

CARBONES FRANCESES.

ORIGEN Y DESIGNACIÓN DEL COMBUSTIBLE.	NATURALEZA del COMBUSTIBLE.	Tanto por ciento de cenizas.	POTENCIA TEÓRICA.				
			En calorías.	En kilogramos de agua vaporizada, el agua tomada y vaporizada a 100 grados.			
Antracitas.	Antracita de la Mayenne	0.49	8646	16.28			
	id. de Lamure (Isère)	4.57	7657	14.42			
HULLAS.	Cuenca de Paso de Calés.	Marles	semi-graso	3.80	7875	14.83	
		Bully	id.	3.00	8400	15.82	
		Hessin	graso	1.20	8529	16.06	
		Lens	semi-graso	2.60	8477	15.96	
		Naux	graso	2.40	8476	15.96	
		l'Escarpelle	semi-graso	1.80	8556	16.11	
		les Courrières	seco	8.60	7925	14.92	
		Denain, excavación Renard	graso, llama larga	1.50	8469	15.94	
		id. id. Lelvet 1	id.	1.90	8389	15.79	
		id. id. id. 2	id.	3.00	8509	16.02	
	Cuenca de Valenciennes.	St Wast, excavación de la Fortuna	graso, llama corta	2.50	8392	15.80	
		id. gran excavación	id.	3.10	8438	15.89	
		id. excavación Tinchon	id.	3.00	8379	15.78	
		Anzin, excavación Chauffour	semi-graso	5.80	7974	15.01	
	Cuenca de Saona.	id. id. la Cave	id.	5.70	8083	15.22	
		id. id. St Luis	id.	1.50	8554	16.11	
		Fresno, id. Bonnepart	seco	3.10	8460	15.93	
		Viejo Condado, excavación Sarreau	id.	1.40	8561	16.12	
		Cuenca del Loira.	Blanzy	seco, llama larga	0.28	7293	13.73
			Epinac	graso, id	2.53	7826	14.73
Cuenca de Aveyron.	Orilla del Gier pozo Enrique	graso y duro	2.96	8601	16.19		
	id. n° 1	id.	1.78	8596	16.18		
	id. Cementerio 1	graso, llama larga	3.57	8052	15.16		
	id. id. 2	id.	2.99	8505	16.02		
Cuenca de Alais	id. Couson	id.	2.72	8206	15.45		
	Lavaysse	id.	5.13	8128	15.30		
Cuenca de Alais	Ceral	seco	1.86	7335	13.81		
	Cuenca de Alais Rochbelle	graso	1.41	8691	16.36		

CARBONES BELGAS.

ORIGEN Y DESIGNACIÓN DEL COMBUSTIBLE.	NATURALEZA del COMBUSTIBLE.	Tanto por ciento de cenizas.	POTENCIA TEÓRICA.			
			En calorías.	En kilogramos de agua vaporizada, tomada y vaporizada el agua a 100 grados.		
HULLAS.	Cuenca de Mons.	Alta-flenu	flenu-seco	0.70	8098	15.25
		Bella y Buena, excavación n° 1	id.	5.10	7959	14.98
		Levante del flenu	id.	1.74	8060	15.18
		Poniente id.	id.	3.12	8037	15.13
		Mediodía	semi-graso	1.80	8085	15.22
		Grand-Hornu	flenu-graso	2.53	8302	15.63
		Norte del Bosque de Bossu	id.	4.40	8004	15.07
		Grand-Buisson	id.	3.44	8265	15.56
		Escouffiaux	duro	2.16	8454	15.92
		St ^a Hogtensia, buena vena	id.	1.93	8393	15.80
	Cuenca del Centro.	Haine St Pierre	graso	2.40	8168	15.38
		Bosque del Suc	id.	5.50	7977	15.02
		La Louvière	id.	4.80	8404	15.82
		Bracquegnies	id.	1.70	8535	16.07
		Mariemont	id.	2.28	8427	15.87
		Bascoup	semi-graso	2.90	8284	15.60
		Sars-Longchamps	id.	1.98	8275	15.58
		Houssu	id.	2.96	8303	15.63
	Cuenca de Charleroi.	St ^a Martin, excavación n° 3	graso	3.34	8308	15.63
		Triekukaisin	id.	3.55	8372	15.76
		Poirier, excavación St ^a Luis	id.	0.52	8012	15.04
		Bayemont, excavación St ^a Carlos	semi-graso	9.93	7670	14.44
		Sacré-Madame	id.	2.77	8447	15.90
		Sars-les-Moullins, excavación n° 7	id.	1.80	8403	15.82
		Carabinero-Francés, n° 2	id.	2.49	8284	15.60
		Roton, vena Greffier	seco	6.50	7951	14.98
	Pont-du-Loup	id.	1.37	8394	15.63	

La primera tabla da, para los combustibles mas usuales, la cantidad de aire necesaria para su completa combustión, las temperaturas de la combustión con diferentes proporciones de aire, la fuerza calorífica ó valor teórico y el valor máximo de los mismos, que se puede conseguir con una caldera de vapor, suponiendo que el aire se admita en el hogar á la temperatura de $15^{\circ},5$ C.; que los gases se escapen por la chimenea á la temperatura de 160° C., que es la temperatura del vapor saturado á la presión de $6^{\frac{1}{4}}$ por centimetro cuadrado; además que el peso del aire admitido, es únicamente el peso químico necesario cuando se le inyecta en el hogar y dos veces dicha cantidad con chimenea.

El precio de compra y el coste de transporte hacen que el valor del combustible sea absolutamente relativo, y subordinado á la localidad y circunstancias. Por ejemplo, en algunas partes de América Central queman en los hogares de las calderas palo rosa, por resultarles más económico que el carbon; y hace algunos años, en los Estados del Oeste de la América del Norte, durante una carestía de carbon, quemaban maiz, pues era el combustible mas barato que podían adquirir. En algunas partes no queman otra cosa que estiércol. Las calderas Babcock y Wilcox, que hay instaladas en el Camino de hierro funicular de Chicago, queman de ordinario en los hogares el estiércol procedente de las cuadras del tranvia de sangre (fuerza animal), al cual se añade una pequeña cantidad de carbon para avivar el fuego.

El cisco procedente de haber cribado el carbon, cuando es de una composición conveniente—por ejemplo de antracita y de hulla bituminosa—quemado sobre un emparrillado apropiado y con el auxilio de un soplador, vale para la combustión, casi tanto como el carbon mismo, únicamente la proporción de ceniza que dá es mayor.

Gran número de fabricantes se sirven, con verdadera economía; de aquel combustible en las calderas Babcock y Wilcox, en las cuales debajo de los tubos hay gran espacio para que se acumule el hollín, que de otro modo se depositaria sobre la superficie de calefacción y la depreciarian al mismo tiempo que impedirían el tiro.

Mucho se ha hablado de los maravillosos resultados del petróleo como combustible, desde el punto de vista económico. Dicha economía en realidad es un mito, y un momento de atención bastaria para que todo el mundo se convenza de que tenemos razón en decirlo. El petróleo tiene una capacidad calorífica, por término medio, de 12000 calorías, ó sea vez y media la del carbon. Más, debido á la ventaja de arder con menos pérdida, un kilogramo de petróleo se considera

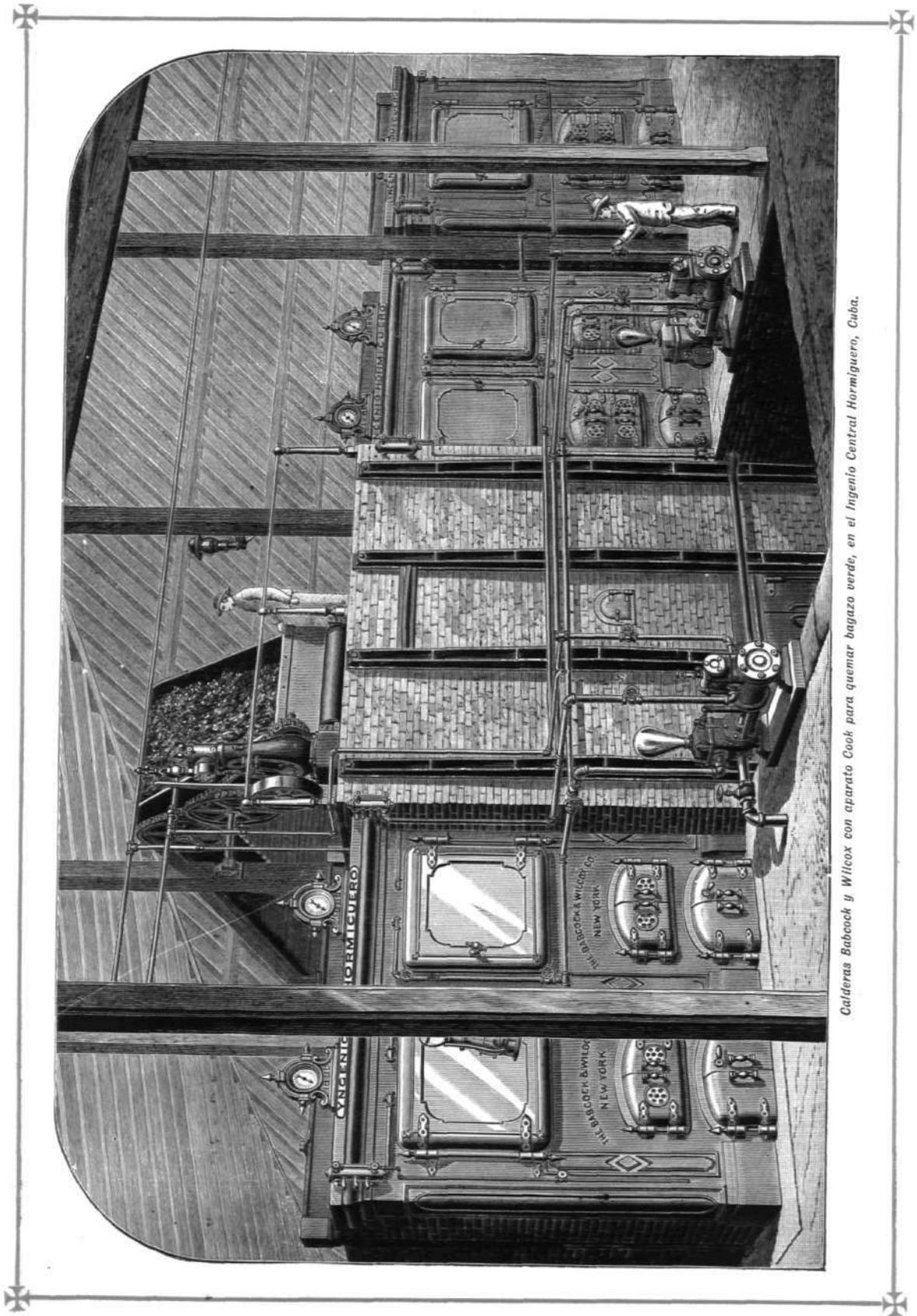
como igual á $1^{\frac{1}{8}}$ de carbon, cifra indicada por los experimentos cuando los dos combustibles han sido empleados en las mismas calderas, haciendo un trabajo igual. Las experiencias hechas en Rusia con locomotoras, han dado el mismo resultado, ó sean $1^{\frac{1}{77}}$. Ahora bien, un litro de petróleo pesa 669 gramos (aunque en el comercio se calcula en 650 gramos) y equivale por consiguiente á $1^{\frac{1}{20}}$ de carbon; 833 litros representa una tonelada de carbon. Con estos datos es fácil determinar el coste relativo de ambos combustibles. Si el petróleo cerca de los pozos, vale 2 francos 50 el hectólitro, vale tanto como el carbon que costara, en el mismo sitio, 20 francos 82 la tonelada. En Nueva York, por ejemplo, donde el valor es de 3 francos 50 el hectólitro, viene á ser del mismo precio que el carbon, á 29 francos 15 la tonelada. La Standard Oil Company estima que 786 litros de petróleo equivalen á una tonelada de carbon, teniendo en cuenta la economía realizada en el emparrillado, el servicio, extracción de cenizas, etc.

El serrin tambien puede emplearse como combustible con buenos resultados, usando un emparrillado especial, y alimentadores automáticos. Además pueden usarse los desperdicios que quedan de curtir las pieles, bien mezclados con carbon, ó bien solos en un hogar apropiado. La fuerza calorífica de estos desperdicios tal como salen de la prensa, es próximamente 25% de la de la madera, pero cuando están secos, pueden llegar á 85% de la que dá la madera en el mismo estado de sequedad.

En Cuba se emplea mucho el bagazo, que es el desperdicio de la caña de azúcar, despues de secado al sol. Su valor es próximamente el mismo que el de un peso igual de madera de pino, en el mismo estado de sequedad. Tal como sale del molino el bagazo contiene 50 á 80% de agua, y en este estado puede ser quemado en el hogar "Cook" bajo una caldera Babcock y Wilcox, con un resultado poco inferior y aún igual al que se obtiene con el bagazo seco quemado en una caldera ordinaria; ahorrándose así el gasto considerable de secarlo.

Se ha estimado que desde el punto de vista de la producción industrial del vapor, un kilogramo de carbon equivale á 2 kilogramos de turba seca; $2^{\frac{1}{25}}$ á $2^{\frac{1}{5}}$ de madera seca; $2^{\frac{1}{5}}$ á $3^{\frac{1}{4}}$ de madera de casca secada ó de bagazo secado al sol; $3^{\frac{1}{25}}$ á $3^{\frac{1}{75}}$ paja de trigo ó cebada, 5 á 6 kilogramos de bagazo verde, y 6 á 8 kilogramos de madera de casca sin secar.

El gas natural varia en calidad, pero se considera que al mismo peso, vale 2 á 2 veces y $\frac{1}{2}$ lo que el carbon, ó que 850 metros cúbicos de gas equivalen á una tonelada de carbon.



Calderas Babcock y Wilcox con aparato Cook para quemar bagaza verde, en el Ingenio Central Hormiguero, Cuba.

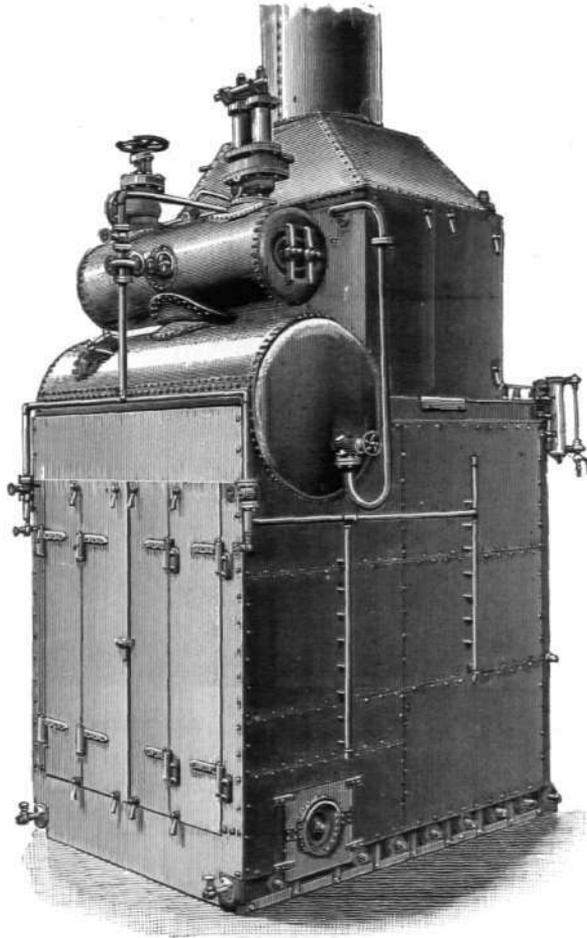
TEMPERATURA DEL HOGAR.

Si se observa la tabla de combustibles puede verse, que la temperatura de combustión es próximamente la misma para toda clase de combustibles, á igualdad de condiciones. Si la temperatura es conocida pueden deducirse las condiciones en que se hace la combustión. La siguiente tabla, debida á M. Pouillet, permite apreciar la temperatura, según la apariencia del fuego :

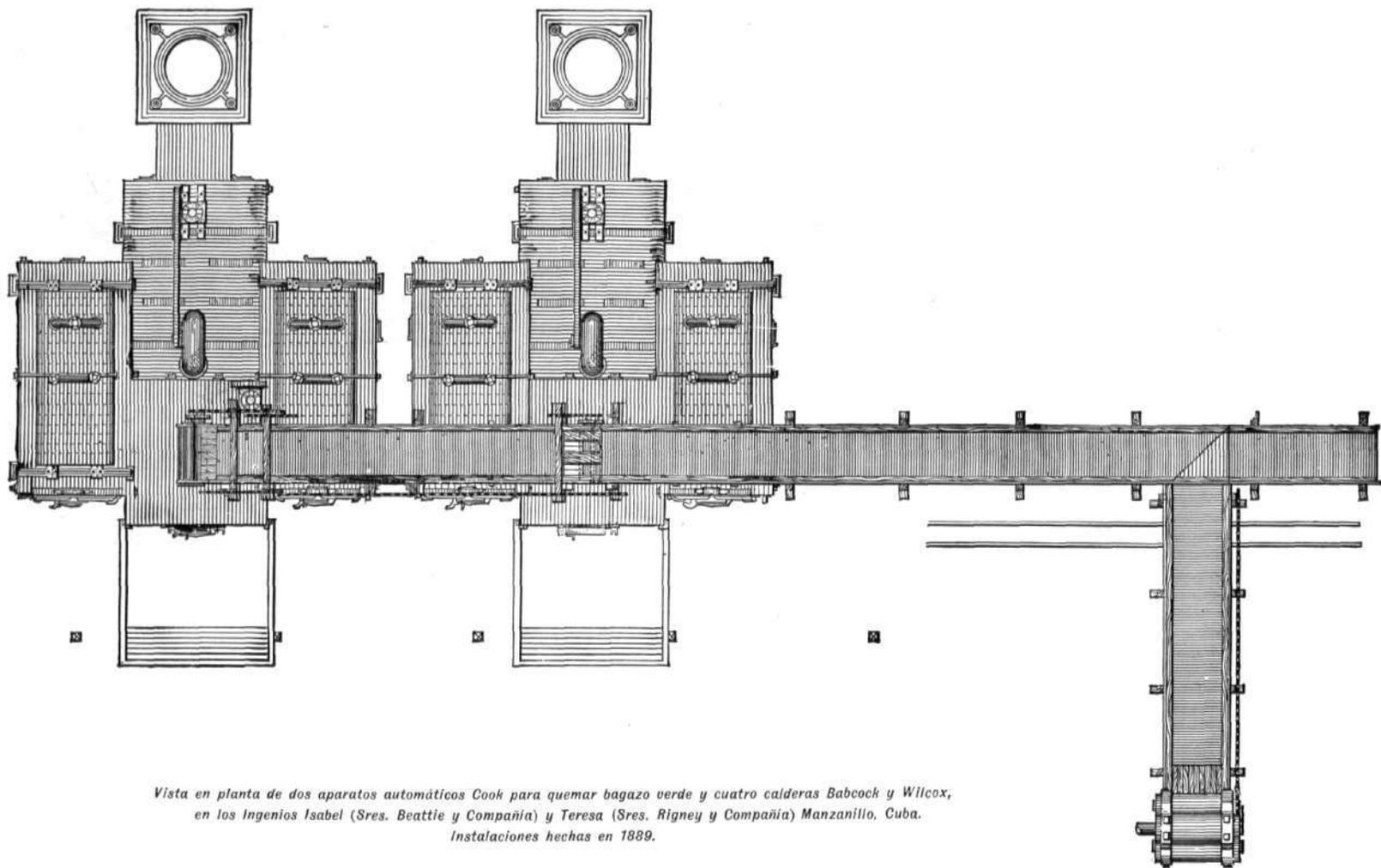
MATIZ DEL FUEGO.	TEMPERATURA CENTÍGRADO.
Rojó, naciente	525°
id. oscuro	700°
id. cereza, oscuro	800°
id. id.	900°
id. id. claro	1000°
Anaranjado, oscuro	1100°
id. claro	1200°
Blanco	1300°
id. brillante	1400°
id. deslumbrador	1500°

Hé aquí la temperatura de fusión de algunos cuerpos :

SUSTANCIA.	TEMPERATURA CENTÍGRADO.
Sebo	33°
Espermaceti	49°
Cera blanca	68°.7
Azufre	114°.5
Estaño	235°
METAL.	
Bismuto	265°
Plomo	335°
Zinc	440°
Antimonio	450°
Bronce	900°
Plata, pura	1000°
Oro, de moneda	1680°
Hierro fundido (mediano)	1200°
Acero	1350°
Hierro forjado	1600°



Caldera Babcock y Wilcox.
(Tipo marino.)



Vista en planta de dos aparatos automáticos Cook para quemar bagazo verde y cuatro calderas Babcock y Wilcox, en los Ingenios Isabel (Sres. Beattie y Compañía) y Teresa (Sres. Rigney y Compañía) Manzanillo, Cuba. Instalaciones hechas en 1889.

