustible y del aire de combustión puede ser conseguido por diversos medios. Lo más sencillo es forrar el tubo de aspiración y el carburador con anillos de plomo y no con asbesto como se hace comun-

mente. Los discos de plomo transmiten mejor el calor del cilindro al metal del tubo de aspiración que al asbesto. Especialmente con el carburador Zenith se obtiene con el plomo mucho éxito; el carburador y con él el combustible de la cámara de nivel constante es muy ventajosamente calentado.

El calentamiento de los combustibles líquidos por este medio es muy bueno pero no rodeando el tubo de salida con una espiral caliente, pues es muy peligroso.

Amenudo, cuando hace frío, los automovilistas cubren el refrigerador con un paño. Este procedimiento muy conveniente cuando el carro está parado, es inadmisiblemente malo cuando está en marcha. Mucho mejor es en esos casos para el ventilado durante la marcha. También se puede colocar delante del refrigerador una pantalla compuesta de una serie de elementos móviles.

El medio más corriente de calentamiento es tomar el aire de combustión en el punto del tubo de escape donde está bien caliente, pudiendo envolver el tubo de aspiración con asbesto para que el aire llegue al carburador a la temperatura deseada. Con este objeto se ha empleado con éxito un tubo metálico flexible que también puede forrarse en asbesto para aislar el calor.

En el carburador Pallas se puede calentar también el combustible con el aire de ese tubo de aspiración en la cámara de nivel constante anular.

Cuando se desea marchar con estos combustibles y no existe el estanque auxiliar para la puesta en marcha, es necesario colocar uno como preparación del carro pues sin él el motor es muy pesado en la partida. En tal caso se hace marchar el motor con un combustible liviano y volátil y en seguida se mueve la llave de tres pasos como lo hemos visto en la fig. 1.

En resumen, de todo lo dicho se desprende que la preparación de un carro para la marcha con un nuevo combustible como el alcohol, consiste en cargar a veces el flotador, variar las dimensiones de los orificios del combustible y del aire en el carburador, mejorar el calentamiento y construir un estanque auxiliar para la puesta en marcha cuando no existe.

ESPIRITU

USO DEL BENZOL EN EL CARRO DE INVESTIGACIONES

El carro, con el cual el profesor v. Low hizo la mayor parte de sus investigaciones, fué comprado poco después de estallar la guerra en la fábrica Audi. En ese mismo carro el director Horch hizo un viaje a través de los Alpes, en 1914, ot

teniendo una gran victoria. Ese automóvil tenía un motor cuyos cilindros eran de 90 m.m. de diámetro, la carrera del émbolo 140 m/m., una potencia de 14 caballos y un peso de 1350 kg. En el motor el tubo de aspiración estaba con el block del cilindro, lo que es muy bueno para la evaporación del espíritu.

En Agosto de 1914 la misma fábrica Audi proporcionó los siguientes accesorios construidos exactamente para la marcha con espíritu:

1) Estanque auxiliar para la puesta en marcha con tuberías y codos T para las conexiones con el estanque principal.

2) Colocador del tubo de aspiración (indicado m2 m2 m2 m2 en la figura 2) para envolver el punto S2 caliente del tubo de escape.

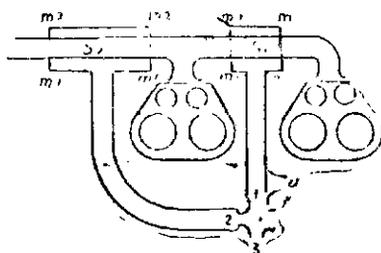


Fig. 2

3) Tubo de aire caliente del colador anterior, envuelto en asbesto y destinado a unir el colador con el punto 2 del carburador Zenith. (La abertura 1 del carburador había sido ya comunicada con la envoltura caliente m1 m1 m1 m1. Para las investigaciones posteriores con el carburador Pallas sólo se ha usado la envoltura m2 m2 m2 m2.

4) Disco para cerrar la abertura 3 del carburador Zenith.

5) Diversos discos de plomo para cargar el flotador.

6) Plomo de calafatear, como reemplazo del asbesto para las juntas entre el cilindro y el tubo de aspiración y entre éste y el carburador.

7) Una tobera de aire de 19 m.m. de diámetro en la abertura como reemplazo de la anterior tobera de aire de 25 m.m.

