

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

LAS MAQUINAS DE VAPOR DE LA EXPOSICION DE DUSSELDORF

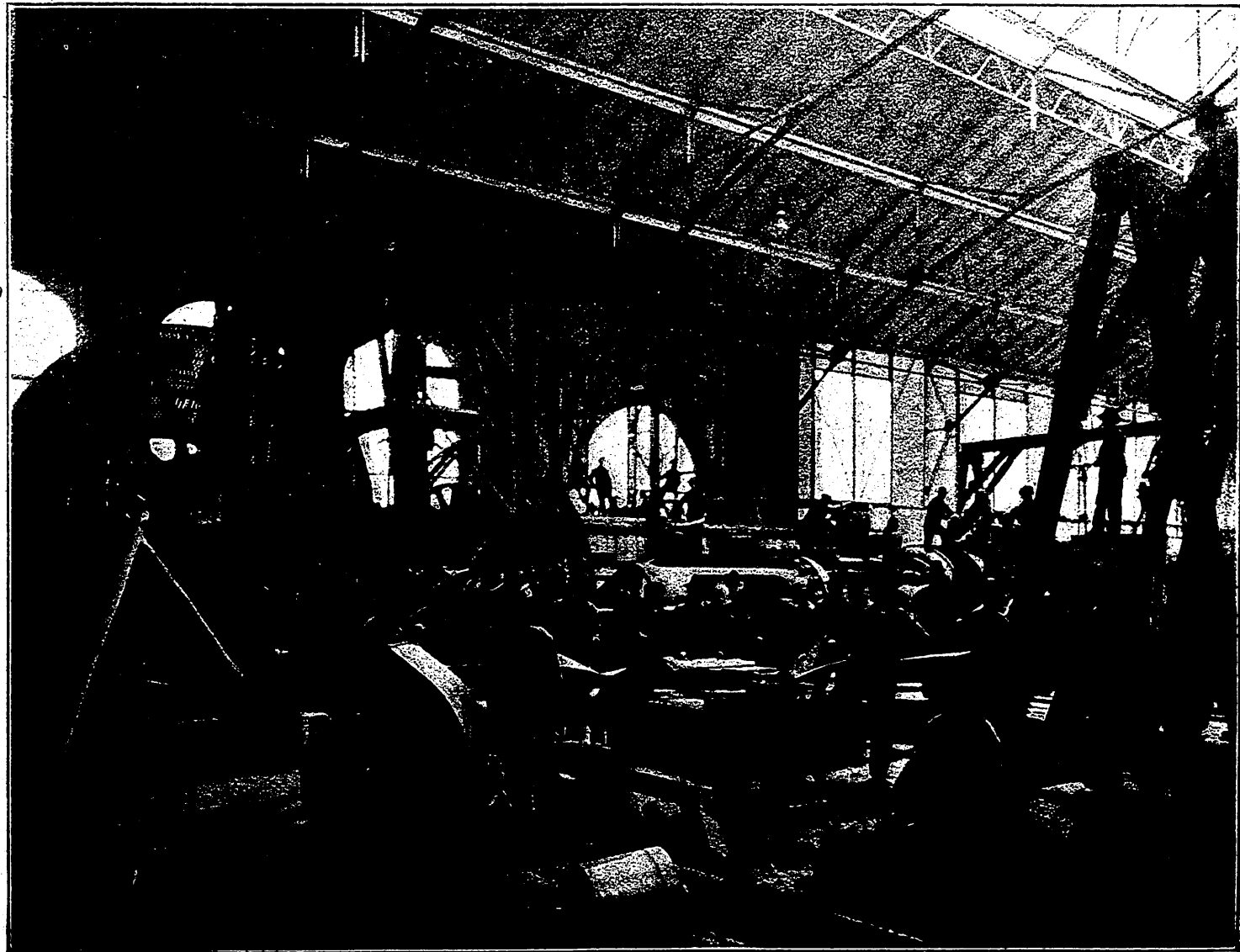
Medio siglo han pasado los constructores tratando de aumentar el rendimiento térmico de la máquina de vapor. Convencidos hoy que es ya casi imposible mejorar las condiciones de combustión ó utilizar el vapor con más provecho, abandonan el problema de la economía del calor y se esfuerzan en aumentar el rendimiento orgánico, ya cambiando la disposición de las piezas, ya variando la naturaleza del metal, y mejorando las condiciones de lubricación y estudiando las propiedades del lubricante.