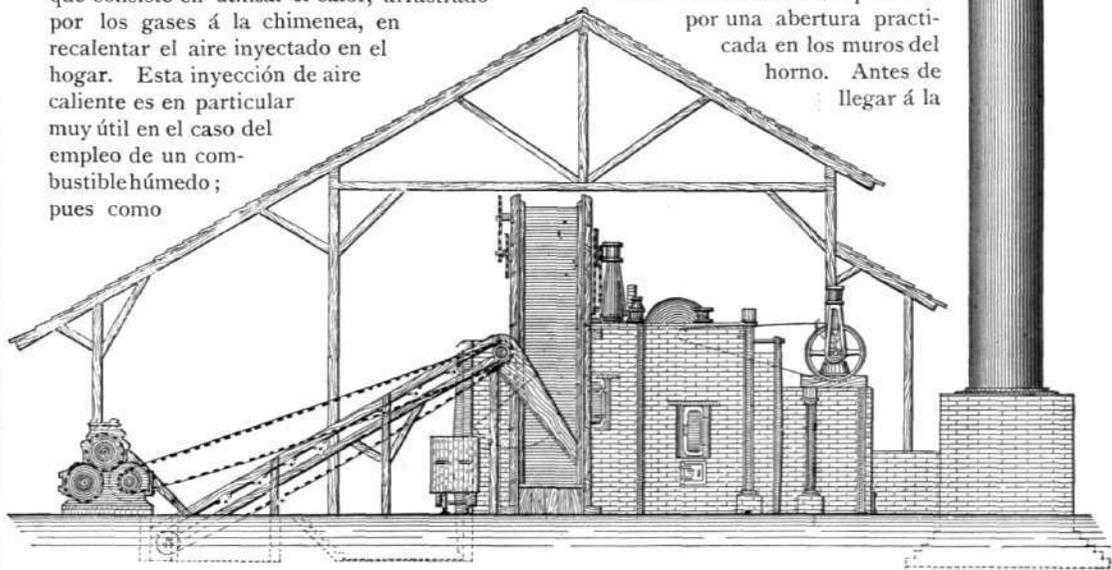
EL BAGAZO VERDE COMO COMBUSTIBLE.

Los desperdicios de la caña de azúcar, después que ha pasado por los cilindros trituradores, contienen generalmente 25 á 40 por 100 de fibra de madera, 6 á 9 % de azúcar y 54 á 66 % de agua. En estas condiciones no se le puede quemar en los hogares ordinarios, y antes necesita ser secado al sol, operación que le quita de ocho á nueve décimos de su humedad y casi todo el azúcar desaparece por consecuencia de la fermentación. Este azúcar es un excelente combustible y si se pudiese utilizar como tal sería casi suficiente para evaporar el agua en la cual se halla disuelto; así pues, es probable que secándolo por los procedimientos ordinarios, es decir, al sol, se destruya más combustible que el necesario para secarlo artificialmente, incluyendo el que se pierde en las diferentes manipulaciones. Si, por consiguiente, pudiera quemarse el bagazo verde tal como sale del triturador, daría tan buenos resultados como cuando está seco.

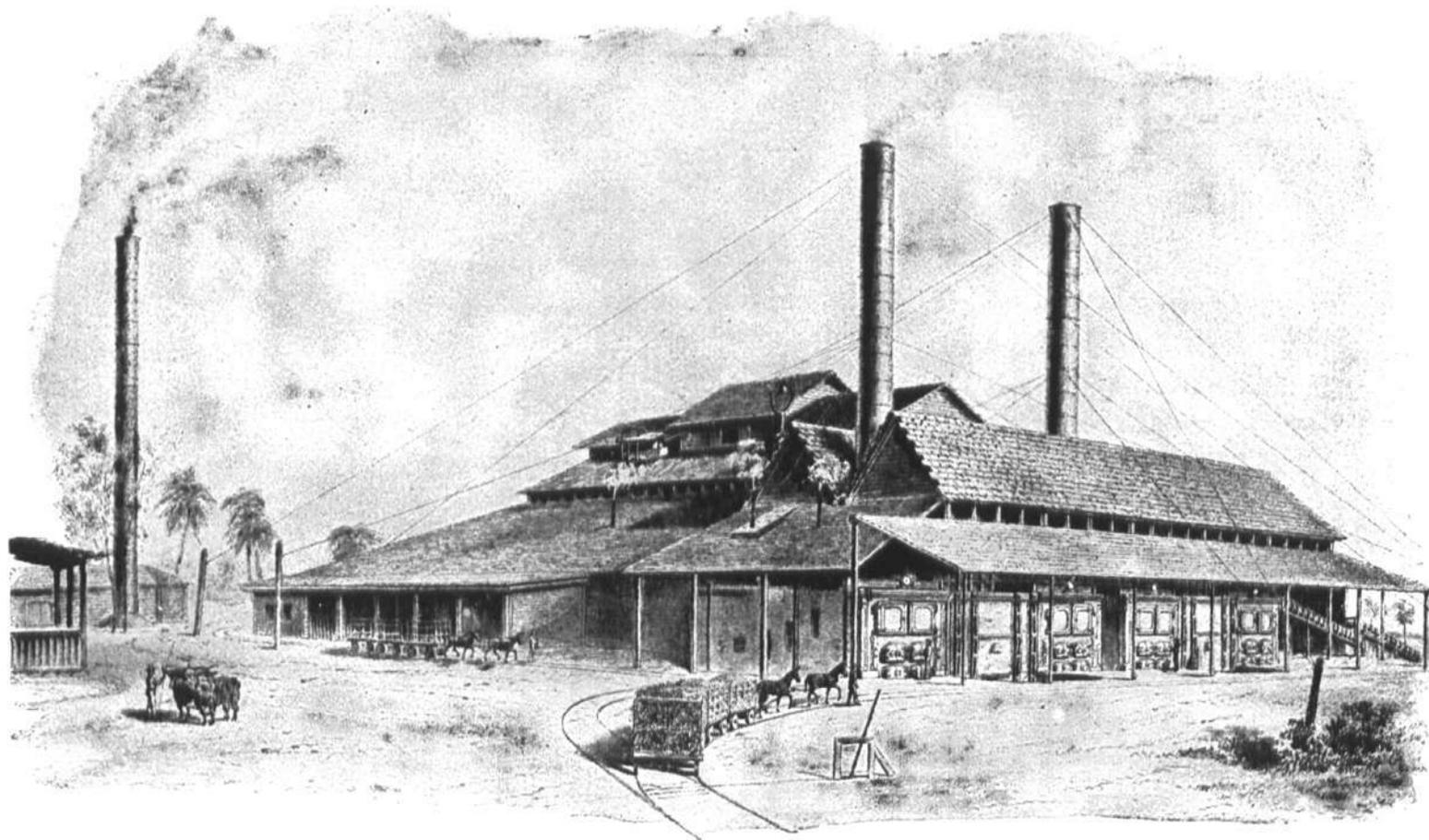
El aparato automático "Cook" resuelve el problema. Permite quemar el bagazo automáticamente tomándolo directamente de los cilindros, ahorrándose así el jornal de un gran número de hombres, carros y caballerías necesarios para el transporte, secado, recolección y carga, que son precisos cuando lo secan antes. La combustión obtenida con este aparato es mucho más regular que la producida por el mejor fogonero, se hace sin humo, con poco desperdicio, y con gran capacidad de evaporación. Hay un elemento de economía adicional que consiste en utilizar el calor, arrastrado por los gases á la chimenea, en recalentar el aire inyectado en el hogar. Esta inyección de aire caliente es en particular muy útil en el caso del empleo de un combustible húmedo; pues como

el poder higrométrico del aire crece con la temperatura, el bagazo se encuentra en parte seco antes de entrar en combustión. El aire á una temperatura de 90° tiene más de doscientas veces la capacidad de absorber humedad, que la que tiene el mismo aire á 15°, y el aire necesario para la combustión del bagazo, si está inyectado en el hogar á la temperatura de 150°, arrastrará el exceso de humedad de el combustible sin el gasto de más calor que el suyo propio. Así pues, si el aire inyectado se calienta, por medio de los gases perdidos, á dicha temperatura, se tiene la certeza de la inversión de toda la fuerza calorífica del combustible en producir vapor, lo mismo que si hubiese sido secado antes de entrar en el hogar. Estas consideraciones explican el porqué ha obtenido en todas partes en que se ha instalado el aparato Cook, como resultado, una gran economía en la cantidad de combustible auxiliar gastado con el bagazo seco, además de producir mayor cantidad de vapor, y mantener más constante su presión. En una plantación de azúcar bien organizada, el bagazo debe bastar, sin necesidad de emplear otro combustible.

El hogar del aparato "Cook" consiste en un horno de ladrillo, debajo del cual hay una cámara más pequeña, en donde, el aire, previamente calentado, se introduce á través de una claraboya. Los gases producto de la combustión van á parar á la parte inferior de las calderas pasando por una abertura practicada en los muros del horno. Antes de llegar á la



Vista lateral del aparato automático Cook para quemar bagazo verde, empleado en la calefacción de las calderas Babcock y Wilcox en el Ingenio Senado.



*Calderas Babcock y Wilcox con aparatos automáticos Cook para quemar bagazo verde, en el Ingenio Central "Senado,"
1070 m. c. de superficie de calefacción instaladas en 1888.*



chimenea los gases atraviesan un haz de tubos recalentadores en los cuales un ventilador, expulsándolo, obliga al aire á ir al hogar, de esta manera se devuelve una gran parte del calor perdido al hogar, y se obtiene en él una temperatura muy elevada.

Es necesario limpiar el hogar cada 24 horas. Los residuos de 250 toneladas de bagazo producen cerca de cuatro carretillas de una masa vidriosa, que prueba la alta temperatura alcanzada. Esta alta temperatura es facilmente absorbida por las calderas Babcock y Wilcox sin que se perjudiquen sus superficies de calefacción, aplicación que no sería recomendable ni segura de hacer en otras calderas que tuviesen superficies de calefacción mas gruesas y una circulación de agua menos perfecta.

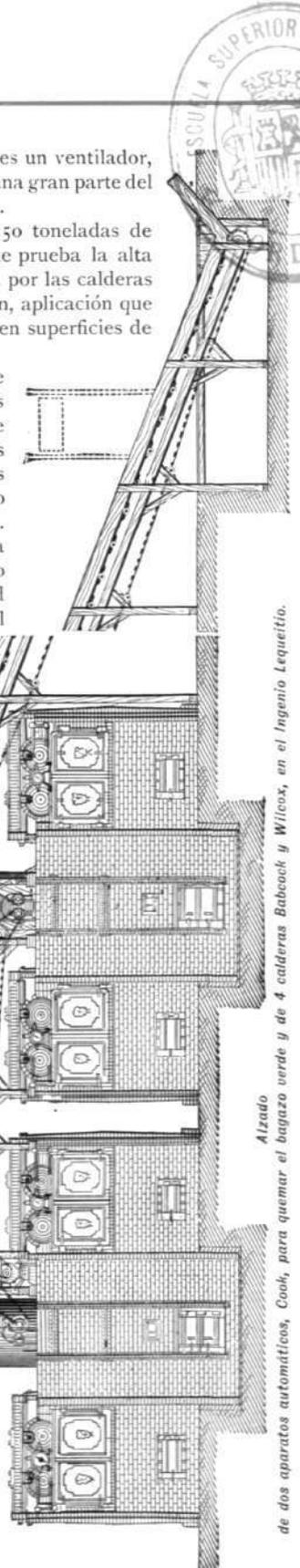
El bagazo se transporta á los hogares automáticamente, por medio de portadores, que son tableros sin fin, los cuales lo reciben de los cilindros y lo distribuyen por igual en los diferentes hogares, donde hay más de uno. Cuando hay bagazo en exceso, se echa el sobrante en carretillas apropiado, donde se deposita, para usarlo cuando no funcionan los cilindros trituradores. El número de operarios necesario para el servicio se reduce al mínimo, puesto que todas las operaciones son automáticas. En el Ingenio "Senado" la instalación de dos de estos aparatos, ha permitido reducir el número de obreros de 250 á 60; además del ahorro en leña y transporte se obtienen la mejor producción de vapor, la facilidad de hacer funcionar los cilindros aunque llueva, y de haber evitado el riesgo de incendio. Como regla general, el coste de la instalación de un aparato "Cook" queda con exceso cubierto desde la primera cosecha.

En Louisiana, cuatro aparatos "Cook," aplicados en unas calderas Babcock y Wilcox, han funcionado hasta ahora durante cuatro cosechas cada uno, sin reparaciones ni paradas, y con éxito completo bajo todos conceptos. Otros diez y seis han funcionado en Cuba, la última temporada, durante toda la cosecha, sin parada ni averia. No se ha empleado

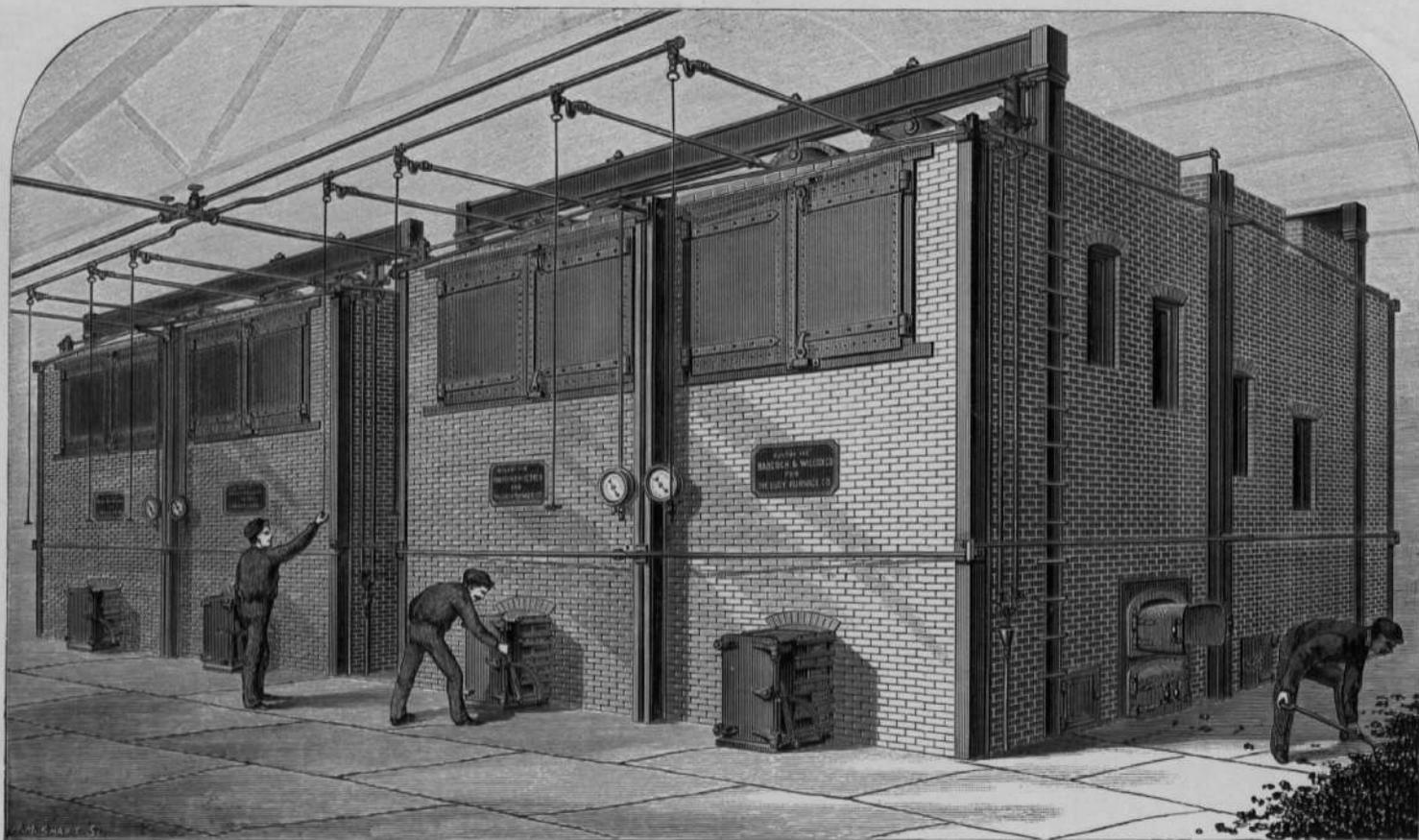
leña ninguna despues de poner en marcha por primera vez, el bagazo de reserva servía para encender el horno del aparato despues de haber parado para limpiarlo, y era suficiente para el sostenimiento de la combustión, mientras que los cilindros no funcionaban. El quemar bagazo verde con economia y rendimiento efectivo, no es, pues, un problema dificil, sino un resultado seguro.

El aparato "Cook" tiene patente en todos los paises donde se cultiva la caña dulce. Dichas patentes, que son todas de propiedad de la Compañía Babcock y Wilcox, protegen todas las disposiciones especiales y perfeccionamientos que distinguen el sistema y el aparato de otros muy imperfectos, con los cuales se ha ensayado anteriormente el quemar

bagazo verde. Entre estas disposiciones nuevas citamos; la de servir varias calderas con un solo aparato; la construcción del hogar sin emparrillado; la inyección de aire caliente en numerosos chorros, aplicada al horno de bagazo, y el método de calentar dicho aire; la manera de distribuir automáticamente el bagazo entre varios aparatos; los transportadores de tableros sin fin; el almacenaje del bagazo sobrante para su utilización durante las paradas provisionales de



Alzado de dos aparatos automáticos, Cook, para quemar el bagazo verde y de 4 calderas Babcock y Wilcox, en el Ingenio Lequitio.



Calderas Babcock y Wilcox que dan en conjunto 890 m. c. de superficie de calefacción, instaladas en los Lucy Furnaces, Pittsburgh, Pennsylvania, en 1883, para la utilización de los gases de los altos hornos.

los cilindros; la disposición del hogar en las calderas, que permite emplear cualquier otro combustible de la manera ordinaria, cuando los cilindros no funcionan; y otros numerosos é importantes detalles. Es, en realidad, el único aparato que puede efectivamente quemar el bagazo directamente á su salida de los cilindros. Durante la temporada de 1891-1892, se contaban en la Isla de Cuba 40 hornos "Cook" transportando y consumiendo diariamente y de una manera automática el bagazo de 15000 toneladas de caña.

FUERZA DE LAS CALDERAS DE VAPOR.

Se ha introducido universalmente el uso que consideramos malo de caracterizar la importancia de una caldera, por el número de caballos al cual se cree corresponde, en vez de hacerlo por el número de calorías que en superficie transmite al agua en una hora. Esto se debe á que las máquinas de vapor no pueden funcionar sin caldera, y la fuerza en caballos de la máquina sirve para designar la de la instalación.

Pero tal palabra constituye un nombre sin sentido en el caso en que la caldera no se emplee para alimentar una máquina, y en todo caso la unidad no tiene la precisión deseable puesto que el consumo de vapor y calorías por caballo varia en mas que del simple al triplo, según las máquinas. Para obtener precisión hay que definir completamente la unidad elegida, cualquiera que sea su nombre y tal unidad no puede representar sino un número determinado de calorías y transmitido por hora á través de la superficie de calefacción.

En América se ha adoptado generalmente como unidad y se ha denominado *caballo*, á la vaporización de 30 libras de agua por hora, bajo la presión de 70 libras por pulgada cuadrada y á partir de la temperatura de 100° F. Esto corresponde al número de calorías necesarias para elevar hasta la saturación la temperatura de 13⁴,608 de agua pura á 37°⁷,8 C. bajo la presión manométrica de 49217 kil² por metro cuadrado, ó absoluta de 59550 kilóg² por metro cuadrado, y para vaporizarla enseguida bajo esta presión constante, ó sean 8393 calorías. En efecto, el calor total λ del kilogramo de vapor á la presión absoluta de 59550 kilóg² por metro cuadrado es 654⁴,543. El calor q del kilogramo de agua á la temperatura de 37°⁷,8 es 37⁸,822. El calor producido por kilogramo de agua calentada y vaporizada, es por consiguiente

$$\lambda - q = 616,761 \text{ cal.}$$

y para los 13⁴,608,

$$13,608 \times 616,761 = 8392,75 \text{ cal.}$$

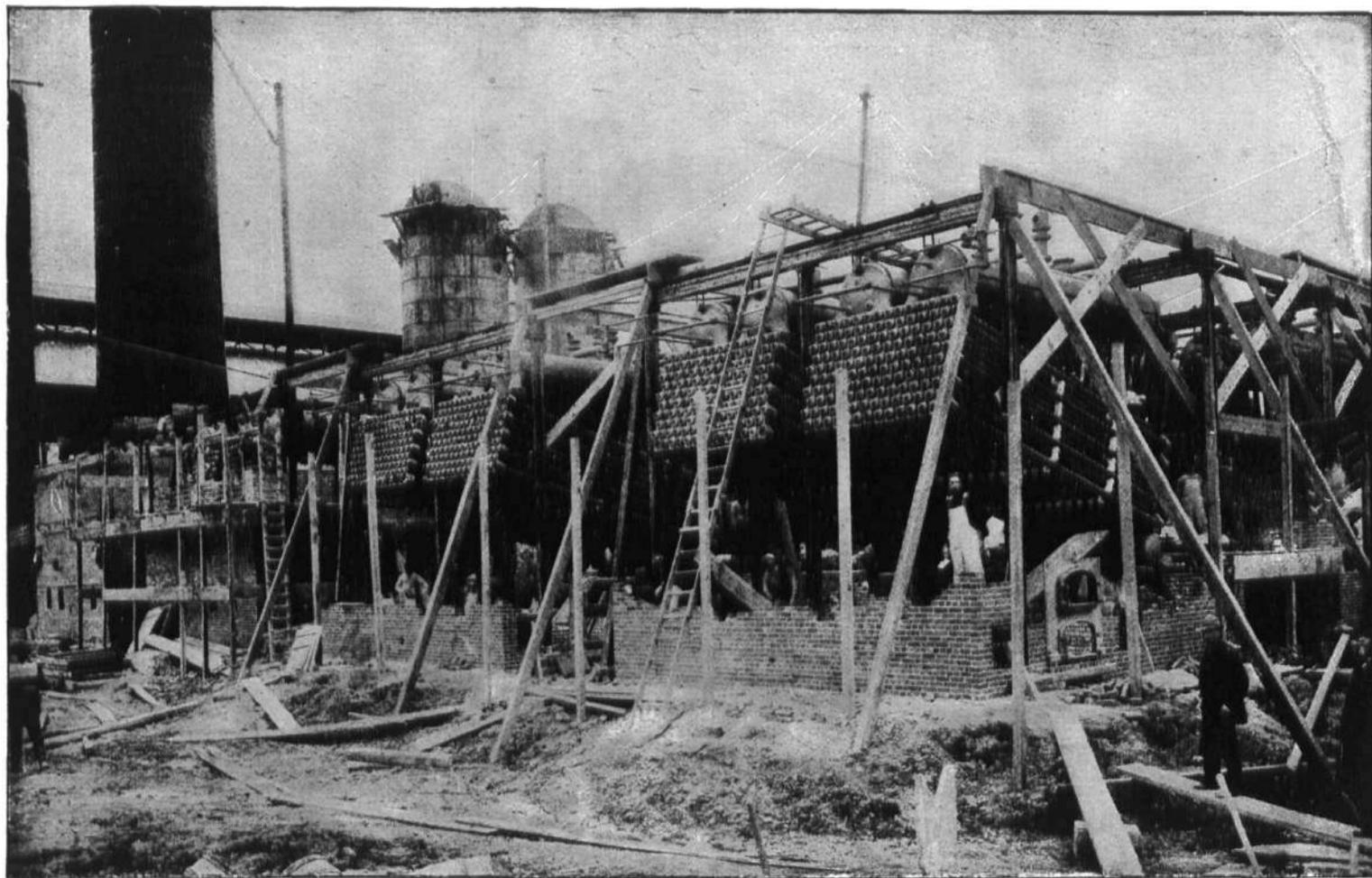
En definitiva lo que los Americanos han

convenido en llamar *un caballo*, para estimar la potencia de las calderas, corresponde á la transmisión de 8393 calorías por hora utilizadas en calentar y evaporar el agua.