Para la transición de la mezcla benzol-espíritu a espíritu puro es necesario usar los accesorios 6 y 7; sin embargo *al' empezar las investigaciones los orificios del carburador permanecían iguales como habían sido construidos para bencina y a pesar de esto los resultados de las investigaciones son muy buenos, como se verá más adelante.*

El empleo de las mezclas con espíritu se empezó en ese carro el 26 de Septiembre de 1914. En el estanque principal en que existía mezcla de bencina y petróleo se echó primeramente un poco de espíritu y después lentamente se fué agregando algo más. Se quería observar si era difícil la marcha cuando se echaba más espíritu y se dejaba algo de petróleo agregado. Esta dificultad no era efectiva y especialmente se pudo observar esto cuando el 14 de Octubre de 1914 el estanque estaba vacío y la mezcla bencina-espíritu-petróleo no había producido ninguna molestia ni detención del motor, desde el principio hasta que se usó la última gota.

De la mezcla bencina-petróleo-espíritu se cambió al benzol-espíritu. También aquí se fué agregando el espíritu paulatinamente hasta tener mayor proporción de espíritu que de benzol. Cuando la mezcla alcanzó a la proporción 1 benzol-3 espíritu, este último combustible producía a veces, molestias. Cuando se abrió rápidamente la válvula de aceleración, el motor fácilmente se detenía. El motor se enfriaba con facilidad y era muy difícil después la puesta en marcha; el carburador producía explosiones falsas cuando la válvula de aceleración se abría rápidamente. (La investigación cargando más el flotador era imposible, pues el carburador se rebalsaba).

Cuando el motor estaba suficientemente caliente trabajaba como de costumbre y la válvula de aceleración podía maniobrarse con la rapidez deseada, como con bencina. Después de algunos días (20 de Octubre 1914), se hizo nuevamente la prueba en terreno accidentado, habiendo sacado primeramente la correa del ventilador para evitar su funcionamiento. *Inmediatamente todas las dificultades desaparecieron y la marcha se hizo absolutamente normal.*

Debido a esto se dejó el ventilador sin movimiento hasta el 15 de Abril de 1914. Aunque el automóvil no tenía bomba de agua, sino enfriamiento por circulación automática a termosifón, una sola vez el agua se calentó hasta la ebullición y con efecto, en la fuerte gradiente de 6 Km. de Wiesbaden a Platte esto ocurrió en un día extraordinariamente ardiente, a pesar de que era en otoño (12 de Noviembre de 1914).

Las primeras investigaciones en un trozo determinado y con distintas mezclas se empezaron el 1.º de Noviembre de 1914, anotando las velocidades y cantidades de combustible usado.

Las velocidades se encuentran anotadas en las tablas que se encuentran continuación y sobre las cuales se ha dibujado el perfil de la calzada y el punto que corresponden las velocidades.

En el punto A se partía con una velocidad de 40 Km. por hora, y de aquí e

adelante se daba toda la marcha. En seguida se observó a qué máximo llegaba el medidor de velocidades en el punto B y a qué mínimo en C. Los resultados obtenidos en estos dos cambios de pendientes para distintos combustibles están anotados en las tablas anteriores. En la primera de ellas se ve que con benzol puro la velocidad alcanzó a 82 Klm. por hora para bajar en seguida en el extremo de la gradiente, es decir en el punto más alto, a 56 Klm. por hora. Para la mezcla 1 benzol-2 espíritu esos mismos números son de 78 y 48 Klm. por hora.

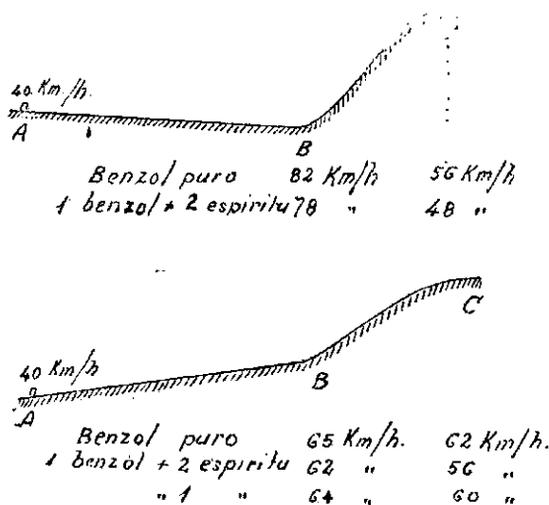


FIG. 3

Podemos ver que con respecto a la velocidad máxima la mezcla sólo dió 4 Km. por hora, menos que el benzol puro, y en general, se puede decir que es igual marchar con 82 Km. por hora que con 78. También la mayor diferencia de velocidad en la gradiente, de 30 Km. por hora para el benzol-espíritu, frente a 26 Km. por hora. para el benzol puro, no es muy importante, especialmente cuando se piensa en la diferencia de precio que hay entre la mezcla benzol-espíritu y benzol puro.