La máquina de vapor ocupa, en esta Exposición, más de dos tercios de la galería central (Maschinen-Hall), y hay además en los pabellones particulares de Sociedades mineras ó metalúrgicas varios motores de gran potencia.

Diez y seis calderas, que constituyen una superficie total de cale-

facción de 3.550 met.², alimentan las veintiséis máquinas que funcionan en la galería central. Son estos generadores de distintas clases y tamaños, y como es casi imposible emitir juicio sobre el valor y las condiciones de cada uno, citaremos sólo los tres mayores. Que son: una caldera de 360,4 met.² de superficie de calefacción (tubular), de la acreditada casa Babcock y Wilcox de Oberhausen, que trabaja con las potentes de la casa inglesa del mismo nombre; otra de 300 met.² de superficie, calefacción de la casa Petry-Dereux de Düren; y una caldera combinada de 268 met.² de superficie calefacción, de Jacques Pielbœuf, marca que existe también en Aix la Chapelle y en Jupille (cerca de Lieja).

La alimentación de las calderas se hace por medio de cuatro bombas reunidas en una estación central de alimentación y de condensación. De cada caldera parten tres cañerías que van á parar á un tubo colector central, situado en Maschinen-Hall, paralelamente á las máquinas, y cada máquina recibe el vapor por dos cañerías, que emanan del tubo colector. La doble tubería no tiene más objeto que el evitar



la interrupción del trabajo, si una de las dos sufriese averías ó defectos que la inutilizasen por algún tiempo.

Parte del vapor producido por las calderas, va directamente á un recalentador que eleva la temperatura del fluido á 375°; éste alimenta las máquinas que funcionan con vapor seco y recalentado.

La condensación está centralizada. La casa Balcker y Cia. de Bochum, especialista en esta clase de trabajos, ha hecho, en su mayor parte, la instalación.

El sistema no es nuevo, pero como es poco conocido, es conveniente detallarlo; y para facilitar la comprensión del funcionamiento de los distintos aparatos se acompaña el esquema de una instalación análoga á la de la Exposición y hecha también por la Casa Balcker.

El escape de vapor sale de la máquina mezclado con el aceite inyectado para lubricar el émbolo, y con las impurezas que el vástago ó los órganos de distribución arrastran al interior del cilindro. Para que pueda servir de nuevo á la alimentación de la caldera, es preciso separarle las grasas de que está impregnado y purificarle. Con este objeto el fluido pasa, antes de llegar al condensador, por un cilindro de grandes dimensiones *P*, purgador ó depurador, en cuyo interior están roblonadas varias paredes metálicas tabicadas que dificultan la marcha del vapor. El cambio brusco de sección y los tabiques contribuyen á disminuir la velocidad del fluido; el aceite se enfría y las grasas en