Claro está que en esta definición de la unidad, hay algo de arbitrario, pero tal cosa acontece siempre en la elección de todas las unidades, pues sin excepción resultan de una convención, y lo deseable es que sea universalmente aceptada. M. Vinçotte ha propuesto que se llame, un kilogramo de vapor, al calor total de un kilogramo de vapor á seis atmósferas de presión absoluta, es decir, 655,062 calorías y en cifras redondas 655 calorías. El caballo Americano de 30 libras representaria entonces 12⁸,8 de vapor por hora, siendo evidente que es una cifra grande y que en la mayor parte de los casos bastaria con 10 y aún menos. Mas debemos añadir que las cifras adoptadas en América han sido propuestas como resultados de observaciones, experiencias y términos medios calculados por los Ingenieros más eminentes como Thurston, Emery, Trowbridge, etc., y aprobados por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Nosotros conservamos en la traducción nuestra, la definición americana del caballo = 8393 calorías por hora. De la misma manera llamamos *kilogramo de agua vaporizada*, el calor latente á 100° C. ó sean 536,5 calorías, en el cálculo de la producción del vapor en las calderas ó en el consumo del vapor de las máquinas.

Aunque la cantidad de calorías absorbidas por un metro cuadrado de superficie de calefacción depende de la naturaleza y posición de la superficie, conviene para alcanzar un buen rendimiento, conservar entre 7 y 14,000 el número de las calorías transmitidas por hora; no obstante, estos dos límites son muchas veces rebasados por varias razones que podemos llamar locales ó especiales. Así por ejemplo, en los torpederos, donde todo se sacrifica al fin de obtener la mayor ligereza y fuerza, la superficie de calefacción está dispuesta para absorber hasta 35,000 y 40,000 calorías por metro cuadrado y por hora, mientras que en algunos establecimientos fabriles, donde el propietario y sus consejeros parecen ser partidarios del principio que: "lo demasiado no es sino lo justamente suficiente," un metro cuadrado está dispuesto para absorber 2,700 y aún menos, por hora. Ningun extremo reporta buena economía.

El número de metros cuadrados de superficie de calefacción no es regla ó criterio absoluto para juzgar de la fuerza de las diferentes clases de calderas, porque según el tipo de la caldera, un metro cuadrado puede producir mucho más vapor en un caso que en otro. Pero cuando



Calderas Babcock y Wilcox en los talleres de la Pennsylvania Steel Co., Sparrows Point, Maryland, 4210 m. c. de superficie de calefacción su montaje en 1888, esta instalación se duplicó en 1889.

por experiencias se ha determinado, con una caldera dada, el término medio de la vaporización por metro cuadrado, nada más fácil que calcular la fuerza de otras calderas del mismo tipo. La siguiente tabla dá una nota aproximada de los metros cuadrados de superficie de calefacción por caballo-hora en las diferentes clases de calderas; y además otros datos útiles para establecer la comparación entre los sistemas.

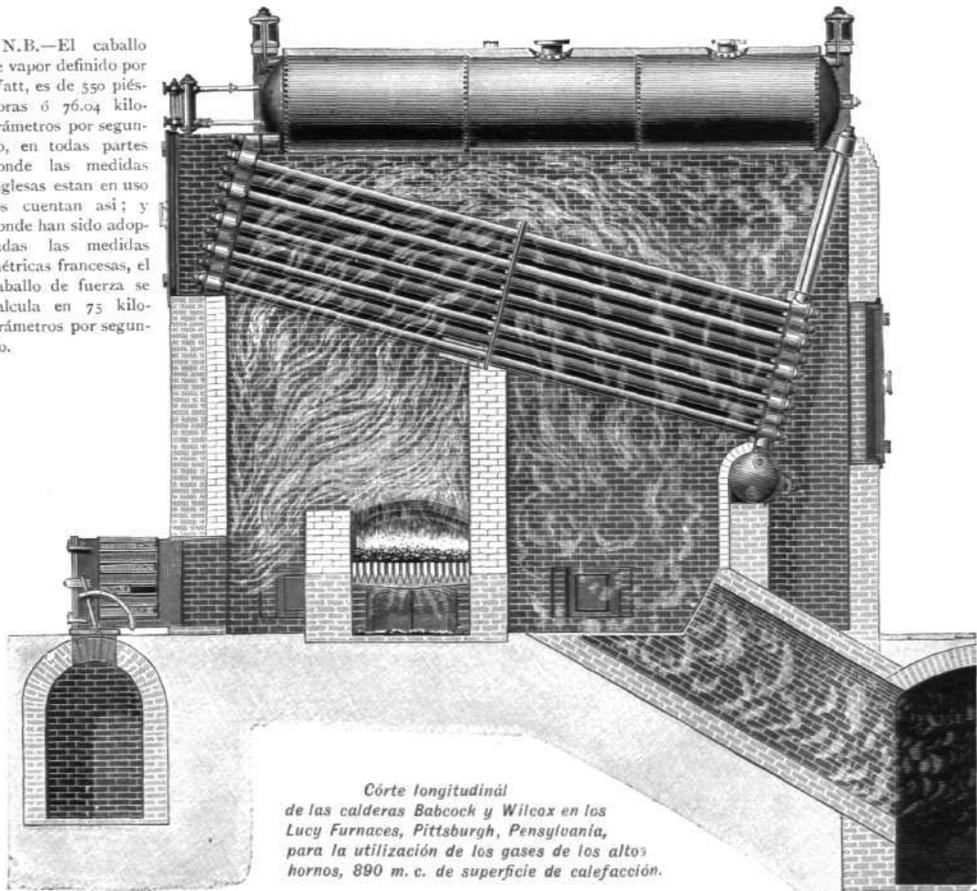
TIPO de CALDERA	Superficie de calefacción en metro cuadrado por caballo.	Carbon consumido por metro cuadrado de superficie de calefacción por hora.	Economía relativa.	Relativa rapidez de la formación del vapor.	Autoridades.
Tubos de agua . . .	0.90 á 1.10	1.50	1.00	1.00	Isherwoot id.
Multitubular . . .	1.30 á 1.70	1.25	0.91	0.50	Prof. Trowbridge id.
De hogar interior . . .	0.75 á 1.10	2.00	0.79	0.25	Diversas id.
Cilíndrica recta . . .	0.60 á 0.90	2.50	0.69	0.20	
Locomotora . . .	1.10 á 1.50	1.40	0.85	0.55	
Tubular vertical . . .	1.40 á 1.90	1.25	0.80	0.60	

CALDERAS EN LOS ESTABLECIMIENTOS METALÚRGICOS.

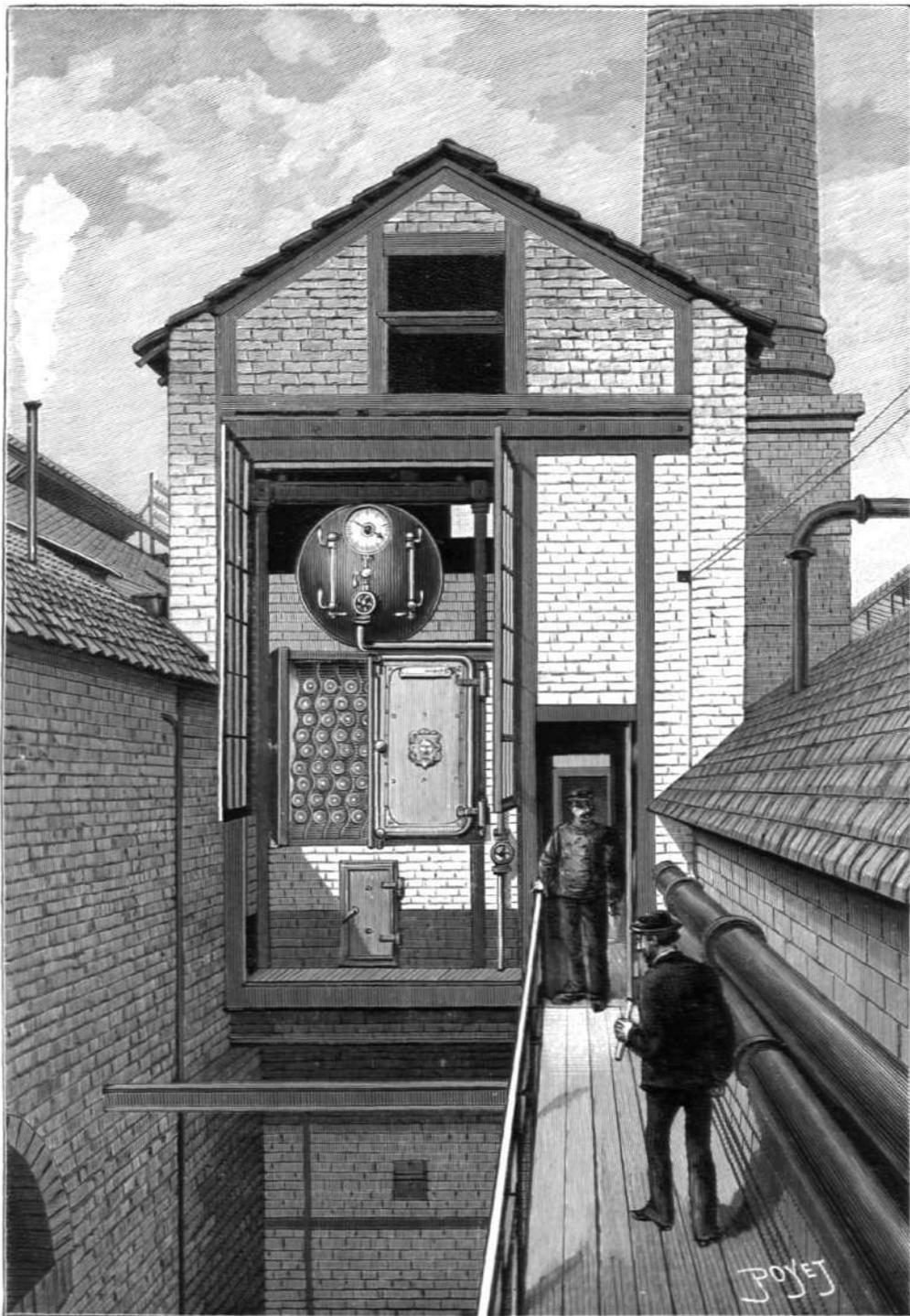
En los talleres metalúrgicos, más que en cualquier otro taller, salvo quizás las plantaciones de azúcar, el trabajo á que estan sometidas las calderas, es duro y difícil. Estan expuestas á un calor no solamente intenso, sino tambien variable. Es muy corriente el que una caldera tenga que trabajar durante una hora al máximo de su fuerza, y á la hora siguiente se quede casi sin utilizar. En muchos talleres, la dirección presta muy poca atención á las calderas y deja el cuidado de las mismas á personas negligentes ó incompetentes. Tambien, muchas veces, la fuerza de las calderas no es suficiente, de modo que se ven obligados á hacerlas trabajar de un modo extremo, condición que es deplorable desde el punto de vista de la economía y de la duración.

Una experiencia de más de doce años, ha demostrado que las calderas Babcock y Wilcox instaladas en talleres de metalurgia, en las condiciones de instalación y funcionamiento más variadas, utilizando el calor perdido de los

N.B.—El caballo de vapor definido por Watt, es de 550 piés-libras ó 76.04 kilogramos por segundo, en todas partes donde las medidas inglesas estan en uso los cuentan así; y donde han sido adoptadas las medidas métricas francesas, el caballo de fuerza se calcula en 75 kilogramos por segundo.



Corte longitudinal de las calderas Babcock y Wilcox en los Lucy Furnaces, Pittsburgh, Pensylvania, para la utilización de los gases de los altos hornos, 890 m. c. de superficie de calefacción.

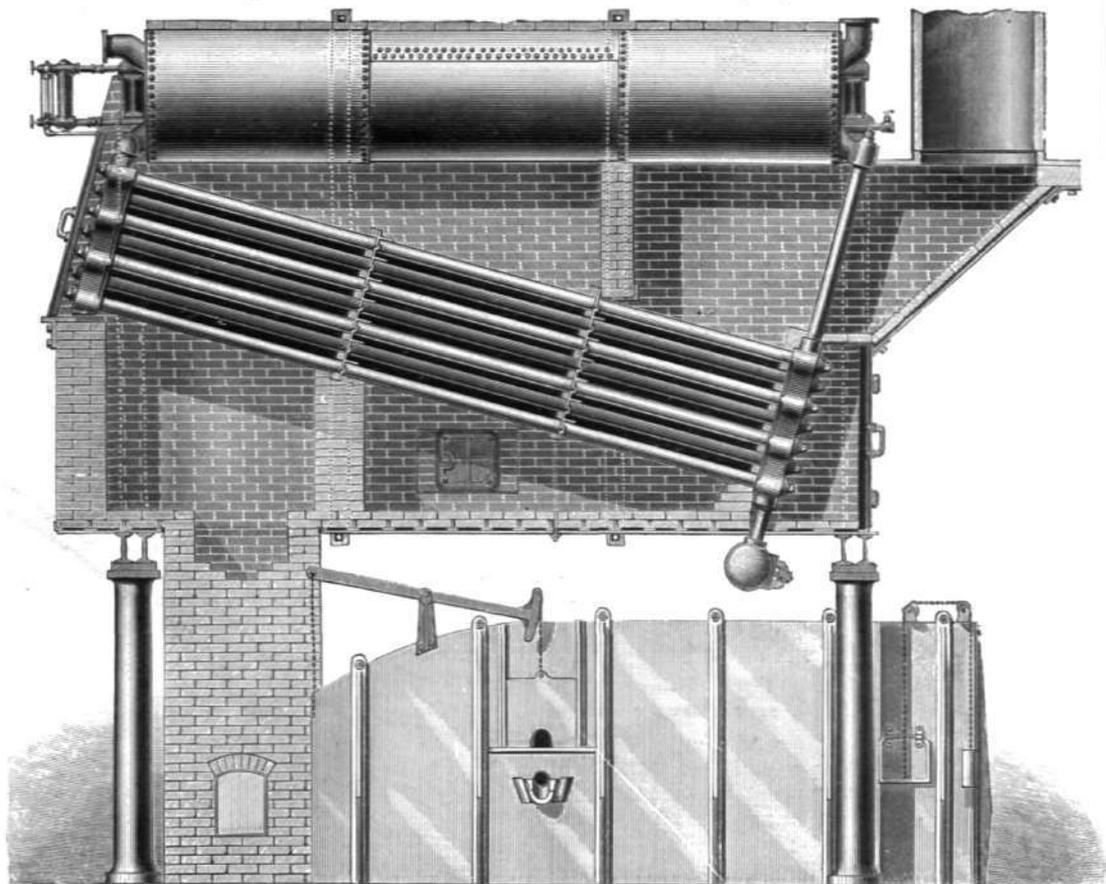


Calderas Babcock y Wilcox, en las Cristalerías del Valle de S^o Lamberto (Bélgica) para utilización de los gases perdidos de los hornos de las fábricas de vidrio.

1^a Caldera de 94 m. c. instalada en 1889. | 2^a Caldera de 94 m. c. instalada en 1890. | 3^a Caldera de 94 m. c. instalada en 1891. Además hay dos calderas calentadas directamente por el fuego, instaladas en la misma fábrica en 1891 y 1893, en junto 546 m. c. de superficie de calefacción.

hornos de pudelar, de caldear, y de los altos hornos, presentan facilidades especiales para adaptarse á tan variados trabajos y han probado su superioridad incontestable. Debido esto á que son económicas y no ofrecen el menor peligro. El intenso calor de los gases procedentes de los hornos de pudelar, que tanto perjudica á las calderas hechas con palastros gruesos y de costuras roblonadas, y que las expone á explosiones muy temibles, es inofensivo para las calderas de tubos de poco espesor, y con circulación de agua muy rápida, además la disposición de la superficie de calefacción en estas últimas, asegura una absorción mas

dobles, ó grandes hornos de caldear, es que se puede aprovechar una superficie de calefacción directa mucho mayor que en las calderas ordinarias empleadas en este caso, de donde resulta una gran economía de combustible y una instalación ménos costosa. En los talleres metalúrgicos de The Carron Iron Works, cerca de Glasgow, Escocia ; en los talleres los Lucy Furnaces, Pittsburgh, Pensilvania ; y en muchas otras fábricas donde las calderas Babcock y Wilcox, se calientan con los gases perdidos procedentes de los altos hornos, han tenido un éxito completo. La combustión del gas es perfecta ; las calderas desarrollan una fuerza muy superior á su fuerza nominal ;



Caldera Babcock y Wilcox encima de un horno de pudelar.

completa del calor perdido. Si, por excepción, un tubo llega á quemarse, no puede resultar una explosión de importancia.

En algunos establecimientos industriales se colocan las calderas sobre los hornos, (tal como se vé en el grabado) mientras que en otros se las coloca á un lado ó en la parte posterior de los mismos. Una ventaja de las calderas Babcock y Wilcox sobre todo cuando hay hornos de pudelar

el polvo arrastrado por los gases no causa ningun perjuicio. El Director de los hornos "Lucy" dice : "Las calderas Babcock y Wilcox producen vapor con gran facilidad, se limpian muy fácilmente y desarrollan una cantidad determinada de trabajo con mucho ménos gas que nuestras calderas cilíndricas ó de dos hogares interiores. No habiendo sido necesario hacer en ellas ninguna clase de reparaciones."

En los talleres de laminar donde el trabajo es muy duro y desigual, y donde las calderas tienen que suministrar de tiempo en tiempo una fuerza considerable, el éxito de estas calderas ha quedado también demostrado. En muchas fundiciones de acero Bessemer, suministran vapor á máquinas de movimiento alternativo, para hacer funcionar potentes trenes de laminadores, y en otras instalaciones, dan fuerza para laminadores de barras, hierros en ángulo, rails, vigas y alambre. Al fin de esta obra, en la lista de referencias, se encontrarán los nombres de muchos establecimientos metalúrgicos importantísimos, en los cuales están funcionando, hace muchos años, grandes instalaciones de calderas Babcock y Wilcox.

CHIMENEAS.

Las chimeneas son empleadas con un doble objeto. 1° Arrastrar lo más lejos posible los gases nocivos, y 2° Producir tiro, es decir, hacer que afluya el aire necesario para la combustión. La primera condición determina su sección, la segunda su altura.

Cada kilogramo de hulla quemado produce de 13 á 30 kilogramos de gases que hay necesidad de evacuar y cuyo volúmen varía con su temperatura.

El peso del gas que en un tiempo dado sale por una chimenea depende de tres cosas, sección de la chimenea, velocidad de la salida y densidad del gas. La temperatura de los gases en la chimenea influye en sentido inverso sobre la velocidad y la densidad de los mismos, haciendo aumentar una al mismo tiempo que disminuir la otra. Resultando que el gasto alcanza su valor máximo cuando la temperatura tiene uno determinado, que es el doble de la del aire ambiente, contada á partir del cero absoluto. No obstante varía muy poco aún cuando la temperatura del gas se separe mucho de su máximo. Así suponiendo, que la temperatura exterior sea de 273° absolutos ó 0° centígrado el máximo del gasto corresponderá á $2 \times 273^\circ = 546^\circ$ absolutos ó 273° centígrados para los gases de la chimenea y si se abandonan estos á 150° solamente, el gasto disminuye en proporción que no llega al 4 p.%. La altura y la sección son pues, los únicos elementos que hay que considerar al establecer una chimenea.

La intensidad del tiro es independiente de la sección, depende solamente de la diferencia que hay entre el peso de las columnas de aire exterior y de gas en el interior de la chimenea, teniendo ambas la altura de esta—diferencia que puede decirse es proporcional á la de las temperaturas—. Se le evalúa generalmente en una

colmena equivalente de agua, que varía en a práctica de 0 y 50 $\frac{m}{m}$ á lo más.

Cuando una chimenea tiene una altura tal que el tiro que produce basta para quemar convenientemente carbon menudo y seco, no hay razón para aumentarla, desde el momento en que también su sección sea la debida. Es cierto que cuando el coste de construcción no importe, puede hacerse tan alta como se quiera, pero cuando el objeto sea obtener económicamente vapor, se pueden conseguir tan buenos resultados á ménos coste con una chimenea menos alta.