En la segunda tabla se observa lo mismo, es decir que sólo existe una pequeña diferencia de potencia entre la mezcla y el benzol puro.

La mezcla 1:1 produjo casi iguales resultados que el benzol puro, aunque el espíritu empleado fué el corriente de 90% y 10% de agua y no el de 95%. *Es también una propiedad muy valiosa de la mezcla benzol-espíritu el que el agua se disuelva, se incorpora a la mezcla. Por esto, las molestias que primitivamente producía el agua separada en la marcha con bencina a benzol puro, son imposibles en este caso.*

Respecto al consumo de combustible, los resultados de las investigaciones del 1.º de Noviembre de 1914, se indican a continuación.

RENDIMIENTO DE 1 ½ LITRO DE COMBUSTIBLE

Benzol puro	Ida	Vuelta
	10.7 Km.	10.3 Km.
1 benzol + 1 espíritu	10.3 "
1 benzol + 2 espíritu	10.1 "	9.9 "

Aquí la mezcla con espíritu de 90% da iguales resultados que para el benzol puro. *Y es necesario no olvidar en ningún momento que estas investigaciones han sido hechas con un carburador construido para bencina.* Para las pruebas de consumo se corrió con una velocidad de 40 km. por hora.

Las investigaciones del 1.º de Noviembre de 1914 se hicieron en la calzada de aproximadamente 14 Km. que existe entre Ortschäften Erbenheim y Hattersheim. Esta calzada tiene poco tráfico y en total tiene una parte recta de 10 Klm.; en algunos trozos tiene pequeñas subidas que se prestaban muy bien para las observaciones de velocidad máxima con la máxima potencia del motor. Fuera de estas pequeñas subidas la calzada es horizontal. El punto de término Erbenheim está solamente un poco más alto que Hattersheim. Por esto, cuando no había viento el trayecto recorrido con el combustible era algo mayor en la dirección hacia Hattersheim. Con viento oeste, en la dirección contraria, se podía ir también un poco más lejos.

Las observaciones del 1.º de Noviembre se hicieron con viento débil y tiempo nublado. La temperatura era de 4 grados Celsius y como se ha dicho, el ventilador no funcionaba.

En los días calurosos de fines de Abril el ventilador fué nuevamente puesto en funcionamiento y se vió que el motor trabajaba bien con la mezcla 1+3, lo mismo que con la mezcla 1+4 y 1+5. Los resultados están indicados en las tablas T1 T2 T3. Las investigaciones se hicieron en la misma calzada y en iguales condiciones que el 1.º de Noviembre de 1914. La única diferencia fué que ahora se trató de economizar combustible, primero acercando el punto A, en el cual se partía a 40 Klm. por hora, 800 metros a la gradiente y 2.º haciendo las investigaciones de consumo de combustible, solamente con un litro y nó con un litro y medio (capacidad del estanque auxiliar para la puesta en marcha).

En la tabla T2 la mezcla 1:3 aparece con iguales valores que la 1:2, lo que tiene su causa en algún hecho imprevisto (p. ej., puede haber existido viento más fuerte).

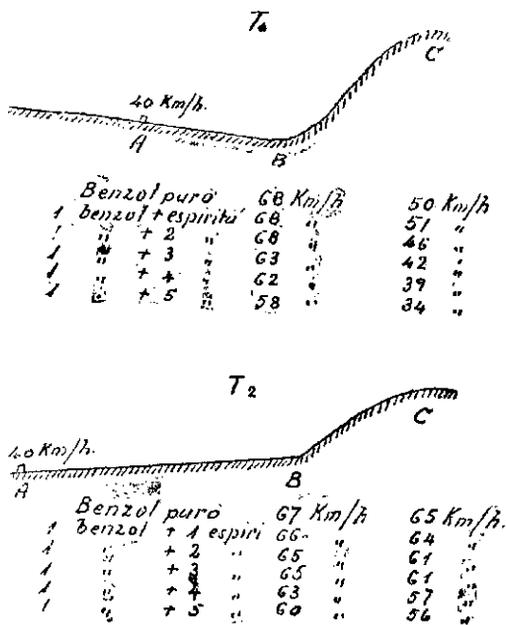


Fig. 4

TABLA T3.—RENDIMIENTO DE UN LITRO DE COMBUSTIBLE

Benzol puro	Rendimiento	
	Ida	Vuelta
	7.4 Klm.	7.1 Klm.
½ benzol ½ espíritu	8.6 "	7.5 "
⅓ benzol ⅔ espíritu	8.0 "	7.2 "
¼ benzol ¾ espíritu	7.8 "	7.0 "
1/5 benzol 4/5 espíritu	7.7 "	6.6 "
1/6 benzol 5/6 espíritu	7.2 "	6.0 "

En las tablas T2 y T3, las mezclas pobres en espíritu se muestran mejores que en el benzol puro. Esto tiene su principal causa en que las partidas fueron rápidas, sin intervalos entre unas y otra, sin necesidad de efectuar cambio alguno y

además fueron hechas en los días excepcionalmente calurosos de Abril, en la tarde, y la temperatura del carburador era demasiado alta para el benzol y muy favorable para las mezclas de espíritu.