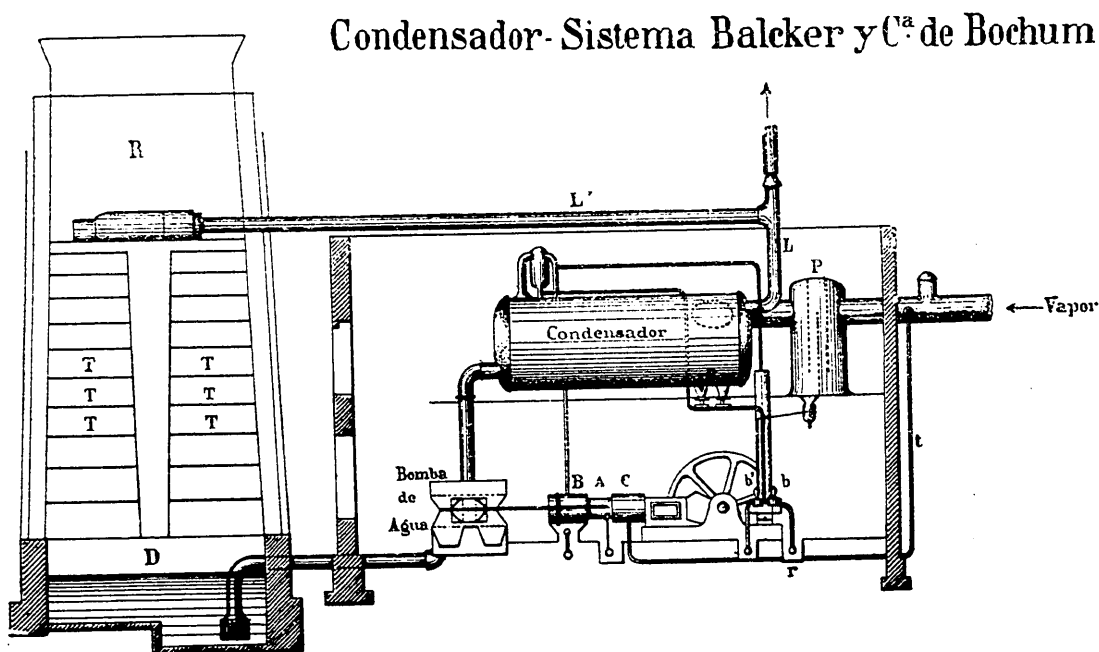
Balcker y á la suplementaria de Sack y Kieffelsbach (de Realh cerca de Düsseldorf). La condensación total es de 30.000 kilogramos-hora. No es, ni con mucho, la mayor instalación de la casa Balcker. En Bruckhausen ha instalado dicha casa, chimeneas refrigeradoras y condensadores capaces de realizar la condensación de 130.000 kilogramos-hora. El único inconveniente que nos parece presentar el sistema, es que las tuberías de conducción son largas, y que una imperfección en la unión de dos tubos puede hacer que la bomba de aire no aspire bien y que la condensación pierda parte de su eficacia. Así se lo hice presente al empleado de la casa Balcker que tuvo la amabilidad de suministrarnos estos datos, y me dijo que, naturalmente, la tubería exigía cierto cuidado, pero que hasta ahora todas las casas que lo habían establecido estaban muy satisfechas; acaso (siendo la presión en los tubos pequeña) sea infundado el temor que antes expuse. El sistema es muy recomendable para minas ó grandes establecimientos metalúrgicos que tengan varias máquinas de vapor; para instalaciones pequeñas no tiene objeto, á menos de circunstancias especiales.

* *

Respecto á las máquinas que funcionan en el pabellón central, se observa gran diferencia entre las verticales y las horizontales. Parecen las primeras mejor estudiadas que las segundas, más acabadas,

hechas con más cariño. Esto proviene indudablemente del gran desarrollo que la marina mercante alemana ha adquirido en estos últimos años. Las máquinas de los vapores del Norddeutscher Lloyd Hamburgo son verticales, y ya se sabe que ninguna máquina exige más cuidados en la construcción que la «marinera», tanto para evitar las perturbaciones debidas á la inercia de las piezas, como para facilitar la lubricación durante la marcha, ocupar poco espacio, etc.

La máquina mayor de la Exposición es una de tipo vertical de la fábrica Gutehoffnungshütte. Es de triple expansión, de 300 caballos de fuerza y de 95 revoluciones por minuto. Está concebida absolutamente como las máquinas marítimas, salvo el mecanismo de cambio de marcha que no tiene objeto en este caso,