La intensidad del tiro varía con la clase y estado del combustible y el espesor de la carga sobre la parrilla. La madera es el combustible que menos tiro necesita y el carbon fino y su cisco los que más. Para quemar cisco de antracita con buenos resultados, es necesario un tiro de 32 $\frac{m}{m}$ de agua, que es el que puede dar una chimenea de 50 metros de altura.

En general la altura de una chimenea de caldera, no debe ser inferior á 30 metros, pues si es mucho menor el tiro es insuficiente para los combustibles pobres.

Se deben preferir las chimeneas redondas á las cuadradas y aunque la sección interior puede ser sin grave inconveniente estrechada por la parte superior es preferible conservarla constante en toda la altura.

La sección real, S metros cuadrados de una chimenea se regula por el gasto; pero depende de la altura ó de la intensidad del tiro.

Se supone que esta sección es reducida por los rozamientos, lo mismo que si hubiera una capa de aire de cinco milímetros, sobre todo el contorno del conducto y se considera como *sección efectiva* S metros cuadrados la que da la fórmula:

$$S = 0,183 \sqrt{S} = s.$$

El área efectiva, es proporcional al peso del combustible que se ha de quemar por hora, é inversamente proporcional á la raíz cuadrada de la altura. En América se admite por convención que un caballo comercial equivale á la combustión de 2⁴,25 de carbon por hora. Resultando que si se representa por N la fuerza en caballos y por h la altura de la chimenea en metros, las tres cantidades están ligadas por una ecuación de la forma:

$$s = C \left(\frac{N}{\sqrt{h}} \right),$$

en la cual C es un coeficiente variable, según los autores, En efecto,

S' Babcock propone	C = 0,0154
D'Arcet	0,0237
Tredgold	0,0225

Redtenbacher	0,0244
Peclet, para las calderas marinas .	0,0136
Id. , para las calderas de hervidores	0,0286
Id. , para las calderas de recalentador	0,0421

Por estas cifras se vé que en América se hacen en general las chimeneas más estrechas que en Europa. Independientemente de esto, damos á continuación un cuadro de las fuerzas de las chimeneas calculadas, según la fórmula precedente con el coeficiente del Señor Babcock. Los resultados que daría el coeficiente de D'Arcet son iguales á los dos tercios de los del cuadro. Las fórmulas que nos han servido en nuestros cálculos son las siguientes: (*)

$$s = S - 0,183 \sqrt{S},$$

$$N = 65 s \sqrt{h}.$$

Llamando T la temperatura absoluta de los gases en la chimenea y T' la del aire exterior, la intensidad del tiro se expresará, en la altura de la columna de agua por la fórmula:

$$e = h \left(\frac{38}{T'} - \frac{39,5}{T} \right)$$

de donde se deduce:

$$h = \frac{e}{\frac{38}{T'} - \frac{39,5}{T}}$$

El gasto de una chimenea, se representa en kilogramos por hora por

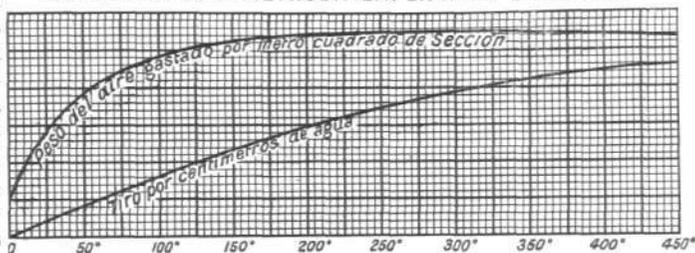
$$Q = 3600. K. s u \Delta,$$

expresión en la cual K es un coeficiente de reducción, u la

velocidad de los gases á la salida de la chimenea y Δ el peso del metro cúbico de este gas.

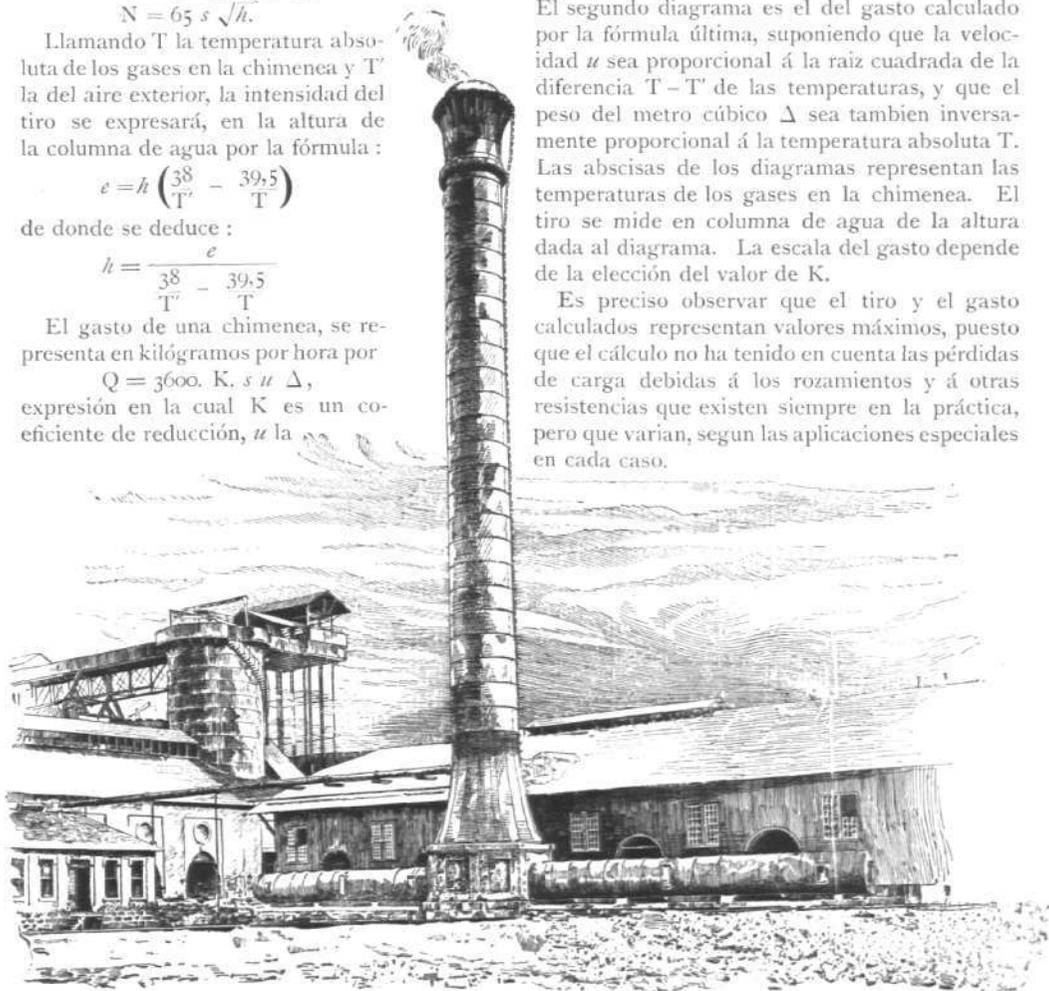
Para facilitar las explicaciones damos dos diagramas, el uno que representa los valores del tiro e calculados con arreglo á la fórmula anterior en la hipótesis de que la temperatura ambiente

CHIMENEA DE 30 METROS. TEMPERATURA EXTERIOR 15°



es de 15,5 C. es decir $273 + 15,5 = 288,5$ abs. El segundo diagrama es el del gasto calculado por la fórmula última, suponiendo que la velocidad u sea proporcional á la raíz cuadrada de la diferencia T - T' de las temperaturas, y que el peso del metro cúbico Δ sea también inversamente proporcional á la temperatura absoluta T. Las abscisas de los diagramas representan las temperaturas de los gases en la chimenea. El tiro se mide en columna de agua de la altura dada al diagrama. La escala del gasto depende de la elección del valor de K.

Es preciso observar que el tiro y el gasto calculados representan valores máximos, puesto que el cálculo no ha tenido en cuenta las pérdidas de carga debidas á los rozamientos y á otras resistencias que existen siempre en la práctica, pero que varían, según las aplicaciones especiales en cada caso.



Chimenea para 1348 m. c. de superficie de calefacción de Calderas Babcock y Wilcox, en los Bird Coleman Furnaces, Cornwall, Pensylvania.

(*) Con el coeficiente de D'Arcet, tendríamos $N = 42 S \sqrt{h}$.

FUERZA EN CABALLOS DE VAPOR, DE CHIMENEAS DE DIMENSIONES DADAS.

Esta tabla de medidas inglesas, es la reproducción de la del Señor Babcock, adicionada con los valores correspondientes para los diámetros comprendidos entre 96 y 120 pulgadas, calculada con sus coeficientes.

Diámetro de las chimeneas (en pulgadas).	ALTURA DE LAS CHIMENEAS (EN PIES).										Área efectiva (en pies cuadrados) (S).	Área real (en pies cuadrados) (S).	Largo de un lado del cuadrado de la misma área efectiva (en pulgadas) cuadrados.		
	50	60	70	80	90	100	110	125	150	175				200	
	Fuerza comercial en caballos.														
18	23	25	27									0.97	1.77	16	
21	35	38	41									1.47	2.41	19	
24	49	54	58	62								2.08	3.14	22	
27	65	72	78	83								2.78	3.98	24	
30	84	92	100	107	113							3.58	4.91	27	
33		115	125	133	141							4.47	5.94	30	
36		141	152	163	173	182						5.47	7.07	32	
39			183	196	208	219						6.57	8.30	35	
42			216	231	245	258	271					7.76	9.62	38	
48				311	330	348	365	389				9.04	12.57	43	
54				363	427	449	472	503	551			13.51	15.90	48	
60				505	539	565	593	632	692	748		16.98	19.64	54	
66					658	694	728	776	849	918	981	20.83	23.76	59	
72						792	835	876	934	1023	1105	25.08	28.27	64	
78							995	1038	1107	1212	1310	1400	29.73	33.18	70
84							1163	1214	1294	1418	1531	1637	34.76	38.48	75
90							1344	1415	1496	1639	1770	1893	40.19	44.18	80
96							1537	1616	1720	1876	2027	2167	46.01	50.27	86
102							1741	1826	1947	2132	2303	2462	52.23	56.75	91
108							1961	2057	2193	2401	2594	2774	58.83	63.62	96
114							2194	2301	2453	2687	2902	3103	65.83	70.88	101
120							2441	2560	2729	2989	3228	3452	73.22	78.54	107

FUERZA EN CABALLOS DE CHIMENEAS DE DIMENSIONES DADAS.

Esta tabla expresada en medidas métricas, ha sido calculada por medio de los coeficientes del Señor Babcock y contiene por consiguiente resultados más elevados que los que se obtendrían empleando los coeficientes que se usan en Europa. Con el coeficiente de D'Arcet la fuerza en caballos sería igual á los dos tercios de la inscrita en la tabla.

Diámetros en metros.	ALTURA DE LAS CHIMENEAS (EN METROS).										Superficie efectiva en metros cuadrados (S).	Superficie real en metros cuadrados (S).	Largo de un lado del cuadrado equivalente en metros.	
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				
	Fuerza comercial en caballos (13 ^k 61 vapor por caballo-hora).													
0.50	29	34									0.1152	0.1963	0.443	
0.60	47	54	60								0.1853	0.2827	0.532	
0.70	68	79	88	97							0.2713	0.3848	0.620	
0.80	94	109	121	133	143						0.3730	0.5027	0.709	
0.90		143	159	175	188	201					0.4902	0.6362	0.798	
0.100		181	203	222	239	256	272				0.6231	0.7854	0.887	
0.120			304	332	359	385	408	431			0.9361	1.1310	1.065	
0.140			427	467	504	539	572	604	634		1.3125	1.5394	1.24	
0.160				623	672	720	763	805	844	881	1.7507	2.0106	1.42	
0.180					802	865	926	982	1036	1085	2.2519	2.5447	1.60	
2.00					1081	1157	1228	1295	1357	1416	2.8159	3.1416	1.78	
2.20						1323	1416	1502	1585	1660	3.4447	3.8013	1.95	
2.40							1700	1803	1902	1993	2079	4.1341	4.5239	2.13
2.60							2000	2131	2249	2356	2450	4.8884	5.3093	2.30
2.80								2487	2624	2749	2869	5.7037	6.1575	2.48
3.00								2870	3028	3172	3311	6.5818	7.0686	2.66

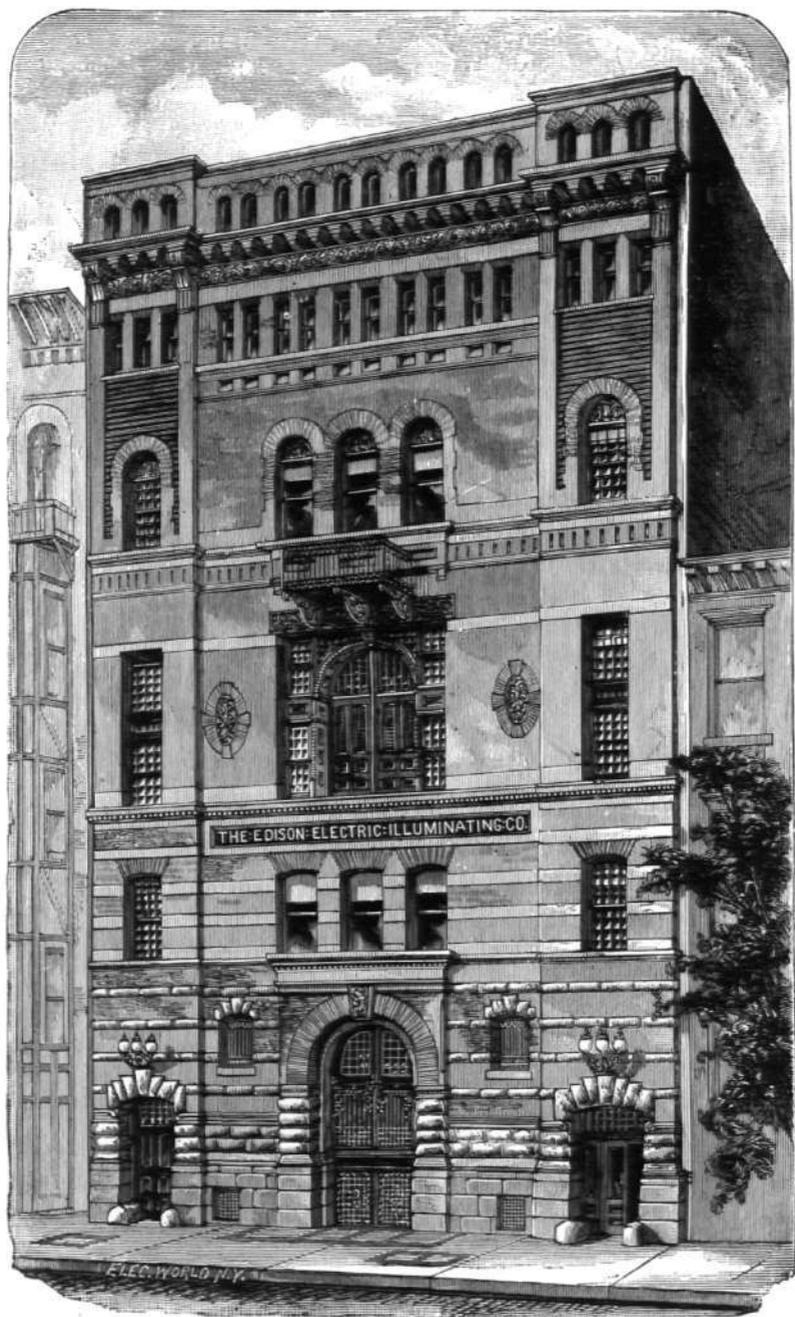
CHIMENEAS DE LADRILLO.

Se dá por regla general á la base de una chimenea de ladrillo, un diámetro igual al décimo de su altura, á ménos que la chimenea no esté sostenida por otra construcción. Se dá al fuste de la chimenea una inclinación variable entre 5 á 20^m/m por metro. Se toma como espesor ó grueso en su vértice la

longitud de un ladrillo, es decir, 0^m,22 á 0^m,24 y se conserva hasta 7^m,50 por debajo, luego se vá aumentando el grueso en un medio ladrillo de 7^m,50 en 7^m,50 hasta la base. Si el diámetro interior excede de 1^m,50, el espesor en el vértice debe ser igual á ladrillo y medio; si es inferior á un metro puede darse solamente como grueso un medio ladrillo, en una altura de tres metros.

CHIMENEAS DE HIERRO.

En muchos casos, muy particularmente en los establecimientos metalúrgicos, se prefieren



*Estacion central Edison de la calle 26ª Oeste de Nueva-York,
destinada á contener 3,210 metros cuadrados de superficie de calefacción de Calderas Babcock y Wilcox, cuando la instalación
esté completa; actualmente contiene 963 m. c. de superficie de calefacción instaladas en 1888.*

PESO Y VOLUMEN DEL AIRE.

Un metro cúbico de aire á 0°C. ó 273° abs., bajo la presión atmosférica media de 10333 kil. por metro cuadrado, pesa 1^k,2932.

En las mismas condiciones, el kilogramo de aire ocupa un volumen de 0^{m3},7733.

Se admite que el aire sigue las leyes de los gases perfectos expresadas por la fórmula

$$\frac{P V}{T} = \text{Const.} = R$$

en la cual P representa la presión en kil. por metro cuadrado ; V, el volumen del kilogramo en metros cúbicos ; y T, la temperatura absoluta igual á la temperatura Celsius *t* aumentada en 272°,85 ó 273°. La constante R se calcula para todos los gases por los valores siguientes ; P₀ = 10333, T₀ = 273°, V = V₀ dado por la experiencia y variable segun la naturaleza del gas. Para el aire tenemos :

$$R = \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{10333 \times 0,7733}{272^{\circ}85} = \frac{10333 \times 0,003665}{1,293187}$$

y la ecuacion característica es entonces :

$$\frac{P V}{T} = 29,2846.$$

Dicha fórmula puede servir para determinar una de las tres cantidades P, V, T, siendo conocidas las otras dos.

PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO.

El hielo se funde á 0°C. Cuando la fusión de una masa de hielo es completa, si le añadimos calor, la temperatura del agua va aumentando próximamente á razon de un grado por cada caloria añadida por kilogramo ; cesa de aumentar en el punto de ebullicion y permanece estacionaria mientras dura la evaporacion si la presión no se aumenta. Esta temperatura, constante durante la evaporación, ha recibido el nombre de *temperatura de saturacion*. Depende de la presión bajo la cual se efectúa la operacion ; así bajo la presión de una atmósfera, es de 100° ; sube cuando la presión aumenta, pero no en progresion tan rápida como la tension ; así, cuando la presión pasa de una á dos atmósferas, la temperatura de saturacion aumenta en 20°,6 ; y entre 10 y 11 atmósferas solamente en 4°,2.

Cuando se ha llegado al punto de saturacion, cada caloria que despues sea añadida á la masa, convierte una cierta cantidad de agua en vapor á la misma temperatura, que queda invariable. El calor así absorbido por la vaporización del agua, que se llama "*calor latente de vaporización*," estimado por kilogramo, vá disminuyendo

á medida que la presión aumenta. La suma del calor latente y del *calor sensible* utilizado en elevar la temperatura á partir de 0°C., ha recibido el nombre de "*calor total*." Y como el calor total referido al kilogramo de vapor es mayor á medida que aumenta la presión, es necesario más calor, y por consiguiente más combustible, para producir un kilogramo de vapor cuanto mas alta sea la presión.

Quitando calor del vapor saturado sin cambiar la presión, no se disminuye su temperatura, se dá lugar á una condensación parcial y á una disminucion del volumen total, pero únicamente lo que se disminuye es el calor latente de la masa. Igualmente el calor añadido á una mezcla de vapor y de agua saturados, no sirve para elevar su temperatura, sino únicamente para evaporar una porción del agua y hacer el trabajo correspondiente al aumento de volumen, aumentando solamente el calor latente.

Las tablas siguientes de vapor saturado, dan, segun Regnault, las temperaturas de saturación para las diversas presiones inscritas en la primera columna. Las otras columnas se han hecho con arreglo á las tablas publicadas por el Doctor Fr. Deruyts, de la Universidad de Lieja. Dan para un kilogramo de agua los valores de :

q, el calor del agua saturada, en calorías.

r, el *calor latente total* del vapor saturado, en calorías.

λ , = *q* + *r*, el calor total, en calorías.