La diversidad de cifras que se puede observar entre la ida y la vuelta de la tabla T3, en particular las diferencias en comparación con la tabla incluida en la página anterior se deben a que el 1.º de Noviembre no había viento, mientras que durante las marchas incluidas en T3 soplaban un viento suave que ayudaba la ida.

Como hemos dicho, en el sentido de la ida, debido a diferencias de nivel, era posible caminar algo más, pero con viento oeste no sucedía lo mismo. El viento era a menudo muy molesto y cuando a ratos el aire se mantenía tranquilo y después había corrientes en todas direcciones, no era posible hacer observaciones en esta calzada.

Todas las marchas de las tablas T1 a T3 fueron hechas en la tarde del 30 de Abril. Había un débil viento este, el sol alumbraba y la temperatura a la sombra variaba entre 16 a 18 grados C.

No siempre los resultados eran en conjunto tan buenos como en las tablas ya anotadas y que corresponden a las experiencias realizadas el 1.º de Noviembre de 1914 y 30 de Abril de 1915. Especialmente era difícil obtener buenos resultados en algunos días en que el sol aparecía y desaparecía. Pero en general, podemos tener los números de las tablas indicadas como buenos valores medios. En la tabla T4 que se incluye a continuación aparece nuevamente la columna "Vuelta" de la tabla T3 completada con observaciones relativas a la bencina y espíritu puro. En la tabla T4 se indican además a título de curiosidad, los costos de los diversos combustibles en aquella época.

Como veremos posteriormente, para las observaciones con espíritu puro el carburador sufrió modificaciones.

TABLA T4

Combustible	Marcha con 1 litro en Klm.	Precio de 1 litro en Pf.	Espacio recorri- do con 1 litro Klm.
Bencina pura	5.8	38	15.7
Benzol puro	7.1	37.5	18.9
1/2 benz.+1/2 esp.	7.5	35.8	20.9
1/3 benz.+2/3 esp....	7.2	35.2	20.4
1/4 benz.+3/4 esp....	7.0	34.9	20.0
1/5 benz.+4/5 esp....	6.6	34.7	19.0
1/6 benz.+5/6 esp....	6.0	34.5	17.3
Espíritu puro.....	5.4	34	15.8

(Los precios de esta tabla que, como se ha dicho, se indican sólo a título de curiosidad, correspondían al valor de los combustibles recién estallada la guerra y en compras al detalle).

La velocidad de 40 Klm. por hora usada para las investigaciones de consumo era algo baja, pues como se ha demostrado por los resultados, el carburador no hacía un trabajo económico para velocidades de 40 Klm. o inferiores. Este es un punto muy interesante y que posteriormente fué investigado con el motor trabajado a plena carga.

La mayor parte de los carburadores marchan antieconómicamente a bajas velocidades. En el carro de investigaciones era muy fácil verlo con ayuda de dos válvulas que permitían la entrada del aire fresco en el tubo de aspiración.

Con el objeto de determinar el valor de esos accesorios se hicieron cuatro observaciones en la sección Erbenheim Hattersheim cada una con 1 ½ litro de benzol y 20 klm. Estas observaciones están incluidas en la tabla que se expone a continuación y se puede ver que, con las válvulas abiertas el combustible resultaba mucho más económico, es decir, con una cantidad dada de combustible se podía recorrer un trayecto más largo. Sin embargo, posteriores y más amplias investigaciones han demostrado que la economía de combustible con las válvulas abiertas se obtenía sólo para pequeñas velocidades.

CAMINO RECORRIDO CON 1 ½ LITRO DE BENZOL

	Ida	Vuelta
Con las válvulas cerradas.....	9.6 Klm.	9.4 Klm.
Con las válvulas abiertas.....	11.9 "	11.2 "

Para las fuertes potencias del motor, es decir, cuando el carro marchaba a toda velocidad, era indiferente abrir o cerrar esas válvulas.

A continuación se exponen las pruebas con el motor marchando a plena carga.