suspensión quedan en el purgador, mientras que el vapor, limpio ya, continúa su marcha hacia el condensador. Este es de superficie; el agua fría que ha de servir á la condensación es aspirada del depósito *D* por la bomba de agua y es impulsada por ésta en los tubos del condensador; circula, pues, en sentido contrario al vapor y facilita el enfriamiento rápido. El agua de condensación llega al fondo del condensador, se escapa por *e*, aspirada por la bomba *b*, que la impele luego en la cañería *r* y de allí va al depósito de alimentación de las calderas. Al mismo tiempo el agua de circulación sigue su camino; de *L* pasa á *L'*, luego á la torre refrigeradora *R* y cae desde lo alto tropezando á cada instante con una serie de tablas dispuestas de tal modo que el agua se subdivide, la superficie de enfriamiento aumenta, llegando en forma de lluvia finísima al depósito *D*, del cual es de nuevo aspirada. La bomba *b'* aspira el aceite é impurezas que hay en el purgador.

No hay diferencia esencial entre el sistema descrito y el que funciona en la Exposición. La disposición de las bombas varía algo. En el croquis, la máquina que acciona las bombas es monocilíndrica y la de la Exposición es compound; en vez de tener las dos bombas montadas sobre el contravástago y las pequeñas de modo indirecto, han repartido el trabajo entre los dos cilindros. El cilindro de alta presión está en tandem con la bomba de aire y las bombas pequeñas de aceite y agua condensada, y el émbolo del cilindro de baja presión tiene montado el de la bomba de agua sobre el contravástago; son, pues, dos disposiciones tandem.

Los refrigeradores son dos. Uno de madera, como el que hemos descrito, y otro de palastro con planchas de hierro perforadas en vez de tabiques de madera; las dimensiones de la primera torre son: 8 x 22, altura 24 metros; la segunda es circular, tiene 6 1/2 metros de diámetro por 35 metros de altura.

Han sido necesarias las dos torres para atender á la condensación

puesto que dicha máquina acciona directamente un alternador Lahmeyer (no Ahlmeyer, como por error de imprenta dice mi último artículo (1) destinado á la central de Essen. La distribución en los cilindros de alta y media presión se efectúa por válvulas, en el de baja presión por obturadores Corliss; esta distribución ha sido posible precisamente porque la máquina ha de girar siempre en un mismo sentido. Por si pueden interesar, damos las dimensiones principales.