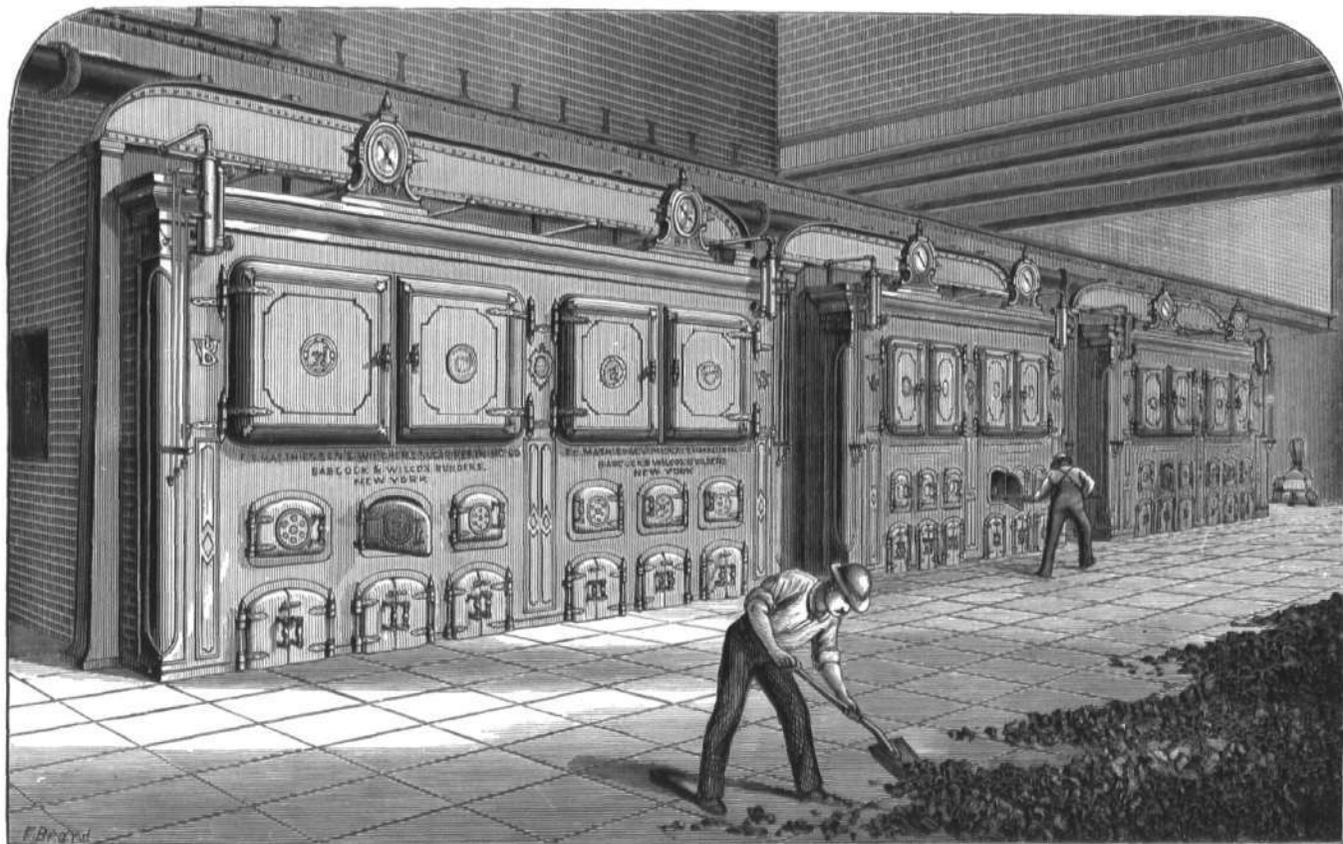
ρ , el calor latente interno, en calorías.

Apu, el calor latente externo, en calorías.

τ , el volumen del kilogramo de vapor, en metros cúbicos.

δ , el peso del metro cúbico, en kilogramos.

Para explicar la última columna, recordemos que la unidad de evaporación en los países en que se habla idioma inglés, ha sido fijada en el número de unidades termales que representa el calor latente de la libra de agua á la presión atmosférica. Lo análogo en medidas francesas, sería 536,5 calorías, es decir, el calor necesario para evaporar un kilógr. de agua, ya elevado á la temperatura de 100°, y bajo la presión de una atmósfera. Para formar la última columna, se busca el número total de calorías que es necesario suministrar á un kilógr. de agua á 100°, para elevar primero su temperatura á la de saturación *t* correspondiente á la presión *p*, ó sea *q* - *q*₀ ó *q* - 100,5, y enseguida para evaporarlo bajo la presión constante *p*, ó sea el calor latente *r*. El conjunto forma pues, *q* - *q*₀ + *r* = *q* + *r* - *q*₀ = λ - *q*₀ = 606,5 + 0,305 *t* - *q*₀ = 506 + 0,305 *t*. Las cifras inscritas en la última columna son las relaciones de aquella



Calderas Babcock y Wilcox en la Refinería de azúcar de la Compañía F. O. Matthiessen & Wiecher, Jersey City, Nueva Jersey, 2º Pedido, comprende 1605 m. c. de superficie de calefacción, instaladas en 1877.

TABLA DE PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO.

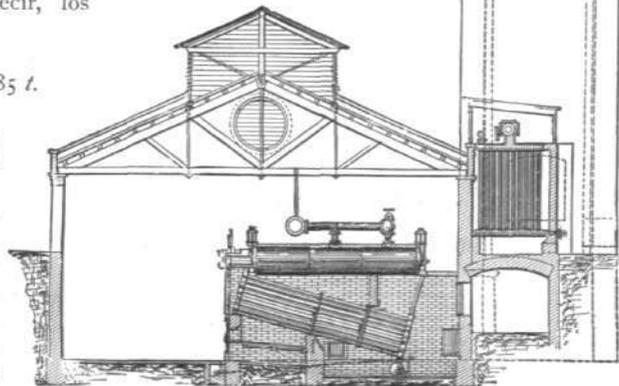
Presión kil. por metro cuadrado.	Temperatura t° .	Calor del agua q cal.	Calor latente de evaporación r cal.	Calor total $\lambda = q + r$ cal.	Peso del metro cúbico kil.	Volumen del kil. metros cúbicos.	Factor de vaporización equivalente λ y de 100°.
500	32.69	32.7	583.7	616.5	0.034	29.1	0.96173
1000	45.57	45.6	574.8	620.4	0.066	15.0	0.96906
2000	59.75	59.9	564.8	624.7	0.128	7.8	0.97712
3000	68.74	68.9	558.5	627.5	0.194	5.15	0.98223
4000	75.46	75.7	553.8	629.5	0.247	4.05	0.98605
5000	80.89	81.2	550.0	631.2	0.305	3.28	0.98974
6000	85.48	85.8	546.8	632.6	0.362	2.76	0.99175
7000	89.46	89.8	544.0	633.8	0.419	2.39	0.99401
8000	93.00	93.4	541.5	634.9	0.475	2.11	0.99602
9000	96.18	96.6	539.2	635.8	0.531	1.88	0.99783
10000	99.08	99.6	537.1	636.7	0.586	1.706	0.99948
10333	100.00	100.5	536.5	637.0	0.601	1.664	1.00000
15000	110.76	111.4	528.9	640.3	0.858	1.165	1.00612
20000	119.56	120.4	522.6	643.0	1.125	0.889	1.01112
25000	126.72	127.7	517.5	645.2	1.388	0.7207	1.01519
30000	132.80	133.9	513.1	647.0	1.647	0.6073	1.01865
35000	138.10	139.3	509.3	648.6	1.903	0.5255	1.02166
40000	142.81	144.1	506.0	650.1	2.157	0.4636	1.02434
45000	147.09	148.5	502.9	651.4	2.409	0.4151	1.02677
50000	150.99	152.5	500.1	652.6	2.660	0.3760	1.02899
55000	154.59	156.2	497.5	653.6	2.908	0.3438	1.03103
60000	157.94	159.6	495.1	654.7	3.156	0.3169	1.03294
65000	161.08	162.8	492.8	655.6	3.402	0.2940	1.03472
70000	164.02	165.9	490.6	656.5	3.647	0.2742	1.03640
75000	166.81	168.8	488.6	657.4	3.890	0.2570	1.03798
80000	169.46	171.5	486.7	658.2	4.133	0.2420	1.03949
85000	171.97	174.1	484.9	659.0	4.375	0.2286	1.04091
90000	174.37	176.6	483.1	659.7	4.616	0.2166	1.04228
95000	176.67	178.9	481.4	660.3	4.856	0.2059	1.04359
100000	178.89	181.2	479.8	661.0	5.095	0.1963	1.04485
110000	183.05	185.6	476.8	662.3	5.571	0.1795	1.04721
120000	186.94	189.6	473.9	663.5	6.045	0.1654	1.04943
130000	190.57	193.4	471.3	664.6	6.516	0.1535	1.05149

cantidad al número fijo 536,5, es decir, los valores dados por la expresión :

$$\frac{506 + 0,305 t}{536,5} \text{ ó } 0,94315 + 0,0005685 t.$$

Por esta razón llamamos á las cifras de la última columna los factores de evaporación equivalente á 100°.

Si se desea tener el valor de una de las cantidades cualesquiera de la tabla para presiones ó temperaturas que no se encuentran indicadas en ella, será prácticamente suficiente la exactitud que se obtenga con calcularlas en proporción de las dos cantidades mas inmediatas que figuren en la tabla.



Cámara de calderas y chimenea para calderas Babcock y Wilcox con economizador, &a.

EL AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Tres temperaturas hay que notar para el agua :
1.—La de fusión, 0°C. ó 273° abs.

2.—La del maximum de densidad, 4°; el peso del litro de agua pura á 4°, bajo la presión de una atmósfera es un kilogramo.

3.—La de ebullición bajo la presión de una atmósfera, sea 100°. (Siendo la presión barométrica media al nivel del mar, 760 milímetros de mercurio á 0° ó 10333 kil. por metro cuadrado).

El metro cúbico de agua del mar, pesa, por término medio 1028 kil.; entra en ebullición bajo la presión de una atmósfera á la temperatura de 100°,667.

De todos los líquidos, el agua es el que tiene el poder disolvente más extenso. Para la sal común (cloruro de sodio) este poder es casi constante á todas temperaturas; para otras, por ejemplo para los sulfatos de magnesia y de sodio, el poder aumenta con la temperatura. Cuando el agua contiene ácido carbónico, disuelve con más facilidad ciertas sales minerales; pero elevada á la temperatura de ebullición, permite desagregarse el gas ácido carbónico, y las sales cuya disolución favorecía dicho gas, se precipitan. Las sales calizas son más solubles en agua fría que en agua caliente, y la mayor parte de ellas se precipitan á 160°, ó menos. El agua pierde por la congelación ó por la vaporización casi todas las sustancias que tiene en disolución.

De todos los cuerpos conocidos, excepción hecha del bromo y del hidrógeno, el agua es el que más calor específico ó capacidad de absorber calórico tiene. La capacidad calorífica del agua pura de 0° á 1° ha sido fijada como unidad de medida del calor específico de todos los demás cuerpos.

TABLA DE SOLUBILIDAD DE LAS MATERIAS MINERALES QUE FORMAN INCRUSTACIONES.

MATERIA.	Solubilidad en agua pura á 0° C.	Solubilidad en agua fría saturada de ácido carbónico.	Solubilidad en agua pura á 100°.	Temperatura á la cual la solubilidad ya no existe.
Carbonato de Cal	62500	150	62500	150°
Sulfato de Cal	500	460	500	150°
Carbonato de Magnesia	3500	150	9600	100°
Fosfato de Cal	1333	100°	100°	100°
Oxido de hierro	100°	100°	100°	100°
Silice	indeterminado.	100°	100°	100°

El calor específico del agua no es constante, crece con la temperatura. De modo que cuanto más alta sea la temperatura, tanto más calórico hay que gastar para elevar de un grado la temperatura del kilogramo de agua. El calor específico

del agua se determina por la fórmula empírica

$$c = 1 + 0,00004 t + 0,000009 t^2.$$

Segun la cual es de 1,013 á 100° y de 1,026 á 150°. Los calores específicos del hielo y del vapor son respectivamente 0,504 y 0,485 ó sea próximamente la mitad que el del agua.

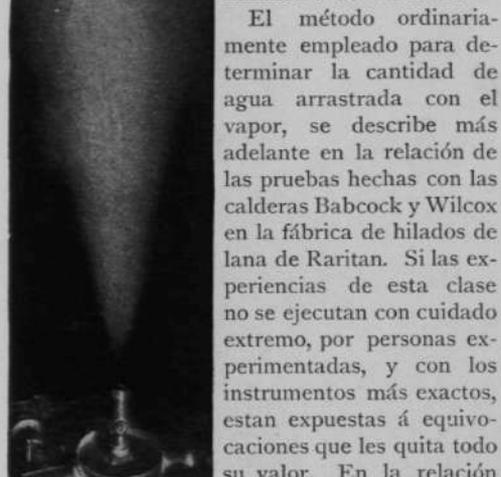
TABLA RELATIVA A LAS PROPIEDADES DEL AGUA

Temperatura.	Calor del agua en calorías por kilogramo.	Peso del metro cúbico de agua en kilogramos.	Temperatura.	Calor del agua en calorías por kilogramo.	Peso del metro cúbico de agua en kilogramos.
0	0,000	999,88	30	30,026	995,78
1	1,000	999,91	31	31,028	995,44
2	2,000	999,94	32	32,030	995,10
3	3,000	999,97	33	33,033	994,76
4	4,000	1000,00	34	34,035	994,42
5	5,001	999,95	35	35,037	994,08
6	6,001	999,91	36	36,040	993,74
7	7,001	999,86	37	37,043	993,40
8	8,001	999,82	38	38,045	993,06
9	9,002	999,78	39	39,048	992,73
10	10,002	999,74	40	40,051	992,39
11	11,003	999,59	41	41,054	991,97
12	12,003	999,44	42	42,058	991,55
13	13,004	999,30	43	43,061	991,13
14	14,005	999,15	44	44,065	990,71
15	15,006	999,00	45	45,068	990,30
16	16,006	998,86	50	50,088	988,21
17	17,007	998,71	60	60,137	983,31
18	18,008	998,56	70	70,201	977,87
19	19,009	998,42	80	80,282	971,80
20	20,010	998,27	90	90,381	965,38
21	21,012	998,02	100	100,500	958,64
22	22,013	997,77	110	110,641	951,30
23	23,014	997,52	120	120,806	943,46
24	24,016	997,27	130	130,997	935,13
25	25,017	997,02	140	141,215	926,36
26	26,019	996,77	150	151,463	917,18
27	27,020	996,52	160	161,741	907,61
28	28,022	996,27	170	172,052	897,71
29	29,024	996,02	180	182,398	887,49

PROYECCIÓN DEL AGUA Y VAPOR HÚMEDO.

Una falta frecuente de las calderas consiste en el arrastre mecánico de un polvillo de agua por el movimiento del vapor. Este agua se lleva calor sin efecto útil, y puede dar lugar, cuando exista en proporción notable, á averías y peligros para los cilindros de las máquinas. Este es punto frecuentemente olvidado por los constructores de calderas en general, y los de calderas con tubos de agua en particular. Si el vapor se desprende de la superficie del agua con una velocidad mayor de 0m,70 á 0m,90 por segundo, arrastra consigo agua pulverizada ó en el estado de espuma; cuando el vapor está cargado de tal agua, no se desprende de ella

fácilmente, ni aún marchando á pequeña velocidad, pues una corriente de 0^m,30 por segundo es capaz de arrastrar glóbulos de agua de un cuadrágésimo de milímetro de diámetro.



Vapor a la presión de 7 kilogramos sobrecalentado en 5°.

El método ordinariamente empleado para determinar la cantidad de agua arrastrada con el vapor, se describe más adelante en la relación de las pruebas hechas con las calderas Babcock y Wilcox en la fábrica de hilados de lana de Raritan. Si las experiencias de esta clase no se ejecutan con cuidado extremo, por personas experimentadas, y con los instrumentos más exactos, están expuestas á equivocaciones que les quita todo su valor. En la relación presentada por la comisión nombrada para las pruebas de calderas, tomo VI, de las Transacciones de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (Transactions of the American Society of Mechanical Engineers) se hallarán instrucciones completas acerca de esta clase de operaciones, con una indicación de las dificultades que se encuentran para asegurar la exactitud de los resultados.

Otro método, basado en la estimación de la cantidad de calor necesario para vaporizar el agua arrastrada, se ha imaginado y empleado con excelentes resultados por el Sr. George H. Barrus, Ingeniero.

El Profesor J. E. Denton ha demostrado que los chorros de vapor que escapan de una caldera ó de un depósito por un pequeño orificio tienen aspectos muy diferentes, en los cuales no cabe haber equivocación cuando el vapor difiere en menos de uno por ciento de la saturación, ya por humedad, ya por recalentamiento. Por

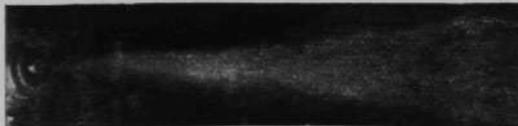


Vapor á la presión de 4 kilogramos con 1,94 % de humedad.

consiguiente un chorro pequeño de vapor sale de una caldera, en circunstancias tales que la pérdida de calor por irradiación, etc., sea muy pequeña, y si cerca del orificio, el chorro es trasparente, y aun si es de un color blanco parduzco, se puede suponer que el vapor es lo suficientemente seco para que ningun calorímetro por condensación, portátil, pueda determinar la cantidad de agua que contiene.

Si el chorro es de un color blanco muy marcado, se puede calcular en cerca del 2% la cantidad de agua arrastrada. En los demas casos un calorímetro solo puede determinar el grado exacto de humedad.

Los grabados de esta página se han obtenido directamente, por la fotografía, de chorros de vapor á diversos estados de sequedad ó humedad. Ellos demuestran muy claramente el influjo de



Vapor seco á la presión de 7 kilogramos.

la presencia del agua arrastrada sobre la coloración de los chorros. Con un poco de experiencia cualquier persona puede, con el auxilio de este método, determinar el estado del vapor entre los límites indicados. Se puede, para

hacer estas pruebas, servirse de una pequeña llave de ensayo que convendría si fuera posible, colocarla sobre el mismo depósito de vapor de la caldera; pero en ningun caso debe colocarse la llave á más de un metro del depósito, y es necesario siempre observar la condición esencial que el depósito ó la tubería intermedia esté bien cubierta de materia aisladora; pues basta un corto trayecto á través de un tubo desnudo para que el vapor se vuelva sensiblemente húmedo. En el comercio, el vapor se llama seco cuando no contiene más que el 3% de humedad.

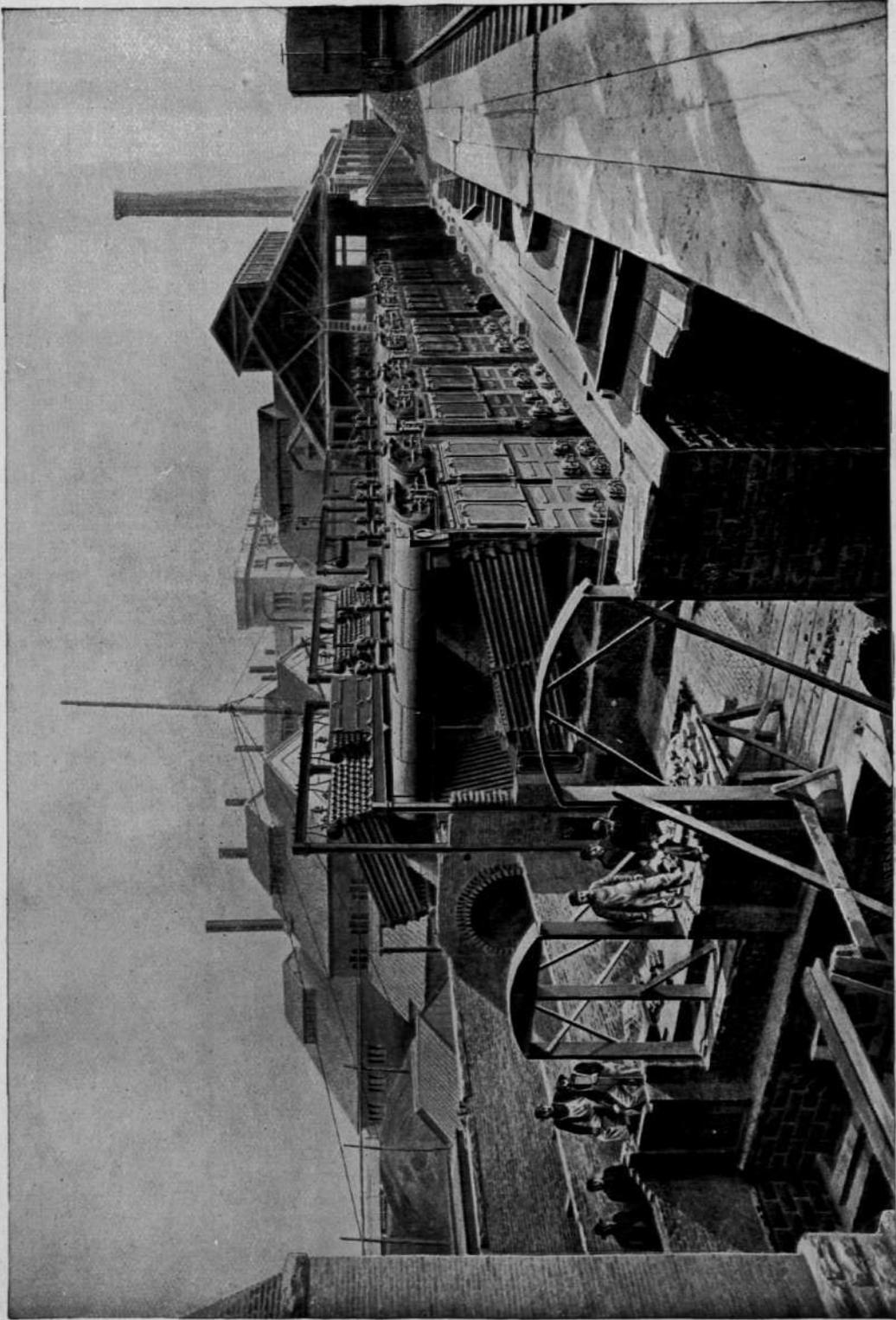


Vapor á la presión de 4 kilogramos con 1,4 % de humedad.



Vapor á la presión de 4 kilogramos con gran arrastre de agua.





Calderas Babcock y Wilcox con economizadores, en los Establecimientos de la Compañía Solway, Syracuse, N.Y., 7652 m. c. de superficie de calefacción instaladas de 1852 á 1890.

Muchas calderas parecen producir gran cantidad de vapor, cuando en realidad su fuerza aparente es únicamente resultado del arrastre de agua. Estas calderas estan léjos de ser económicas. Se han visto constructores que pretendian dar una vaporización de 19 á 20 kilógs. de agua por kilog. de carbon, siendo así que el rendimiento más alto que se puede alcanzar en la práctica no pasa de 13 kilógs. Estas calderas tan maravillosas, son siempre caras, cualquiera que sea su precio de adquisición. La proyección de agua fuera de la caldera, no puede tener más que tres causas ; la impureza del agua, el exceso de agua ó las malas proporciones de la caldera. Cuando una caldera proyecta con agua de buena calidad, mantenida á un nivel conveniente, es que está mal proporcionada.