Las investigaciones se realizaron en la calzada Wiesbaden Hohe Wurzel. Como se indica en el perfil adjunto en una sección demás de 3 Klm., entre los Klm. 3.9 y 7.3, ella tiene una gradiente de 1:10. Aquí se hicieron algunas pruebas preliminares los días 8-9 y 17 de Junio de 1915, partiendo del Klm. 3-9. Como se puede ver en la tabla T5 que viene a continuación, la influencia de la válvula de aire aquí en la gradiente, marchando a 20 Klm. por hora es muy inferior que en el caso de la tabla anterior, indicada en esta misma página. Además debemos considerar

también los resultados de la tabla T6 en que se vé que la abertura de las válvulas sólo tenía una influencia favorable cuando el flotador era cargado con un disco de plomo y un tanto desfavorable cuando esa carga faltaba.

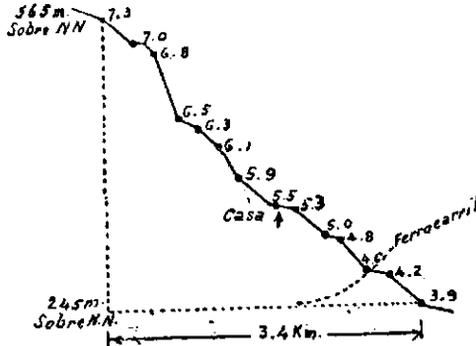


Fig. 5

Como se ha dicho anteriormente, desde Septiembre de 1914, en general se llevaba un disco de plomo en el flotador, pero después de estas experiencias fué suprimido. Posteriormente, al hacer experiencias con el carburador Palles también se suprimió la carga en el flotador.

Ahora compararemos los diversos combustibles en esta calzada

Tabla T5,—1 litro de la mezcla 1 benzol + $\frac{1}{2}$ espíritu. Todas las marchas hechas en 2.^a velocidad. Flotador cargado.

Día	de Klm.	a Klm.	Válvulas de aire	Velocidad klm. h
8 Junio 1915.....	3.9	6.8	cerradas	20
„ „	„	6.7	„	„
„ „	„	6.92	abiertas	„
9 Junio 1915.....	„	7.0	„	„
„ „	„	6.9	„	„
„ „	„	6.95	„	„
„ „	„	6.96	„	30
17 Junio 1915.....	„	7.0	„	„

con gradiente y marchando el motor a plena carga. Estas marchas y el recorrido efectuado con cada combustible se indica en la tabla T7. En la tabla T6 se vé que para determinar la influencia de las válvulas y de la carga en el flotador, las marchas se hicieron partiendo del Klm. 5.5 con $\frac{1}{2}$ litro.

TABLA T6.— $\frac{1}{2}$ LITRO DE LA MEZCLA 1 BENZ + $\frac{1}{2}$ ESP.

Todas las marchas se hicieron en 2.^a velocidad y con 20 Klm. por hora.

Día	de Klm.	a Klm.	Válvulas de aire	Flotador
17 Junio 1915.....	5.5	6.9	cerradas	cargado
".....	7.06	"	"	sin carga
".....	"	7.05	"	"
".....	"	7.04	abiertas	"
".....	"	7.04	"	"

En la tabla T7 se vé que el 3 de Julio se hicieron tres viajes con 1 benzol + 5 espíritu y que $\frac{1}{2}$ litro alcanzó una vez hasta el Klm. 6.51 y dos veces hasta el 6.49. El 9 de Julio se recorrió en el primer viaje, con la misma mezcla sólo hasta el Klm. 6.3 debido a que un largo trayecto fué necesario hacerlo en primera velocidad.

TABLA T7.—INVESTIGACIONES REALIZADAS CON $\frac{1}{2}$ LITRO DE COMBUSTIBLE Y CON VELOCIDAD MAXIMA

Combustible	Kilómetro alcanzado partiendo del Kl., 5.5		
	3 Julio	6 Julio	9 Julio
1 benzol + 5 espíritu.....	6.51 6.49		6.3 6.5
1 benzol + 4 espíritu.....	6.49	6.62 6.57 6.5	6.53 6.52
1 benzol + 3 espíritu.....	6.75	6.72 6.68	6.54
1 benzol + 2 espíritu.....	8.82 6.83	6.8	6.59
1 benzol + 1 espíritu.....	6.84 6.85	6.83	6.83 6.86
Benzol puro.....	6.89 6.9	6.87	6.9
Bencina pura.....	..	6.75	6.76
1 benzol + 2 petróleo.....	6.83

Para tiempo frío, la mezcla 1:5 es muy sensible y cuando se cambiaba de velocidad y se abría muy rápidamente la válvula de aceleración, el motor se paraba

y era necesario a causa de la gradiente, volver a una velocidad menor. La primera marcha del 9 de Julio fué hecha en primera velocidad, todas las marchas restantes que están encerradas en un cuadro son hechas casi en su totalidad en segunda velocidad y los números que no están dentro de de un cuadro corresponden a marchas efectuadas en general en tercera velocidad.