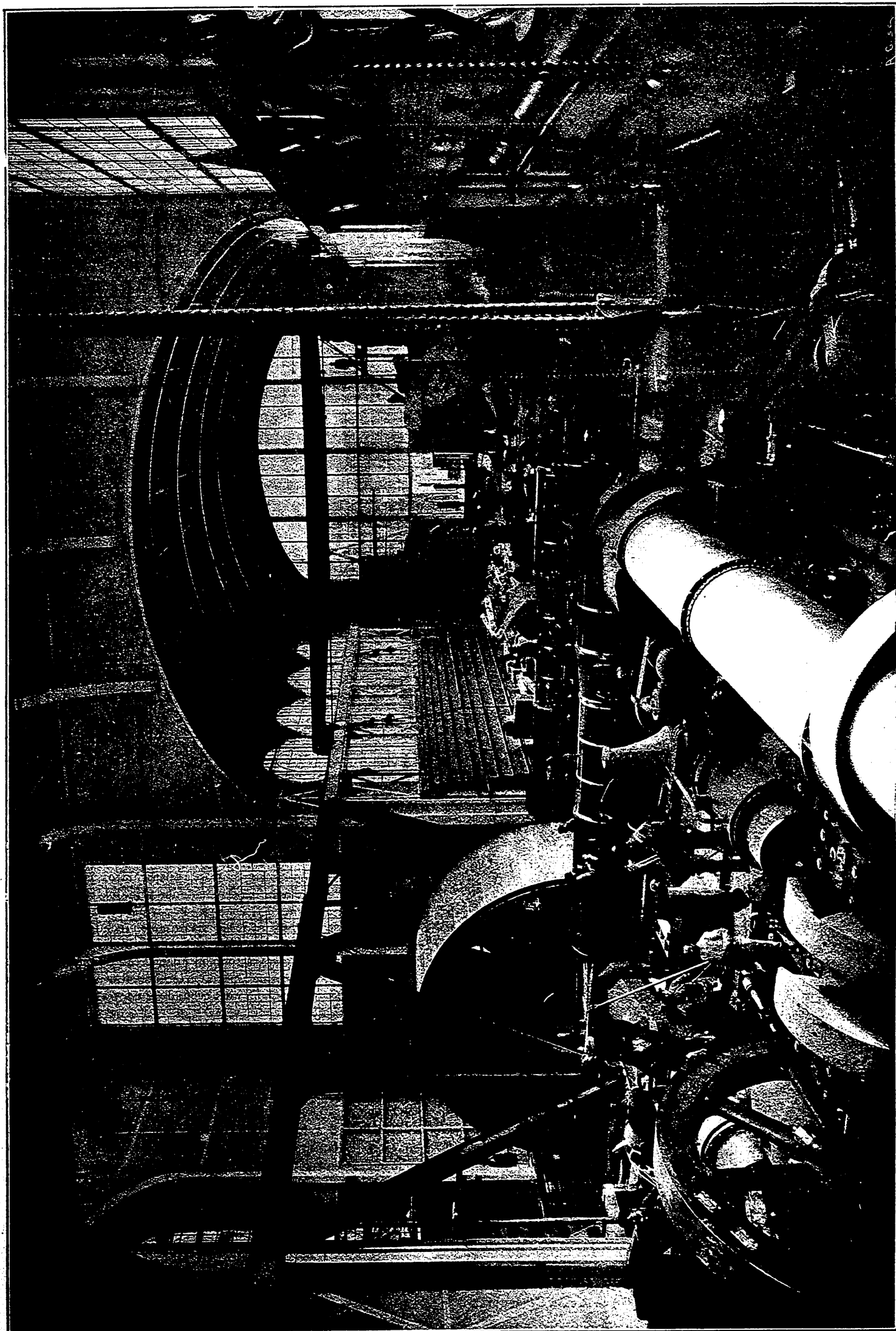
Diámetro del cilindro de alta presión.....	830 mm.
Idem id. id. media.....	1.400
Idem id. id. baja.....	2.050
Carrera de los émbolos.....	1.200 "

Funciona dicha máquina con mucha suavidad; sólo se nota algún ruido inevitable en las distribuciones.

Citaré además dos máquinas compound verticales de las marcas Gebr Meer-Gladbach y de Th. Möller, que también funcionan muy bien y sin ruido alguno; la primera de 400 caballos, da 200 vueltas por minuto; la segunda, también de 400 caballos y de 106 revoluciones por minuto.

También hay bastantes máquinas verticales que por los choques del émbolo y la trepidación de las fundaciones acusan defectos en el equilibrio de las piezas; me abstengo de citar los nombres de los fabricantes, porque no se puede juzgar una casa por una sola máquina, tanto más que en esta galería no hay una sola de esas construcciones llamadas de Exposición, que acreditan una casa, pero que cuestan muy caras y no dan idea alguna de la fabricación corriente.

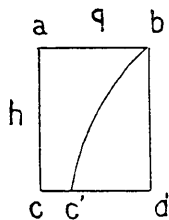
Las máquinas horizontales compound tienen, sin excepción, la distribución valvular; sólo hay una mixta, que ha conservado el obturador Corliss para el cilindro de baja presión. Casi todas son tandem, y casi todas presentan defectos en la distribución.



Voy a permitirme enumerar las ventajas de una distribución valvular y las dificultades que presenta su ejecución.

Las ventajas son que los espacios muertos ó perjudiciales del cilindro son mucho más reducidos que en el caso de una distribución ordinaria y además que la válvula no absorbe casi energía alguna para su elevación, mientras que los frotamientos son muy sensibles en un distribuidor ordinario.