La cantidad de agua arrastrada varia considerablemente con los tipos y dimensiones de las calderas. No hay todavia datos suficientes para establecer las proporciones de arrastre con los diferentes sistemas en uso. Segun las experiencias hechas en Mulhouse por Sr. Hirn, el término medio de la cantidad de agua arrastrada seria 5% ; Zeuner fijó este término medio entre 7,5 y 15% ; las experiencias minuciosas hechas en el American Institute, en 1871, han dado para las calderas tubulares de cuerpo cilíndrico 7,9%. En las pruebas hechas en la Exposición del Centenario de la Independencia, una caldera ha alcanzado un arrastre de 18,57%.

En diez y seis pruebas para determinar la sequedad del vapor hechas con las calderas Babcock y Wilcox por doce Ingenieros diferentes, el término medio de humedad del vapor no pasaba de 1,116% con un máximo de 4,16%, la que es todavia menos que la proporción encontrada por el mismo Ingeniero, con el mismo aparato, al hacer pruebas de unas grandes calderas de doble hogar interior, y que trabajaban con marcha muy moderada.

Los constructores han creído económico prolongar la superficie de calefacción más allá de la cámara de agua, de manera que el vapor, antes de abandonar la caldera, pase en contacto con las paredes calentadas por los gases, que de otro modo serian perdidos. Esperaban por este medio recalentar el vapor, pero la experiencia produjo una decepción ; no solamente el vapor no se recalentaba sino que, producido por una caldera que estalló, no estaba ni siquiera seco. Esto se debia á que la vaporización se hacia en dos actos ; una gran parte del agua se vaporizaba al contacto de una superficie de calefacción enérgica, otra parte era proyectada sobre la segunda superficie mucho menos enérgica,

puesto que los gases que la dejaban estan ya frios y así su evaporación se efectuaba muy imperfectamente.

Puede decirse que esta vaporización en dos actos es contraria á la economía y que las calderas que estan provistas de ellas son decididamente defectuosas. Para realizar las ventajas que puede procurar el vapor recalentado, cualesquiera que sean, es preciso producir metódicamente este fluido: préviamente producir en una buena caldera vapor *seco* á la presión que se quiera, despues, haciéndolo pasar por un recalentador *separado*, elevar su temperatura hasta el punto que se quiera, teniendo presente que no se puede recalentar el vapor mientras que contenga agua, siendo preciso comenzar por separársela.

ALIMENTACIÓN DE LAS CALDERAS.

El conocimiento del valor relativo de los inyectores, de las bombas de vapor de acción directa y de bombas movidas por la máquina, es cuestión de importancia para todas las personas que usen el vapor. La tabla siguiente se ha formado con arreglo á los datos obtenidos de experimentos hechos por D. S. Jacobus, M.E. Se observará, que mientras la alimentación de las calderas se hace con agua fría, el inyector dá una ligera economía, pero cuando el agua pasa por un calentador, la alimentación por medio de una bomba, es, con mucho, más económica.

La vaporización es en todos los casos, 10 kilogramos de agua á 100°, bajo la presión atmosférica media, por kilogramo de carbon. El término de comparación es la cantidad de combustible necesaria por unidad de tiempo para la alimentación por medio de una bomba de vapor de acción directa sin intermedio de calentador, encontrándose el agua de alimentación á 15°,55 (60° F).

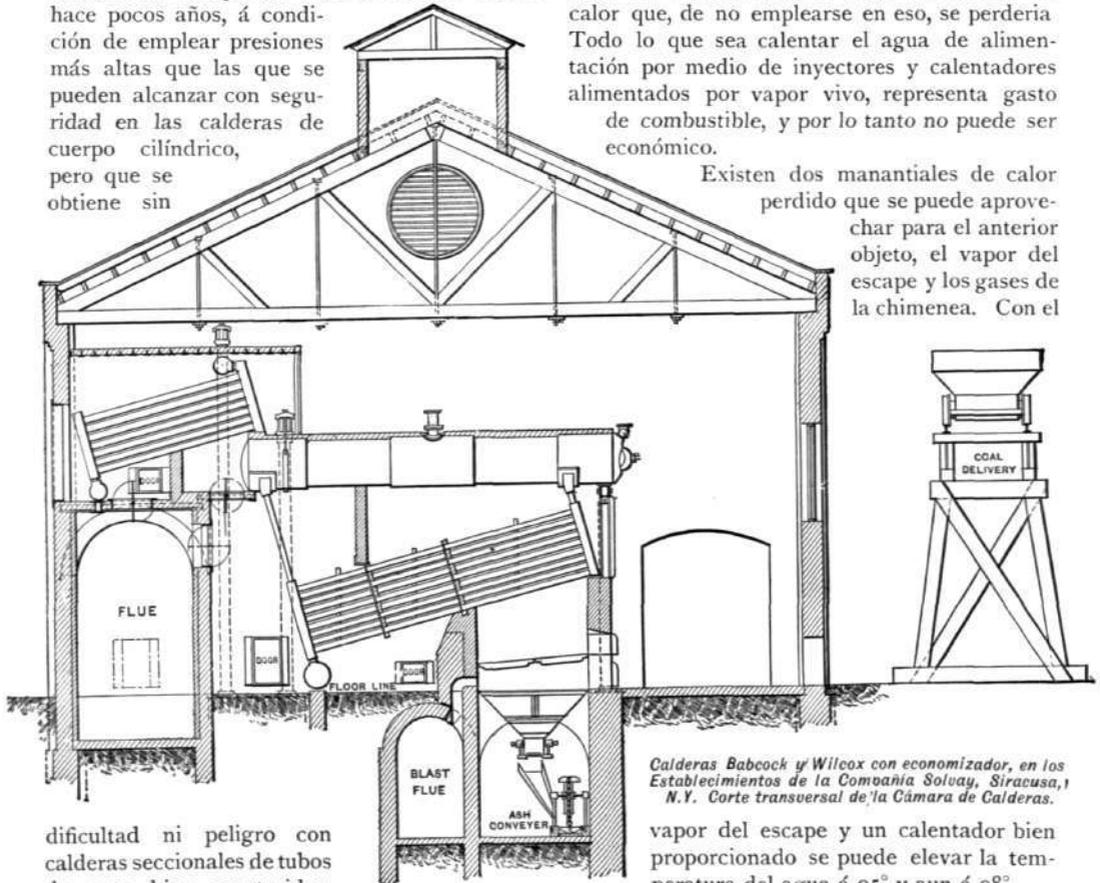
Modo de alimentación.	Cantidad relativa de carbon necesitada, por unidad de tiempo ; para la alimentación.	Economía de combustible realizada.
Bomba de vapor con acción directa, alimentando con agua á 15°,55 sin calentador . . .	1.000	0.0 por ciento
Inyector alimentando con agua á 65°,55 sin calentador . . .	0.985	1.5 id.
Inyector alimentando á través de un calentador, donde el agua se calienta de 15°,55 á 93°,33	0.938	6.2 id.
Bomba de acción directa alimentando á través de un calentador donde el agua está calentada de 15°,55 á 93°,33 . . .	0.879	12.1 id.
Bomba engranada con y movida por la máquina, alimentando á través de un calentador donde el agua se calienta de 15°,55 á 93°,33	0.868	13.2 id.

ECONOMÍA DEBIDA AL EMPLEO DEL VAPOR Á ALTA PRESIÓN.

El empleo del vapor á altas presiones es la tendencia del día, y con razón, pues cuanto más alta sea la presión, tantos más motivos hay para hacer economía en la producción de fuerza. Con las máquinas de doble y triple expansión, se logra un consumo de 25 % inferior al que se obtenia con las más perfeccionadas máquinas monocilíndricas desde hace pocos años, á condición de emplear presiones más altas que las que se pueden alcanzar con seguridad en las calderas de cuerpo cilíndrico, pero que se obtiene sin

15° la temperatura del agua de alimentación, antes que la vaporización comience, es necesario primero dar más de 137 calorías por kilóg. de agua, ó sea 21,5 % del calor total que hay que dar ó del combustible que se debe emplear. Toda cantidad de calor dada primeramente al agua de alimentación, constituye una economía de combustible y un aumento de la fuerza de la caldera. Mas para que la economía sea verdadera, es necesario que el calentamiento del agua de alimentación se haga por medio del calor que, de no emplearse en eso, se perderia. Todo lo que sea calentar el agua de alimentación por medio de inyectores y calentadores alimentados por vapor vivo, representa gasto de combustible, y por lo tanto no puede ser económico.

Existen dos manantiales de calor perdido que se puede aprovechar para el anterior objeto, el vapor del escape y los gases de la chimenea. Con el



Calderas Babcock y Wilcox con economizador, en los Establecimientos de la Compañía Solvay, Siracusa, N. Y. Corte transversal de la Cámara de Calderas.

dificultad ni peligro con calderas seccionales de tubos de agua bien construidas. Para casos especiales las calderas Babcock y Wilcox pueden ser construidas de manera que soporten su marcha regular á presiones de 35 k. por centimetro cuadrado.

ALIMENTACIÓN CON AGUA CALIENTE.

Antes que la vaporización pueda empezar, es necesario que el agua introducida en la caldera, se ponga á la temperatura de saturación, y esta operación se hace generalmente á costa del combustible que debe emplearse en hacer vapor. La temperatura de vaporización bajo una presión de 5 kil., es próximamente de 151°; supongamos

vapor del escape y un calentador bien proporcionado se puede elevar la temperatura del agua á 95° y aun á 98°.

Los gases que pasan á la chimenea arrastran, por término medio (según Ingenieros competentes) 50 % del calor producido, y aún en la caldera más económica no puede ser menos del 12 %. Alguna parte de este calor es siempre aprovechable para calentar el agua de alimentación, por medio de los "economizadores," y frecuentemente puede elevarse casi á la temperatura de saturación, reportando una economía que muchas veces llega á 20 %. Cuanto menos económica sea una caldera, más ventajoso es el economizador. Para las grandes instalaciones, este aparato es siempre muy útil. En muchos

casos, el agua, ya calentada por el vapor de escape, puede ser elevada á una temperatura mas alta todavia, pasándola á través de un economizador.

INCRUSTACIONES Y SEDIMENTOS.

Casi todas las aguas contienen sustancias extrañas en mayor ó menor cantidad y aunque esta cantidad sea insignificante, cuando se trata de un litro de agua, tiene importancia cuando se evaporan grandes cantidades. Por ejemplo: una caldera de vapor de 100 caballos, (*) evapora cerca de 13610 kilogramos de agua en 10 horas, ó sea 381 toneladas por mes de 28 días. Aguas que relativamente son muy puras como las del Allier en Moulins, abandonarían con tal vaporización 15 kilógs. de materias incrustantes; el agua del Sena en el puente de Ivry, en Paris, 72 kilógs. y en Chaillet 97 kilógs., habiendo aguas que depositarian hasta 1000 kilogramos.

La naturaleza y dureza de la incrustación formada, depende de la clase de sustancias que tiene en disolución ó en suspensión el agua. Muchos análisis de diversas incrustaciones indican, que el carbonato y el sulfato de cal, forman la mayor parte de las mismas ordinariamente. Los depósitos de carbonato se presentan bajo una forma granulosa y blanda; los de sulfato son duros y cristalinos. Las materias orgánicas, en presencia del carbonato de cal, forman también una incrustación dura y difícil de quitar.

La presencia de incrustaciones y sedimentos en las calderas es causa de una pérdida de combustible, de quemaduras y fisuras; predispone la caldera á explosiones y dá lugar á reparaciones frecuentes y costosas. Se calcula que la presencia de una incrustación de milímetro y medio, ocasiona una pérdida de 13% de combustible; un depósito de 5^m/_m, 32%; y uno de 10^m/_m, 50%. La Asociación de *Maquinistas Jefes de Ferrocarriles de los Estados Unidos* (Railway Master Mechanics' Association), ha calculado que la pérdida de combustible, coste de reparación, etc., etc., debida á las incrustaciones, asciende, por término medio, á 3,937 francos por locomotora y por año en los Estados del centro y del oeste, y que debe ser próximamente lo mismo, á igual fuerza, para las calderas fijas.

Ademas de las materias minerales que se encuentran más frecuentemente y en mayores cantidades en las incrustaciones de calderas, que son el carbonato de cal, el sulfato de cal y

el carbonato de magnesia, hay con frecuencia también, pero en pequeñas cantidades, aluminio, silicio y óxido de hierro, este último hace de ordinario el papel de materia colorante.

MEDIOS DE EVITAR LAS INCRUSTACIONES.

Es de todo punto esencial, para que una caldera haga buen servicio, á no ser que se use agua completamente pura, que sea accesible fácilmente en todas sus partes para la extracción de las incrustaciones, pues aunque una rápida circulación del agua tiene la ventaja de retardar el depósito de materias incrustantes y que ciertos ingredientes químicos cambian la naturaleza de ellas, el único remedio cierto es la inspección periódica y la extracción mecánica. Sin embargo, la necesidad de esta limpieza, puede hacerse menos frecuente, y el uso de malas clases de agua menos perjudicial, por medio de ciertos preservativos. Pasaremos revista á los principales ingredientes empleados y diremos algunas palabras del resultado que se puede alcanzar.

De las observaciones de Mr. Bidard, resulta que los anti-incrustadores que contienen sustancias orgánicas, ayudan más bien que impiden la formación de incrustaciones y por lo tanto deben desecharse.

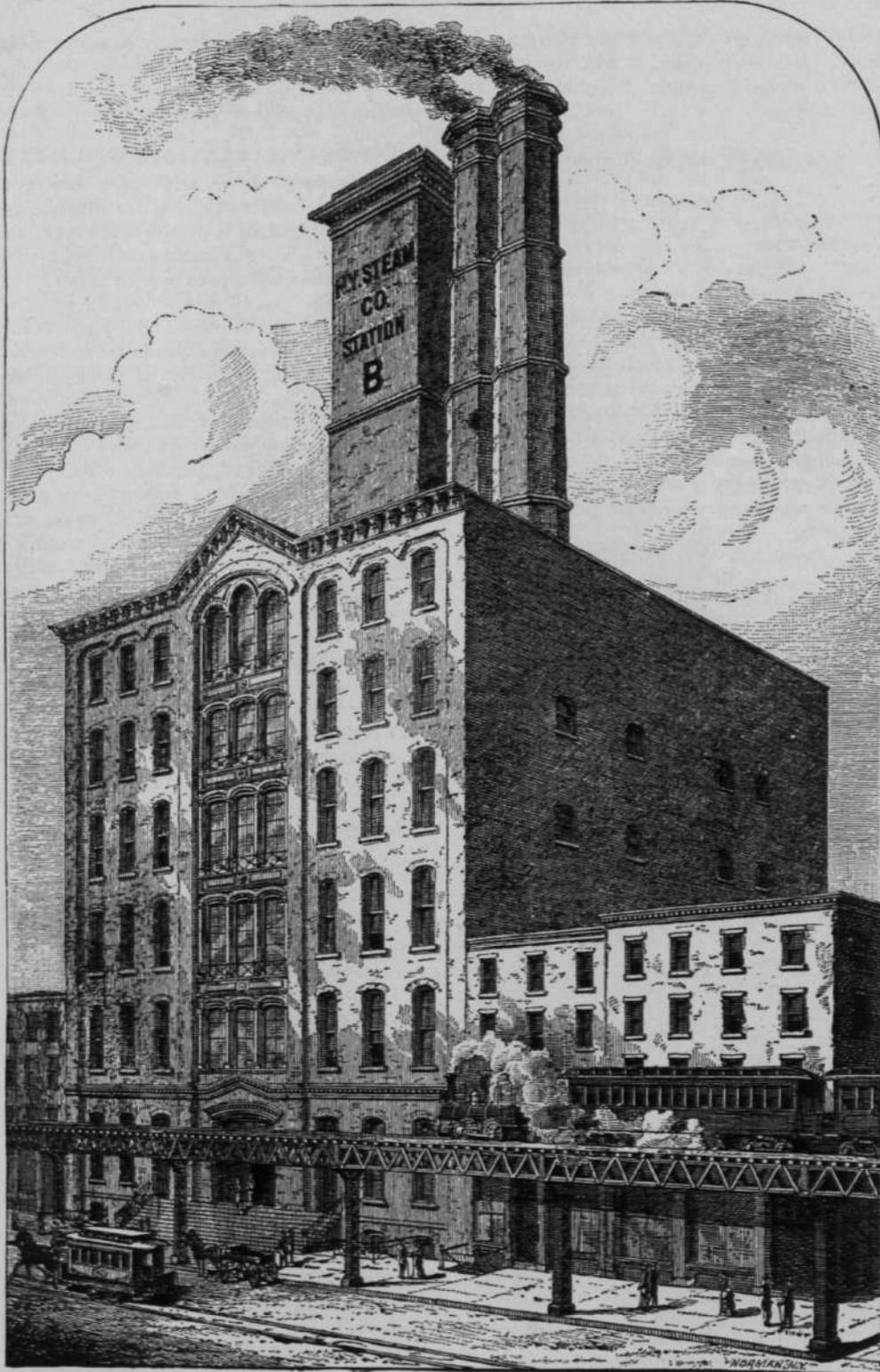
Las cortezas de roble, cicuta del Canadá y otros, la zumaque, catechú, palo de campeche, etc., son muy eficaces para aguas que contienen carbonatos de cal ó magnesia, á causa del ácido de tanino que contienen, pero son perjudiciales para el hierro y no debe recomendarse su uso.

La melaza, el jugo de cañas dulces, vinagre, frutos, los residuos de destilación, etc., se han usado con buen resultado para prevenir las incrustaciones por razon del ácido acético que contienen, pero este es aún más perjudicial al hierro que el ácido de tanino, y además, si el agua contiene sulfato de cal, la materia orgánica se combina con él y produce incrustación. La lechada de cal y el zinc en el estado metálico han sido empleados con buen resultado para aguas cargadas de bicarbonato de cal, porque transforman el bicarbonato en carbonato insoluble.

El cloruro de bario y la lechada de cal han sido usados, según dicen, con buen resultado, en los talleres Krupp, en Prusia, con aguas impregnadas de yeso.

La ceniza de sosa y otros alcalis son de excelente empleo para aguas que contienen sulfato de cal, lo convierten en carbonato y forman una incrustación blanda que se desprende fácilmente. Pero empleados con exceso producen fermentación y espuma, sobre todo si hay algo de aceite que provenga de la máquina,

(*) El caballo representa la evaporación de 13⁸,61 por hora (30 libras).



New York Steam Company Estacion B. Suministro de vapor á Domicilio. Estacion completa que comprende 64 calderas Babcock y Wilcox que dan en conjunto 17,120 m. c. de superficie de calefacci3n instalados en los distintos pisos del edificio.

el cual mezclándose con el alcali, produce jabón. Por esta misma razón, todas las materias jabonosas, deben desecharse.

El petróleo se ha recomendado mucho durante los últimos años. Sobre todo produce el mejor resultado con agua en la cual predomina el sulfato de cal. Hay que advertir que el petróleo en bruto ayuda muchas veces á producir una incrustación perjudicial y conviene usarlo siempre refinado.

El tanato de sosa es sin duda una de las mejores preparaciones para uso general, pero en aguas que contienen mucho sulfato, debe añadirse un poco de carbonato de sosa ó de ceniza de sosa.

Le decocción de hojas de eucaliptus, ha dado

muchas veces muy buenos resultados con ciertas aguas, en California.

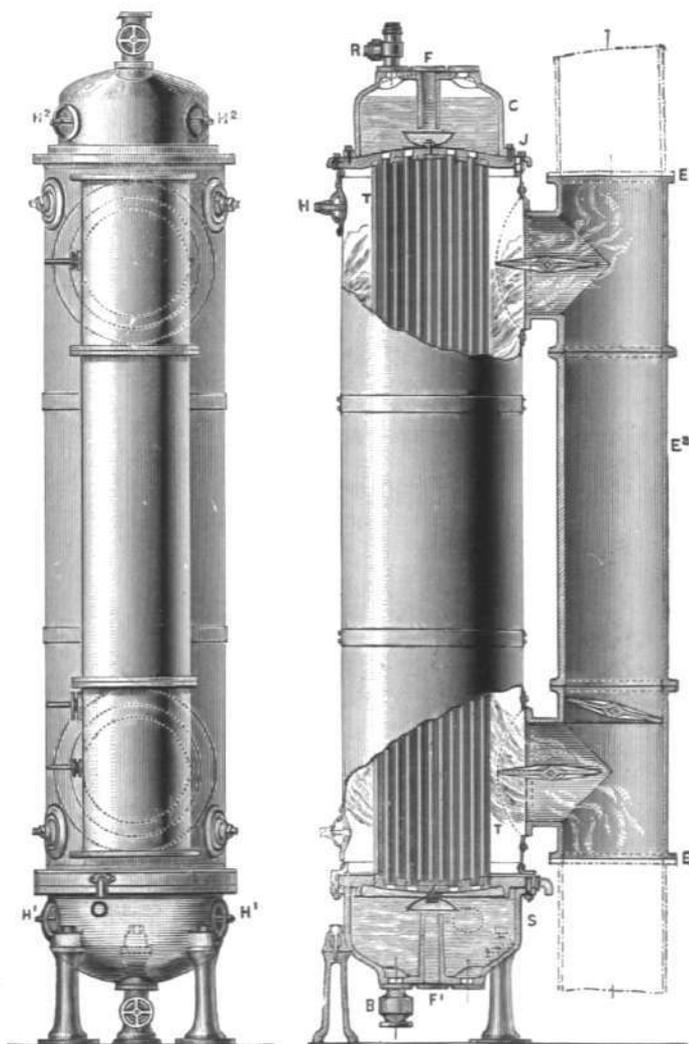
Para aguas fangosas, sobre todo si contienen sales de cal, no hay otro remedio contra la incrustación, que la filtración; en la mayoría de los casos el uso de un filtro, bien solo, bien acompañado del empleo de algun agente para precipitar las materias sólidas en disolución, se encontrará muy provechoso.