En la calzada a que corresponde el perfil dibujado en la página anterior, algunos puntos de observación eran muy buenos, especialmente uno cerca del Klm. 6.5 en que el contador de velocidad dió las más altas anotaciones y otro poco antes de llegar al Klm. 6.8 en que se observó los valores más bajos. Debido a esto, con el objeto de llegar hasta ese punto con las mezclas ricas en espíritu, en las investigaciones siguientes que aparecen en la tabla T8, se trasladó la partida que estaba en el Klm. 5.5 al Klm. 6.0. Sin embargo, con las mejores mezclas se llegaba más allá del Klm. 7.3, donde la calzada tenía mucho menos gradiente, por lo cual para las demás investigaciones se trasladó la partida hacia atrás, pero no al Klm. 5.5 sino al 5.8.

TABLA T8.—CON $\frac{1}{2}$ LITRO DE COMBUSTIBLE

Combustible	Klm. de a	Veloc. máx.	Veloc. mín.
1/6 benz. + 5/6 esp.....	6.0—7.115	28 Klm h III	22 Klm. h II
1/4 benz. + 3/4 esp.....	6.0—7.27	34 " III	24 " II
1/2 benz. + 1/2 esp.....	6.0—7.41	40 " III	24 " III
1 benz. + 1 petr. + 1 espíritu	6.0—7.475	42 " III	28 " III
1 benz. + 2 petr. + 1 1/2 esp.	6.0—7.43	43 " III	29 " III

La tabla T9 que viene a continuación es un complemento de la T8. Los números romanos que aparecen al lado de los Klm h. en estas dos tablas, indican las velocidades de marcha en el momento de hacer la observación.

TABLA T9.—CON $\frac{1}{2}$ LITRO DE COMBUSTIBLE

Combustible	Klm. de a	Velocidad máxima	Veloc. mínima
1 benz. + 5 espíritu	5.8—6.83	30 Klm h III	24 Klm h. II
1 benz. + 4 "	5.8—6.86	30 " III	25 " II
1 benz. + 3 "	5.8—6.99	35 " III	28 " II
1 benz. + 2 "	5.8—7.15	38 " III	5 " III
1 benz. + 1 "	5.8—7.27	40 " III	22 " III
Benzol puro	5.8—7.26	40 " III	24 " III
Bencina pura.....	5.8—7.15	40 " III	24 " III
Benzol espíritu 1:1:1.	5.8—7.12	40 " III	17 " III

Las marchas de la tabla T8 fueron presenciadas por el representante del Ministerio de la Guerra, el Ingeniero Dannex que entonces, como oficial de esa reparación, estaba a cargo del depósito de automóviles de Unterturkein. Posteriormente el señor Danner realizó por su parte, interesantes investigaciones que más adelante se darán a conocer.

En la tabla T9 se vé otra vez, como en ocasiones anteriores que las mezclas pobres en espíritu son mejores que el benzol puro. Talvez esto provenga de que el espíritu contiene mucho oxígeno.

En la columna de velocidades mínimas de la tabla T9 es interesante anotar que en 2.^a velocidad se obtuvieron mayores velocidades que marchando en 3.^a. Esto proviene de que en la fuerte gradiente en que se observaron las velocidades mínimas, las revoluciones del motor eran pocas en comparación con las de 2.^a velocidad y se corría en 3.^a velocidad tanto como era posible. Para las mezclas ricas en espíritu era necesario mucho antes de la fuerte gradiente pasar de 3.^a a 2.^a velocidad.

Para las mezclas 1+2 era muy incierto poder llegar hasta el final en 3.^a velocidad. Cuando el contador de velocidades bajaba a 5 Klm h. era necesario hacer un cambio y los últimos 20 metros de mayor gradiente se recorrían en 2.^a velocidad.

La posibilidad de marchar en ese largo trayecto con gradiente de 1/8 en 3.^a velocidad y todavía con 7 a 8 Klm h. muestra la bondad del espíritu y del benzol. *Con bencina era imposible hacer ese trayecto en esa forma, pues se producían golpes en el motor que después de dar tirones se paraba, sino se pasaba inmediatamente a la velocidad inferior.*

INVESTIGACIONES HECHAS EN EL AUTOMÓVIL DE PRUEBA MARCHANDO CON ESPIRITU

Como complemento de las primitivas investigaciones realizadas con benzol-espíritu 1 : 5, el profesor von Low había probado muchas veces el marchar con espíritu puro, pero los resultados eran muy malos. El carburador explotaba de una manera crítica y el gasto de combustible era enorme. En Agosto 11 de 1915 se hizo la prueba de colocar en el carburador una entrada de aire mas estrecha y el motor trabajó inmediatamente en forma excelente. *No se podía observar ninguna diferencia frente a los mejores combustibles.* Esto se puede observar en la tabla adjunta. De igual manera como se había hecho el 1.^o de Noviembre de 1914 en el punto A

(del primer perfil indicado en la página 12) se partió con 40 km h. y desde ahí en adelante se dió toda la marcha.