Para comprender las dificultades de ejecución que la válvula presenta, basta conocer su teoría. La válvula se eleva por medio de un mecanismo cualquiera y cae por su propio peso, un peso adicional ó un resorte. Como para elevarse con facilidad ha de ser ligera, el



peso propio basta para que se cierre con la rapidez necesaria; si suponemos un peso adicional y llamamos P al total de la válvula y del adicional, siendo h la altura de elevación de la válvula, tendremos un trabajo Ph (representado por el rectángulo $abcd$), engendrado por la caída del peso P , y que se transforma en trabajo de deformación cuando la válvula choca contra su asiento. Para evitar choque tan brusco, los constructores han sustituido el peso adicional por un resorte. En efecto, el peso adicional es sólo necesario en un principio, pero cuando la válvula ha adquirido cierta aceleración es más bien perjudicial. Supongamos un resorte cuya tensión inicial equivalga al peso P y que la ley de extensión pueda representarse por la curva $b'c'$; el trabajo engendrado al caer la válvula será sólo $ab'c'$; el choque será menor. Si además la válvula tiene un para-choques, es decir, un aparato que constituya almohadilla de aire, el trabajo $ab'c'$ del resorte puede ser equilibrado por el trabajo de compresión de aire del dash-pot que se escapa más ó menos pronto por un orificio cuya superficie puede aumentarse ó disminuirse. Teóricamente el sistema no tiene defectos, pero prácticamente tiene muchos inconvenientes. Puesto que la válvula ha de cerrarse con rapidez, lo mejor sería no ponerle dificultades para que lo efectúe; el para-choques es un inconveniente para el funcionamiento rápido; además, supongámosle graduado para cierta velocidad: si la carga de la máquina aumenta ó disminuye de repente (como ocurre en las centrales de tranvías eléctricos), el regulador obrará sobre la distribución, la elevación de la válvula no será la misma que antes, la tensión del resorte ha variado, el para-choques necesitaría un escape distinto.

A pesar de todos esos inconvenientes, es muy útil; pero ocurre sin remedio que, al cabo de cierto tiempo, la válvula, á fuerza de chocar con su asiento, se gasta, el asiento se abolla y la distribución pierde vapor y á veces agua. Además, para que las válvulas tengan que elevarse á poca altura se construyen de doble asiento y la superficie de contacto entre éstos y la pieza móvil es muy pequeña, condición que tiende á producir el escape del vapor después de algún tiempo de uso.

No es de extrañar que con tantas dificultades estas distribuciones dejen bastante que desear. Pareciéndome, sin embargo, que las máquinas horizontales que había visto en Bélgica eran superiores á las aquí instaladas en cuanto á funcionamiento silencioso y hermeticidad de la distribución, he pedido datos á la casa Van der Kerchove, de Gante, marca acreditadísima y que obtuvo Gran premio en la Exposición de París. El director de los talleres de dicha Sociedad ha tenido la amabilidad de enviarme los datos que le pedía. La superioridad del sistema de la casa Van der Kerchove consiste en que las válvulas no son de doble asiento, sino pequeños émbolos de fabricación análoga á la de los émbolos de los cilindros y que funcionan verticalmente en excelentes condiciones, puesto que las máquinas verticales son las mejores en lo que á conservación del cilindro y del émbolo se refiere. Además, los émbolos ó válvulas de descarga están movidos *directamente, sin recurrir á resortes ni piezas de contacto intermitente*; esta es, sin duda, una gran ventaja en lo que á ruido (y quien dice ruido, dice desgaste) se refiere. Sólo dos objeciones pueden hacerse: 1.ª La construcción difícil de los émbolos obturadores. 2.ª La falta de rapidez de los órganos distribuidores. En cuanto á la primera, queda contestada con saber que la casa Van der Kerchove (muy acreditada por su esmerada construcción) fabrica el motor Willans, que es uno de los que exigen menores ajustes; y en cuanto á la segunda, sólo diremos que las máquinas dan el mismo número de vueltas, ó más, que las de la Exposición de Düsseldorf de igual número de caballos.

Una de las grandes máquinas horizontales que mejor funciona en Maschinen-Hall es una tandem-compound de 1.000 caballos, construida por la casa Hohenzollern, de Düsseldorf; sólo hace algún ruido con las válvulas de emisión, acciona directamente un alternador, casa Lahmeyer, de Francfort; como máquina grande podemos citar una tandem gemela de 2.000 caballos (cada máquina 1.000) de la casa Grevenbroich.