Siempre que se emplee agua impura ó sucia, es muy necesario purgar frecuentemente el depósito de fango á fin de expulsar la materia acumulada, la cual, si se dejara, formaría incrustación.

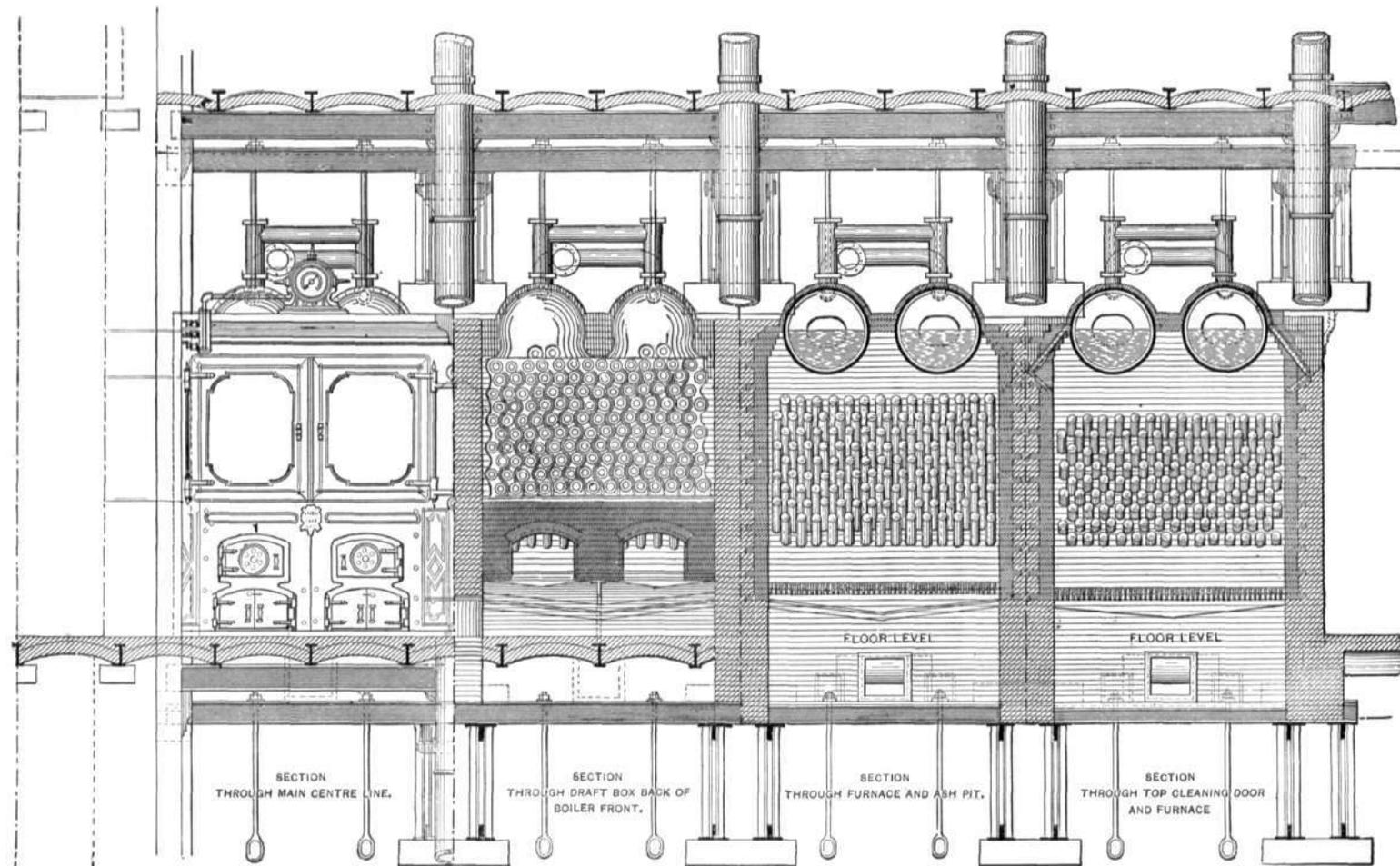
Cuando en las calderas se ha formado una incrustación dura y difícil de arrancar, si se echa sosa cáustica al agua de alimentación, á razón de 100 á 120 gramos por caballo de fuerza, y se hace vapor durante algunas horas, según el espesor de la incrustación, la limpieza será mucho más fácil, porque el depósito será reblandecido y suelto. Esto debe hacerse inmediatamente antes de la limpieza, y en tanto que sea posible sin utilizar el vapor.

CALEFACCIÓN DESDE ESTACIONES CENTRALES.

Es un hecho demostrado por la práctica, que varios edificios pueden ser calentados con una sola instalación central, en vez de ser necesario colocar calefacción independiente en cada uno de ellos. Este es problema muy sencillo cuando los distintos edificios forman grupo, como el Colegio de Colombia, en Nueva York; la Universidad Vanderbilt, en Nashville (Tennessee); la Universidad Cornell, en Ithaca, N. Y.; en el Asilo de Locos, en Indiana, y en otros muchos establecimientos semejantes, en los cuales, una sola instalación de calderas Babcock y Wilcox, suministra calor y fuerza á varios edificios separados. Se ha probado en varios



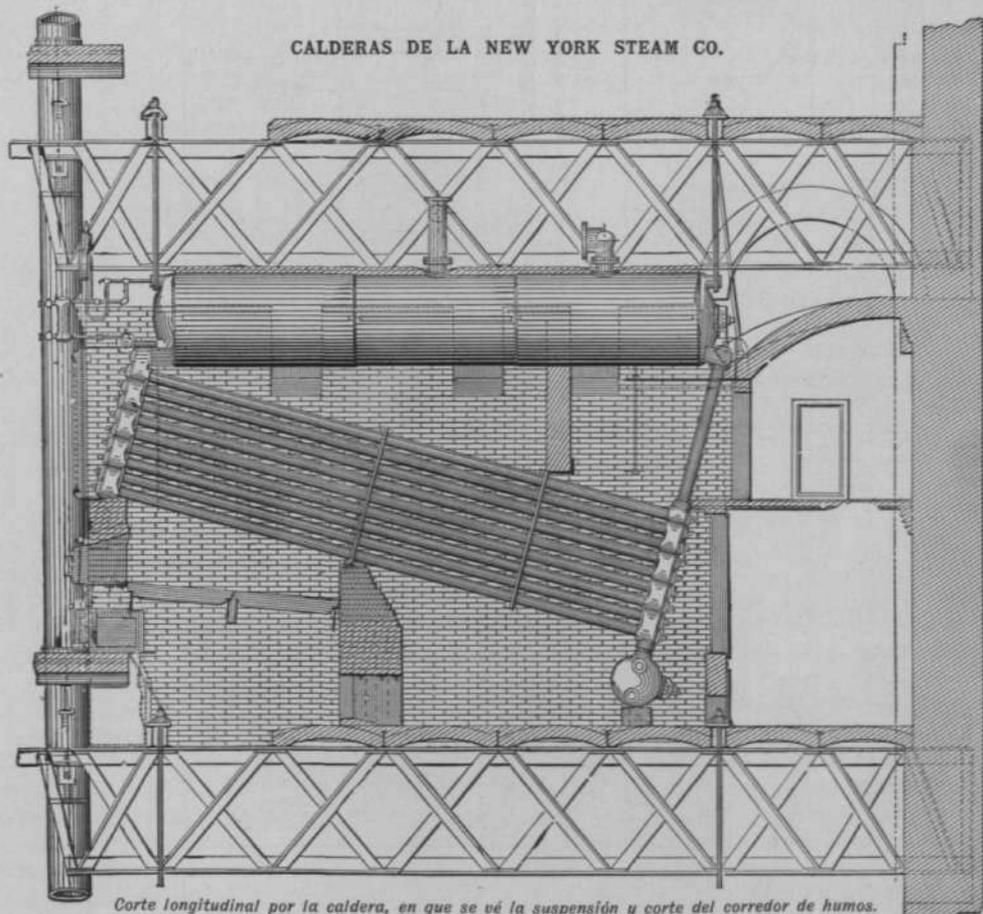
Recalentador del agua de alimentación por medio del vapor que escapa de las máquinas sistema Babcock y Wilcox.



Vista en alzado y corte transversal de uno de los pisos, representa una batería de 4 calderas Babcock y Wilcox de 268 m. c. de superficie de calefacción cada una, la instalación total comprende 64 calderas semejantes.

puntos transportar el vapor, como se hace con el agua y el gas. Aunque gran número de estos ensayos han sido fiascos, la experiencia de la New York Steam Company, que es la más importante de todas estas instalaciones, ha demostrado claramente, que es posible transportar el vapor á muchos kilómetros de distancia, sin grandes pérdidas, pudiendo así surtir de vapor, de un modo regular, las casas particulares y fábricas, de una manera beneficiosa, tanto para el consumidor como para el productor. Esta Compañía tiene hoy fun-

utilización del carbon quemado, y al mismo tiempo que puedan funcionar sin mas paradas que cortísimas interrupciones periódicas, para reparaciones; y sobre todo deben estar construidas de un modo que evite, por completo, las explosiones desastrosas. La facilidad de poder suministrar vapor seco, es tambien punto muy importante, cuando se le ha de transportar por tantos kilómetros de tuberia antes de emplearlo. El sistema que ha obtenido preferencia en estas circunstancias, es la caldera de tubos de agua Babcock y Wilcox.

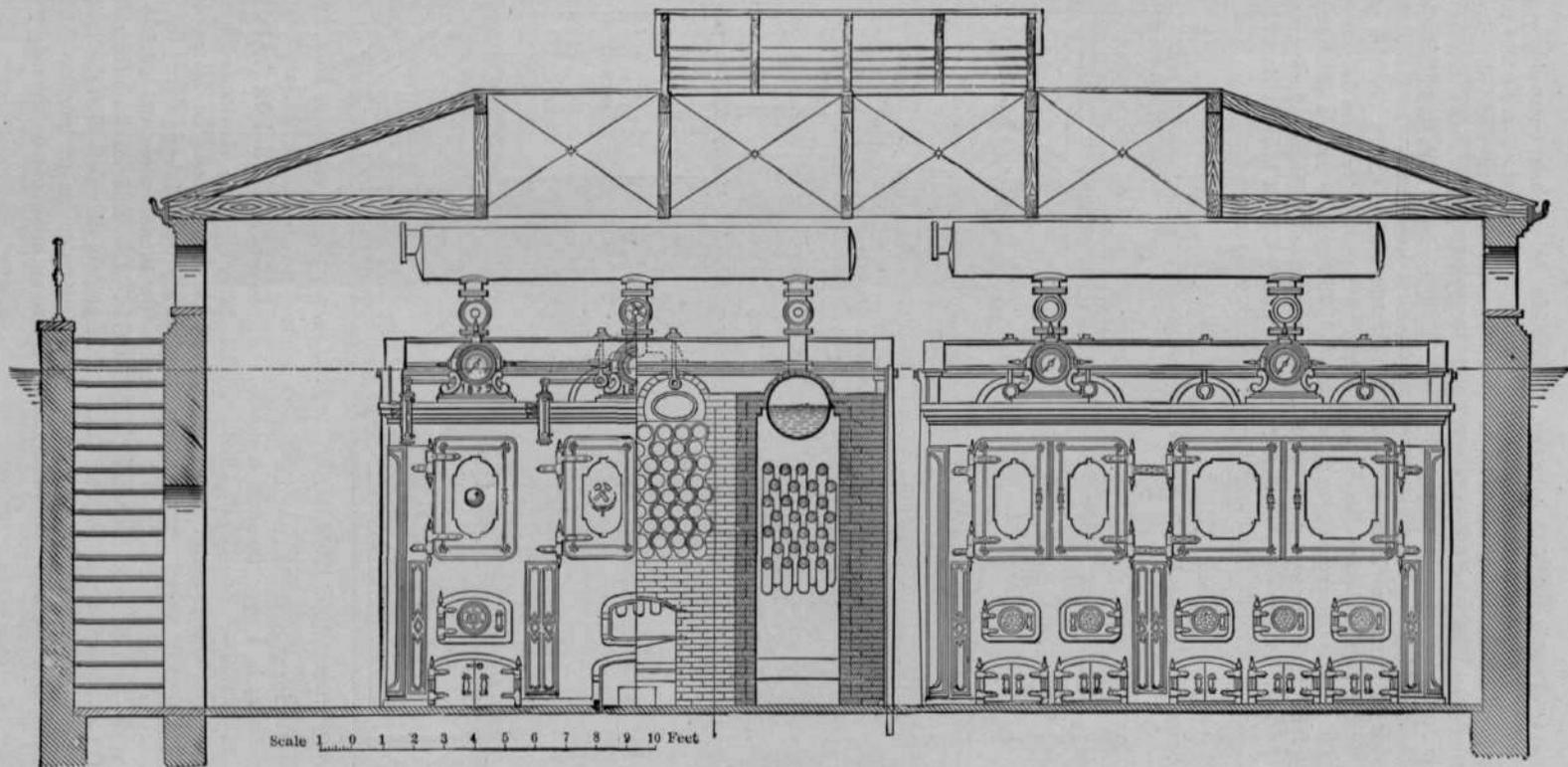


cionando tres estaciones centrales, una de las cuales es, sin duda, la mayor instalación de calderas fijas del mundo—12,000 caballos bajo el mismo techo—y se distribuye el vapor por medio de 27 kilómetros de tuberia, tendida por las calles.

En una instalación de esta importancia colosal, es absolutamente necesario que las calderas que producen el vapor sean de una construcción tal, que asegure la más perfecta

CALEFACCIÓN POR VAPOR.

En la calefacción de los edificios por el vapor, las dimensiones de las superficies de la caldera y de la tuberia dependen principalmente de la naturaleza del edificio y de su situación. Los edificios de madera necesitan más superficie de calefacción que los de piedra, y estos más que los de ladrillo. Las fachadas de hierro necesitan aún mucho más, y toda parte



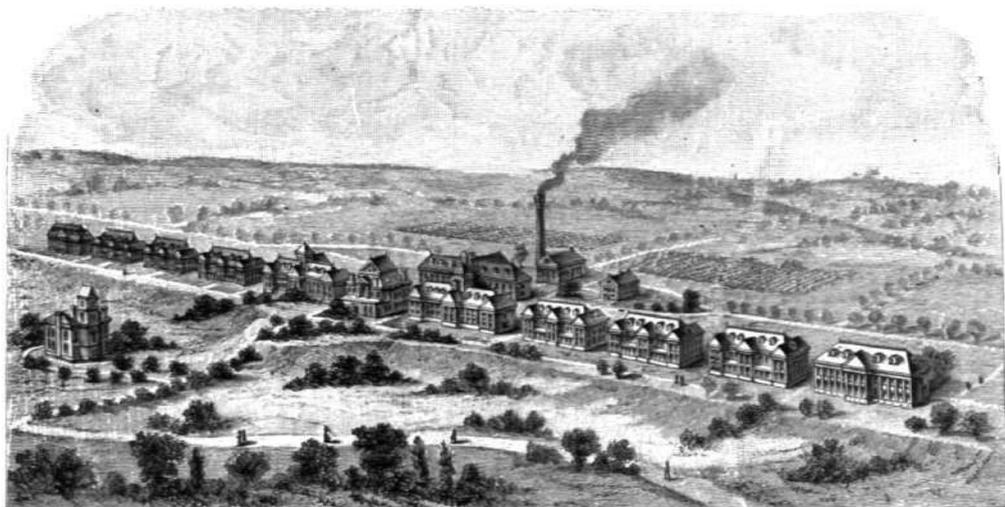
Calderas Babcock y Wilcox en la Escuela de Minas del Colegio de Colombia; 428 m. c. de superficie de calefacción, de los cuales 160 m. c. fueron instalados en 1879 y 268 m. c. en 1882.

cerrada con vidrieras exige 20 veces más calor que una pared de ladrillo de la misma superficie. Si la calefacción se efectúa por radiación indirecta, es necesario un 50 % más de calor que si es por radiación directa. Es imposible dar reglas precisas, todas exigirán una gran aplicación del coeficiente de buen sentido práctico.

La superficie de irradiación puede calcularse con el auxilio de la regla siguiente, solamente aplicable á las medidas inglesas: *Sumar los piés cuadrados de cristal de las ventanas con el número de piés cúbicos del aire que se debe cambiar por minuto, y con la vigésima parte de la superficie exterior de los muros y del techo; multiplicar esta suma por la diferencia entre la temperatura necesaria en la habitación y*

En la calefacción *indirecta* la eficacia de la superficie de irradiación aumenta y la temperatura del aire disminuye, á medida que la cantidad del aire que pasa por el aparato radiador aumenta. Así, se ha encontrado que, un pié cuadrado (0^m2,0929) de superficie de irradiación, con el vapor á 212° F. (100° C.), puede calentar desde 0° á 150° F. (de -18° á +65,5 C.), 100 piés cúbicos (2^m832) de aire por hora, ó 300 piés cúbicos (8^m50) desde 0° á 100° F. (de -18° á + 38°) en el mismo tiempo.

Los mejores resultados se obtienen empleando la irradiación indirecta para calentar el aire de la ventilación, y la irradiación directa para suministrar el suplemento de calor necesario en la habitación. El mejor sitio para instalar un



Hospicio de Alienados, Logansport, Indiana, calefacción por vapor, con 428 m. c. de superficie de calefacción de calderas Babcock y Wilcox instalados en 1885.

*la más baja prevista del aire exterior, y dividir el producto por la diferencia entre la temperatura del vapor en los tubos y la temperatura que se necesita en la habitación. El cociente es la superficie de irradiación correspondiente en piés cuadrados.**

Se puede contar en la práctica, por término medio, que cada pié cuadrado de superficie de irradiación, cederá tres unidades calóricas por hora y por grado F. de diferencia de temperatura entre el vapor interior y el aire ambiente, es decir, 14,6 calorías por grado C por metro cuadrado, siendo las variaciones, según las circunstancias, un 50 % en más ó en menos.

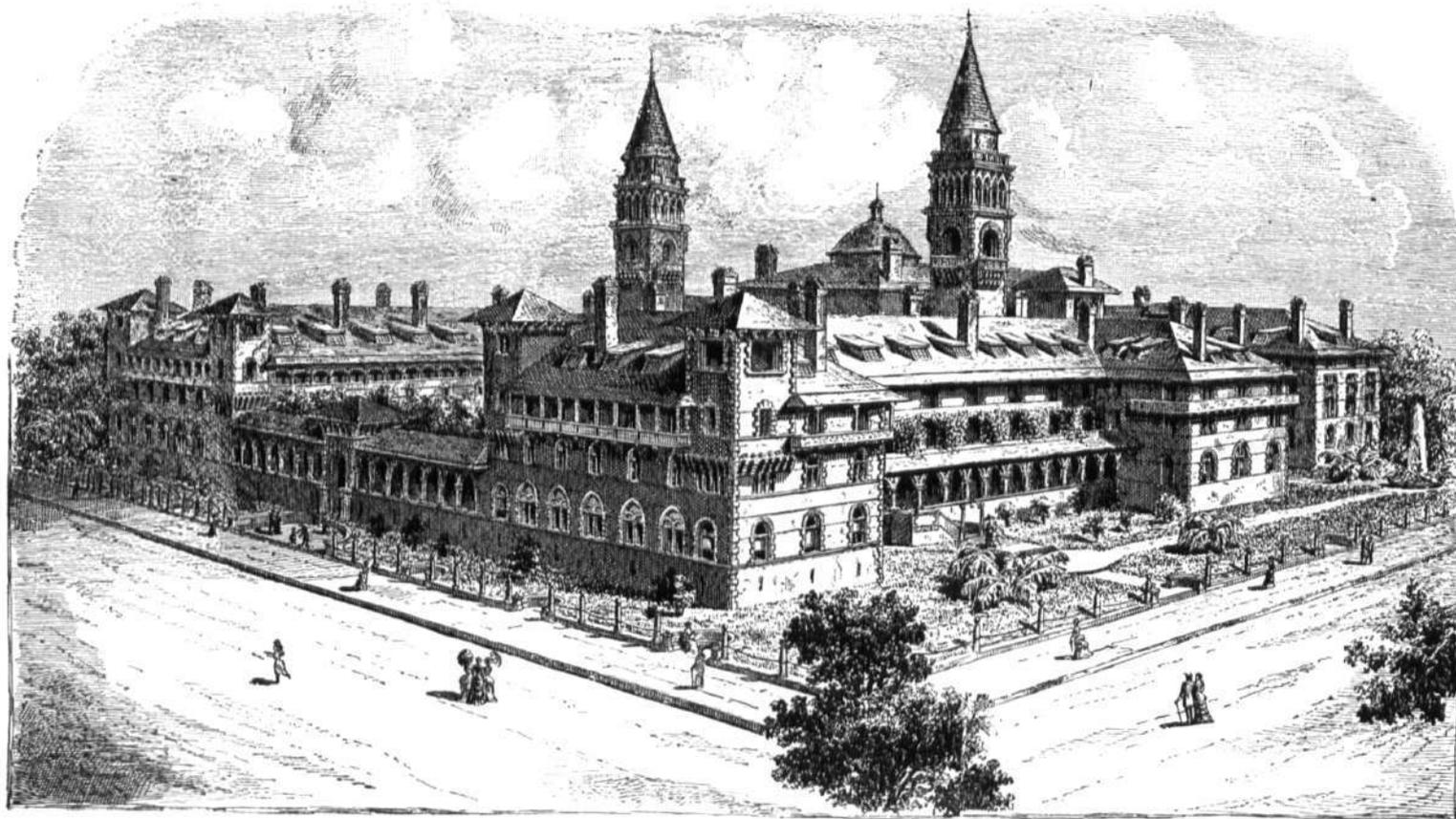
(*) La regla equivalente á la que está enunciada aquí se determina por la siguiente fórmula en medidas métricas.

$$\left(s + \frac{V}{0,305} + \frac{S}{20}\right) \frac{\theta - t}{T - \theta} = \sigma$$

radiador en una habitación, es debajo de una ventana. El aire caliente no puede penetrar en un cuarto á menos que haya una abertura que permita la salida de una cantidad igual. El mejor sitio para estas aberturas es cerca del techo.