Observaciones hechas en el perfil de la Fig. 3

DIA	COMBUSTIBLE	VELOC. en los puntos	
		B	y C
1.º Noviembre 1914	Benzol puro	82	56
1.º Noviembre 1914	1 benzol + 2 espíritu	78	48
4 Septiembre 1915	Espíritu puro	78	51
4 Septiembre 1915	Espíritu puro	79	53

Como se puede ver en esta tabla, en los puntos B y C. con espíritu se obtuvo casi igual velocidad a la obtenida anteriormente con benzol puro y la mezcla benzol espíritu 1 : 2, y con el carburador de mayor sección. Muchas otras experiencias realizadas en este mismo trayecto dieron iguales resultados.

Las velocidades del carro en horizontal, de 90 km h., eran algunas veces sobrepasados hasta 93 km h y en otras ocasiones no se alcanzaba a 90 km h. manteniéndose la velocidad alrededor de 87 km h. debido a un débil viento u otras causas difíciles de precisar.

Para determinar el consumo de combustible se hicieron igualmente muchas otras experiencias en ese trayecto entre Erbenheim y Hattersheim.

En la tabla que viene a continuación se puede ver que los recorridos se muestran muy desiguales en las columnas de ida y vuelta. La causa de estas irregularidades proviene del estado del tiempo, a ratos había débiles lluvias, en seguida se producían tempestades y constantemente el viento cambiaba de intensidad y dirección.

Sin embargo, los resultados anotados en esta tabla no son tan irregulares o desiguales como parece a primera vista y en efecto, esto se puede ver observando la suma del kilometraje de ida y vuelta.

Día	Combustible	Ida Klm.	Vuelta Klm.	I + V Klm.	Viento
19 Agosto 1915	95% espíritu + 5% agua	6.5	4.8	11.3	Tempes.
"	" "	6.1			Este
"	90% espírit. + 10% agua	5.7	4.9	10.6	Este débil
"	1/6 benz. + 5/6 esp.	6.0	5.8	11.8	Calma
"	1/5 " + 4/5 "	6.6	5.8	12.4	Este débil
"	1/4 " + 3/4 "		5.5		"
30 Abril 1915	1/6 benzol + 5/6 esp.	7.2	6.0	13.2	Este débil
"	1/5 benzol + 4/5 "	7.7	7.0	14.3	"
"	1/4 benzol + 3/4 esp.	7.8	7.0	14.8	"

Los resultados obtenidos con las distintas mezclas corresponden a los valores de la energía química de los componentes y a las condiciones físicas producidas a través de los carburadores mas estrechos o mas amplios. Basándose en esto y en los resultados anotados en la tabla anterior, en la tabla que siguen se indican los valores ideales correspondientes a cada combustible o mezcla.

El valor mas pequeño corresponde al espíritu natural con 10% de agua, algo mas da el espíritu puro de 95% y los mayores valores se han dado para la mezcla de espíritu de 95% con benzol. Estos valores corresponden a las leyes químicas ya que el benzol tiene una energía mas alta (poder calorífico) que el espíritu, lo que permite con una cantidad determinada de combustible hacer un mayor recorrido. Pero por este camino se llega luego a un límite debido a causas físicas, esto es, a las dimensiones de los orificios del carburador. Según experiencias que daremos a conocer mas adelante, se ha demostrado sin lugar a dudas que el motor marchando con una mezcla con alta proporción de benzol anda pero que con espíritu puro cuando se usa un carburador estrecho. La máquina durante esas observaciones, trabaja floja, el combustible no duraba mucho y una espesa nube negra de humo salía por el tubo de escape.