Mueve directamente un alternador Helios. El mecanismo de acción de las válvulas es complicado y éstas pierden algún vapor. Además las cajas de estopas dejan escapar vapor; este defecto lo tienen otras varias.

En el pabellón Gutehoffnungshütte otra máquina gemela de 3.000 caballos con distribución valvular, acciona directamente un inmenso tambor. Como ha de servir para extracción, está provista de cambio de marcha; éste se efectúa por medio de un servo-motor que permite frenar instantáneamente. Esta máquina funciona *muy bien*, es de la marca Abth. Sterkrade (Gutehoffnungshütte).

En el pabellón de la casa Krupp hay un modelito precioso de máquina marina que acciona directamente una diminuta hélice, y otra máquina, también vertical, mayor, construida por los talleres que la misma casa tiene en Kiel, funciona de modo perfecto.

Citaremos, por último, una máquina Haniel y Lueg, de Düsseldorf, compound de 1.000 caballos. Está provista de contra-vástagos en ambos cilindros para mejor equilibrio del émbolo y anular los movimientos perturbadores debidos á la inercia; además, esta disposición evita en parte el gran defecto de las máquinas horizontales, la ovalización del cilindro. En cambio exige cuatro cajas de estopas, punto flaco que ya se trasluce, pues pierde algún vapor por uno de dichos órganos.

Daré el cuadro de las dimensiones generales de algunas máquinas:

	Fuerza. — Caballos indicados.	Revolución por minuto.	DIÁMETROS		Carrera del émbolo. — Milims.
			Cilindro menor. — Milímetros	Cilindro mayor. — Milímetros	
Abth. Steskrade (máquina gemela: 1.500 cada una)...	3.000	—	850	1.200	2.200
Hohenzollern Com- pound tandem....	1.000	95	820	1.150	—
Greven brvigh ge- mela (1.000 caba- llos cada una)....	2.000	65 á 70	725	1.100	1.800

Datos de la casa Van der Kerchove (Gante).

Van der Kerchove.	Caballos indi- cados.	Revolu- ción por minuto.	DIÁMETROS		Carrera del émbolo.	Presión.
			Cilindro menor.	Cilindro mayor.		
CrossCompound..	1.400	100	785	1.360	1.100	9 kg.
Compound tan- dem	1.120	85	700	1.220	1.300	—

Faltan en el precedente cuadro las presiones relativas á las máquinas alemanas.

Sería de desear que los Ingenieros, al pedir datos para una instalación, exigieran el envío de las dimensiones principales de las máquinas, para poder apreciar *á priori*, ya sea por un cálculo rápido, ya por comparación, no el trabajo de la máquina en condiciones normales (que eso se ve bien pronto), sino la aptitud que dicha máquina presenta para realizar el trabajo máximo en buenas condiciones. Claro está que las dimensiones no bastan para poder apreciar cómo trabajará en un caso imprevisto, pero siempre sirven de guía y arrojan alguna luz en cuestiones tan complejas.

Terminaré diciendo, que siento mucho no poder dar un dato importantísimo: el consumo. Ese es el gran defecto de las máquinas verticales actuales, y por eso las horizontales podrán luchar con ventaja. En los países de mucho carbón, como en Bélgica é Inglaterra, tiende á generalizarse la máquina vertical. En Londres, donde el terreno cuesta caro, sólo se ven instalaciones con máquinas verticales; es más, los ingleses obligan á los exportadores alemanes á suministrar bombas condensadoras, etc., todo vertical. La casa Balcker ha hecho un estudio muy interesante de bomba vertical para condensación, *especialmente para Londres*. En las centrales de alumbrado eléctrico de Lieja y sus alrededores casi no se ven más que motores Willans.

En los países donde el carbón es caro, la máquina horizontal se impone por sus condiciones económicas, y sólo son recomendables las verticales cuando se dispone de emplazamiento muy limitado y combustible barato.

ERNESTO WINTER.
Ingeniero de Montedora.

Düsseldorf 8 de Mayo 1902.