RECORRIDOS QUE SE PODRÍAN OBTENER CON LAS DISTINTAS MEZCLAS

90% espíritu + 10% de agua.....	5.4 Km.
95% espíritu + 5% de agua	5.7 "
1/6 benzol + 5/6 espíritu.....	5.9 "
1/5 benzol + 4/5 espíritu.....	6.2 "

1 6 benzol + 5 6 espíritu	6.6 Km.
1 5 benzol + 4 5 espíritu	7 2 "

Las tres últimas pruebas de la tabla que aparece en la página anterior y ya habían sido anotadas en la tabla T3 de la fig. 4 se han colocado nuevamente como un término de comparación. Como se vé, el kilometraje recorrido en esa ocasión es superior al que figura en las demás experiencias de la tabla de la página anterior y las causas que expliquen este hecho pueden ser dos. La primera causa es sin duda que el 30 de Abril de 1915 el tiempo era mucho más caluroso, con sol, lo que tuvo una buena influencia sobre las mezclas ricas en espíritu. La segunda causa sería de que el carburador ancho trabaja más económicamente que el angosto, por esto no es bien seguro. El angostamiento del carburador favorece solamente la potencia en las mezclas ricas en espíritu, podemos partir con más velocidad, pero es probable que con la tobera de aire más ancha, especialmente en días calurosos se puede hacer un mayor recorrido con una cantidad determinada de combustible. Esto tiene naturalmente como base el hecho de que la tobera del combustible permanece la misma.

INVESTIGACIONES HECHAS CON LA TOBERA DE AIRE ESTRECHA EN EL ALTO DE WURZEL

La tabla que sigue contiene las observaciones hechas el 12 de Agosto de 1915 muestra que importancia juega el tiempo es decir, el estado atmosférico en esas experiencias. Aquí, como de costumbre todas las observaciones se han hecho

Combustible	Klm. de a	Veloc. máxima en Klm. 6.5	veloc. mínima en Klm. 6.75	Estad. atmosf. co.
1 95% espíritu + 5% agua	5.8 — 6.87	38 Km/h	21 Km/h —	Sol
2 95% espíritu + 5% agua	5.8 — 6.875	38 " 21	" 2.25	"
3 90% espíritu + 10% agua	5.8 — 6.76	38 " 21	" 2.55	"
4 90% espíritu + 10% agua	5.8 — 6.74	38 " —	" 2.50	"
5 1 benzol + 5 esp.	5.8 — 6.89	38 " 22	" 2.30	Cubie
6 1 benzol + 4 esp.	5.8 — 6.87	39 " 22	" 2.20	to
7 1 benzol + 4 esp.	5.8 — 6.87	39 " 22	" 2.20	"
8 95% benzol + 5% agua	5.8 — 6.825	38 " 20	" 2.40	"

veces y cuando en el carro iba un nuevo observador, las experiencias se hacían hasta que la cámara de nivel constante estuviera absolutamente vacía.

En las marchas 1 a 4 no hay nada especial que anotar. En 4 se alcanzó a 20 metros menos que en la anterior y por eso duró también 5 segundos menos, lo que tiene su causa en una variación brusca del estado atmosférico, pues al comienzo de ella hacía mucho calor, 25 grados C. a la sombra, el sol quemaba fuertemente y al final el cielo estaba nublado y hacía frío. Desde la marcha 5 el sol no alumbró más.

El profesor von Low manifiesta que al iniciar las experiencias anteriores le era desconocida la alta influencia del estado atmosférico. La marcha 6 y sus malos resultados le produjeron extrañeza. Pero la 7 dió resultados análogos y una nueva experiencia realizada con 95% de espíritu dió resultados muy inferiores a los 1 y 2, pues alcanzó a 45 metros menos.

El 1.º de Septiembre de 1915 hacía mucho frío, por lo que las marchas o sea el camino recorrido con el combustible, no fué lo que se esperaba. Estas experiencias se indican en la tabla siguiente:

Combustible	Klm. de a	Veloc. máx.	Veloc. mínima
Espíritu puro	5.8 — 6.7	36 Klm/h III	
1 benzol + 5 esp.	5.8 — 6.83	38 " III	19 Klm/h III
1 benzol + 4 esp.	5.8 — 6.85	III " III	20 " III
1 benzol + 3 esp.	5.8 — 6.82	38 " III	20 " III
1 benzol + 2 esp.	5.8 — 6.82	38 " III	20 " III
1 benzol + 1 esp.	5.8 — ?	37 " III	19 " III
Benzol puro	5.8 — 6.7	32 " III	18 " III
Bencina pura	5.8 — 6.62	29 " III	—

Aquí se hicieron cuidadosas observaciones respecto a la marcha con mezclas ricas en espíritu y con carburador estrecho. En esta experiencia, como en las anteriores efectuadas en Erbensheim, el motor trabajaba flojo y como se vé en la tabla anterior el camino recorrido era menor con estas mezclas. También, en las mezclas ricas en benzol se producía un humo débil y para la bencina y el benzol puro salía del tubo de escape una nube negra y espesa de humo.

Continuará.