Los tubos de pequeño diámetro son mejores que los de gran diámetro. Para un diámetro doble, es necesario 20% de superficie adicional, y para un diámetro triple, 30% adicional. Por la irradiación indirecta, la superficie más eficaz es la que asegura el más íntimo contacto entre la corriente de aire y la superficie calentada. Las habitaciones que se encuentran en una fachada expuesta á los vientos fríos, necesitan más superficie de irradiación que las que están en una fachada abrigada.

En el caso en que el agua condensada vuelve á la caldera, ó en el que se trabaja con vapor á baja presión, el diámetro de los tubos



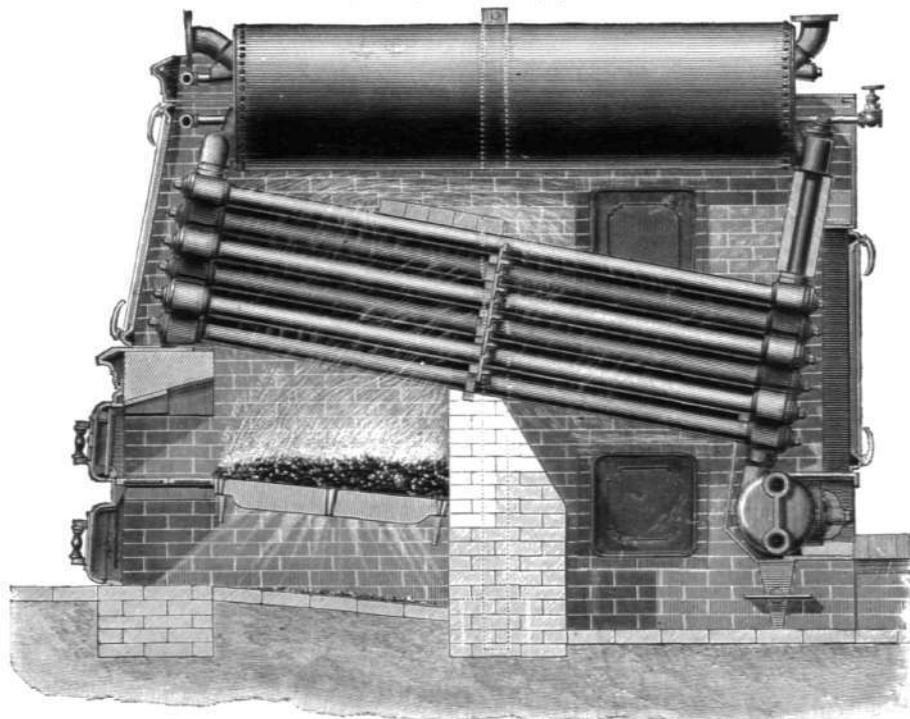
Hotel Ponce de Leon en Santa Agustina, Florida, calefacción y fuerza motriz por medio de 445 m. c. de superficie de calefacción de calderas Babcock y Wilcox.

maestros que van desde la caldera á la superficie de irradiación, debe ser igual, en pulgadas, al décimo de la raíz cuadrada de la superficie total de irradiación, tubería inclusive, estimada en piés cuadrados. Así, pues, un tubo de una pulgada bastará para 100 piés cuadrados de superficie, comprendiendo la del tubo (*). Los tubos de retorno deben tener cuando menos $\frac{3}{4}$ de pulgada ($19^m/m$) de diámetro, y nunca menos de la mitad del diámetro del tubo principal. Cuanto más largo sea el retorno, tanto mayor diámetro debe tener el tubo principal.

según la fuerza de la caldera, su rendimiento y el de la superficie de irradiación. Las calderas pequeñas para instalaciones particulares, deben ser de mayor potencia, en proporción, que las empleadas para grandes instalaciones.

La cantidad de vapor que representa un caballo para las calderas (30 libras ó $13^k,61$ por hora) basta para alimentar de 73 á 110 metros de tubería de $0^m,025$ de diámetro, es decir, de 7,4 á 11 metros cuadrados de superficie de irradiación.

Hay poca relación entre la cantidad de vapor



Calderas Babcock y Wilcox de 37 m. c. de superficie de calefacción en la Escuela municipal de Plainfield, Nueva Jersey, instalada en 1883.

Si el conducto está bien purgado, no se oirán los ruidos que sin eso á veces se producen.

La cantidad de aire que se emplea de ordinario para la ventilación, es de 7 á 28 metros cúbicos por hora y por persona; la cifra más elevada se refiere á las cárceles y los hospitales. Es necesario contar de 850 á 1700 litros por hora, por cada lámpara ó mechero de gas encendido.

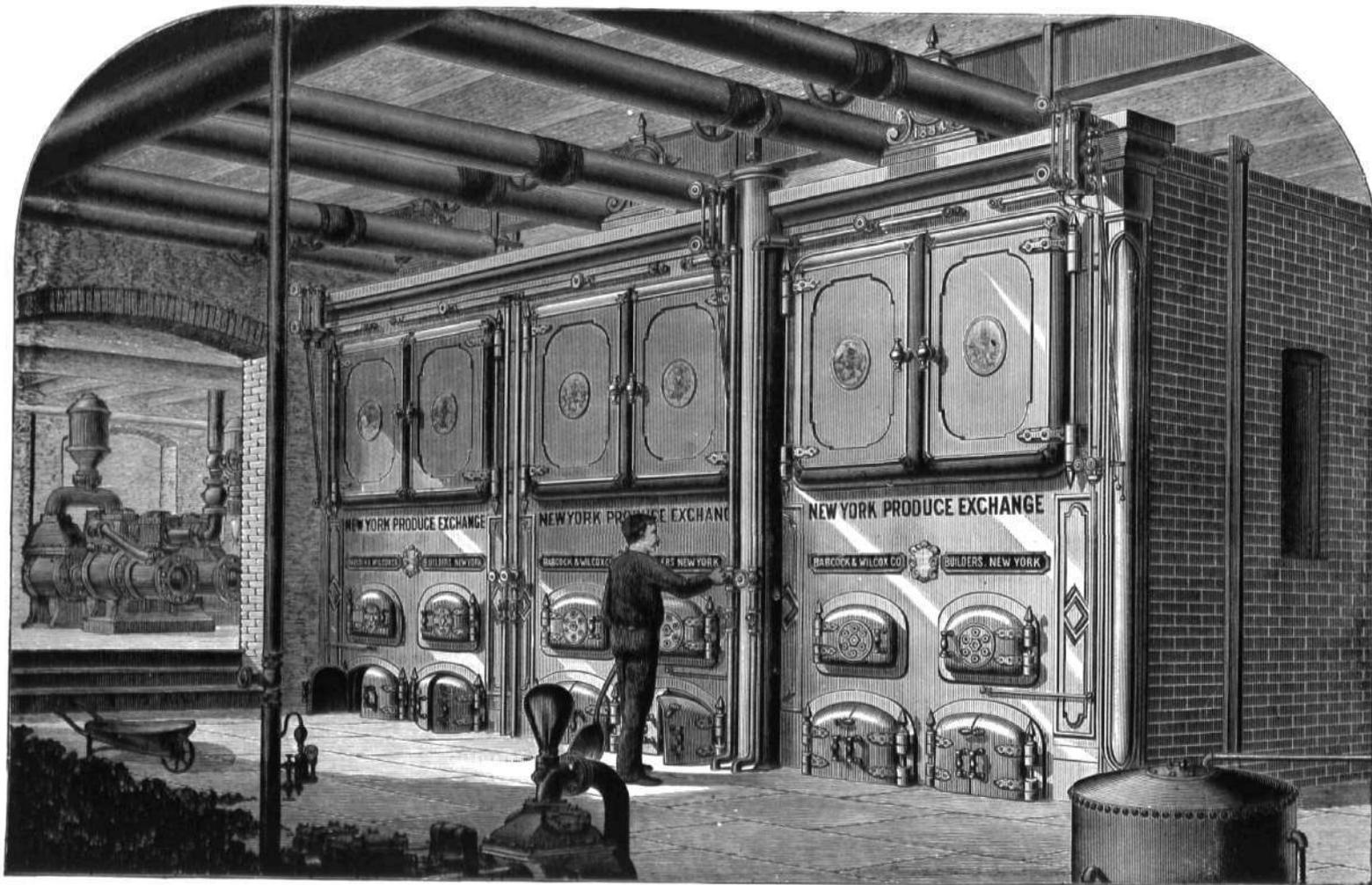
Un metro cuadrado de superficie de calefacción de la caldera, será suficiente para 7 á 10 metros cuadrados de superficie de irradiación,

(*) Esta regla equivale á emplear la siguiente fórmula en medidas métricas:

$$d^{cent} = \frac{5}{6} \sqrt{\text{sm. cuad.}}$$

gastado y el volúmen de las localidades que se han de calentar, aunque es un factor muy útil para los cálculos aproximados. En las condiciones ordinarias, un caballo de vapor basta para calentar los volúmenes siguientes:

	Metros cúbicos.
Casas de ladrillo, en manzanas, como en las ciudades	425 á 575
Almacenes de ladrillo, en las mismas condiciones	285 á 425
Casas de ladrillo, aisladas, expuestas al aire por todos sus costados	285 á 425
Fábricas, talleres, etc., de ladrillo	200 á 285
Casas de madera, aisladas	200 á 285
Fundiciones y talleres construidos con madera	170 á 285
Edificios de exposiciones, con grandes superficies de vidrieras	115 á 485



Calderas Babcock y Wilcox en la Bolsa de Comercio, en Nueva York, 668 m. c. de superficie de calefacción, instaladas en Febrero de 1884.

El sistema de calentar las fábricas y talleres por medio de tubos colocados á la altura de un hombre, se emplea yá en muchas partes, y está recomendado por la Compañía de Seguros Mútuos contra Incendios de Fabricantes de Boston, (Boston Manufacturers' Mutual Fire Insurance Co.), con preferencia á radiadores colocados cerca del suelo, particularmente en las salas donde hay transmisiones y correas que favorecen la circulación del aire con su movimiento.

En la calefacción de edificios debe tenerse cuidado de suministrar la humedad conveniente para que el aire no se ponga *seco* y por lo tanto inconfortable. El poder higrométrico

del vapor á gran distancia de la caldera, con el fin de evitar los golpes del agua en los tubos.

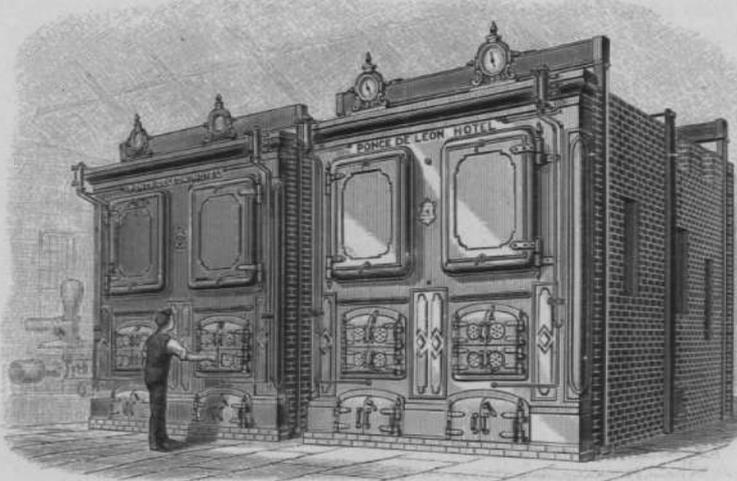
CALENTAMIENTO Y EVAPORACIÓN DE LÍQUIDOS POR EL VAPOR.

(a).—*Efecto útil de las superficies, suponiendo que el aire sea totalmente expulsado.*

Si la superficie es vertical, cada metro cuadrado puede transmitir 1100 calorías por hora y por grado de diferencia de temperatura entre los dos lados. Si la superficie es horizontal ó inclinada, cada metro cuadrado transmitirá por hora y por cada grado de diferencia de temperatura entre los dos lados, 1600 calorías.

(b).—*Vapor gastado.*

La condensación de un kilogramo de vapor á la presión de una atmósfera, produce 536,5 calorías; un kilogramo de vapor condensado á 52732 kilógr^a por metro cuadrado y luego elevado á la temperatura de 100°, ha abandonado 552,7 calorías. Se puede contar con que cada kilog. de vapor condensado evaporará un kilog. de agua á partir de 100°.



Calderas Babcock y Wilcox en el Hotel Ponce de Leon, Santa Agustina, Florida.

SECAMIENTO POR EL VAPOR.

Hay tres procedimientos para secar por medio del vapor:

del aire aumenta rápidamente á medida que se eleva la temperatura, siendo cuatro veces mayor á 22° de lo que es á 0°. El aire es agradable á la respiración cuando está húmedo á 50% de la saturación. Si se toma el aire á 0° y se le calienta hasta 21°, es necesario añadirle 650 gramos de *vapor* para cada 100 metros cúbicos de aire, á fin de que tenga dicho grado de humedad.

Recientemente se ha inventado un aparato muy útil y muy práctico, que obra automáticamente, para abrir ó cerrar las válvulas de los radiadores ó los registros de aire caliente y los ventiladores, manteniendo así la temperatura de una habitación á próximamente un cuarto de grado de la que se desea.

Hace poco se ha ensayado y con muy buenos resultados, un *separador* de acción centrífuga, que purga completamente al vapor, del agua arrastrada. Este aparato resulta muy útil, sobre todo cuando es necesario transportar

1.—Poniendo las sustancias húmedas en contacto directo con las superficies calentadas por el vapor. Así es como se secan el papel y la tela sobre cilindros huecos calentados por vapor en su interior, ó como se secan las chapas entre dos planchas huecas calentadas al vapor.

2. Por el calor radiado de los tubos por donde circula el vapor, como ocurre en las estufas para secar madera, y en los secaderos de los lavaderos.

3. Haciendo pasar aire calentado por el vapor, sobre las superficies húmedas, como en las fábricas de cola, etc.

El segundo procedimiento es rara vez empleado á menos que no sea en combinación con el tercero. El primero, es el más económico; el segundo lo es menos, y el tercero aún menos todavía. En circunstancias favorables puede considerarse que un caballo de vapor, 13^k,61, puede evaporar 10^k,886 = $\frac{4}{3} \times 13,61$ de agua en el primer procedimiento, 9^k,072 = $\frac{2}{3} \times 13,61$ en el segundo, y 6^k,804 = $\frac{1}{2} \times 13,61$ en el tercero.

El procedimiento de secar ó evaporar la humedad por medio del aire caliente, está basado sobre la ley observada, que la capacidad del aire para absorber la humedad aumenta rápidamente con la temperatura. Si el aire á 11° se eleva á 22°, su poder higrométrico aumenta hasta el doble, y es cuatro veces mayor que lo que era á 0°. La siguiente tabla dá para diferentes temperaturas hasta 70°, límite práctico hasta el que se calienta el aire por el vapor: el peso en kilóg^m por metro cúbico de aire saturado de vapor; el peso del vapor solo en kilóg^m, y tanto por ciento, el calor total, la porción contenida en el vapor y el peso del aire necesario por kilóg. de agua.

A la simple inspección de esta tabla, puede verse porqué es más económico secar á altas

AIRE SATURADO DE VAPOR ACUOSO.

Temperatura Celsius.	Peso del metro cúbico de aire saturado de vapor, kilóg.	Peso del vapor por metro cúbico de aire saturado.	Tanto por ciento de vapor en el aire saturado.	Calor total en el metro cúbico de aire saturado, calorías.	Calor del vapor en el m. c. de aire saturado.	Cantidad de aire seco necesario por kil. de agua,	
						en kilógramos.	en metros cúbicos.
5°	1.2660	0.00682	0.54	5.64	4.23	75.07	185.5
10	1.2418	0.00945	0.76	68.77	5.82	66.29	130.4
15	1.2189	0.01275	1.05	12.08	7.78	64.36	95.0
20	1.1947	0.01717	1.41	15.00	9.84	65.63	68.1
25	1.1710	0.02288	1.93	20.86	14.03	67.25	51.2
30	1.1476	0.03012	2.63	26.50	18.54	69.97	37.2
35	1.1228	0.03925	3.50	33.23	24.21	74.58	23.5
40	1.0971	0.05072	4.62	41.13	31.22	75.89	20.7
45	1.0710	0.06484	5.94	50.11	39.51	78.86	15.6
50	1.0432	0.08240	7.90	69.57	56.86	81.73	11.8
55	1.0132	0.10351	10.21	76.44	64.53	84.42	8.8
60	0.9821	0.12911	13.14	92.80	80.63	86.89	6.6
65	0.9477	0.16009	16.89	112.39	100.20	89.15	5.0
70	0.9152	0.19245	22.03	153.36	140.13	91.37	3.6

temperaturas. La atmósfera está rara vez saturada de humedad y en la práctica se encuentra generalmente que es necesario calentar el aire unos 17° sobre la temperatura de saturación. Los mejores resultados se obtienen cuando hay ventilación artificial producida por medio de ventilador, ya por medio

de una chimenea, y haciendo circular el aire caliente de arriba hácia abajo.

CIRCULACIÓN DEL VAPOR POR LAS TUBERIAS.

El peso aproximado de cualquier fluido que circula por minuto en un tubo dado, bajo una presión ó fuerza tambien dadas, puede hallarse por la siguiente fórmula:

$$Q = 60 \delta \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g \frac{P-p}{\delta} \frac{D}{L \left(1 + \frac{0.914}{D}\right)}}$$

ó:

$$Q = 208,7 \sqrt{\frac{(P-p) \delta D^5}{L \left(1 + \frac{0.914}{D}\right)}}$$

en la cual P y p son las presiones en los dos extremos del tubo; la primera, motriz, la segunda, resistente, ambas en kilóg. por metro cuadrado; D y L, respectivamente, el diámetro y la longitud del tubo en metros, δ el peso del metro cúbico de fluido á la presión p.

Como los tubos son, aun en el continente, designados frecuentemente por sus dimensiones en medidas inglesas, vamos á dar, en primer lugar, las fórmulas y tablas en estas medidas; luego, una tabla en medidas francesas deducida de la primera. Advirtiendo que las fórmulas aproximativas y empíricas, aceptadas en América y en Inglaterra, con coeficientes buenos para las medidas inglesas, son difilmente

traducidas en medidas métricas. La fórmula anterior se transforma en la siguiente:

$$Q = 87 \sqrt{\frac{(P-p) \delta D^5}{L \left(1 + \frac{3.6}{D}\right)}}$$

en la cual Q es el peso en libras ($\delta^k,4536$) del

TABLA DE LOS PESOS DEL VAPOR QUE CIRCULA, POR MINUTO, POR TUBOS LISOS (Medidas Inglesas).

Presión inicial según el manómetro en libras por pulgada cuadrada.	Diámetro de tubos en pulgadas. Longitud del tubo = 240 diámetros.															
	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	15	18
	Peso del vapor que pasa, por minuto, en libras, con una libra de pérdida en la presión.															
1	1.16	2.07	5.7	10.27	15.45	25.38	46.85	77.3	115.9	211.4	341.1	502.4	804	1177		
10	1.44	2.57	7.1	12.72	19.15	31.45	58.05	95.8	143.6	262.0	422.7	622.5	996	1458		
20	1.70	3.02	8.3	14.94	22.49	36.94	68.20	112.6	168.7	307.8	496.5	731.3	1170	1713		
30	1.91	3.40	9.4	16.84	25.35	41.63	76.84	126.9	190.1	346.8	559.5	824.1	1318	1930		
40	2.10	3.74	10.3	18.51	27.87	45.77	84.49	139.5	209.0	381.3	615.3	906.0	1450	2122		
50	2.27	4.04	11.2	20.01	30.13	49.48	91.34	150.8	226.0	412.2	665.0	979.5	1567	2294		
60	2.43	4.32	11.9	21.38	32.19	52.87	97.60	161.1	241.5	440.5	710.6	1046.7	1675	2451		
70	2.57	4.58	12.6	22.65	34.10	56.00	103.37	170.7	255.8	466.5	752.7	1108.5	1774	2596		
80	2.71	4.82	13.3	23.82	35.87	58.91	108.74	179.5	269.0	490.7	791.7	1166.1	1866	2731		
90	2.83	5.04	13.9	24.92	37.52	61.62	113.74	187.8	281.4	513.3	828.1	1219.8	1951	2856		
100	2.95	5.25	14.5	25.96	39.07	64.18	118.47	195.6	293.1	534.6	862.6	1270.1	2032	2975		
120	3.16	5.63	15.5	27.85	41.93	68.87	127.12	209.9	314.5	573.7	925.6	1363.3	2181	3193		
150	3.45	6.14	17.0	30.37	45.72	75.09	138.61	228.8	343.0	625.5	1009.2	1486.5	2378	3481		

fluido que ha pasado por el tubo ; P y p las presiones en las dos extremidades del mismo en libras por pulgada cuadrada ; D y L respectivamente el diámetro y la longitud del tubo en piés ; δ el peso en libras del pié cúbico de fluido á la presión p .

La tabla que ponemos á continuación dá, en medidas inglesas, aproximadamente, el peso del vapor que corre, por minuto, bajo diversas presiones iniciales por un tubo de interior liso, en la hipótesis de que la longitud del tubo sea igual á 240 veces su diámetro, y que la pérdida de presión por esta longitud sea de una libra ($0^s,4536$).

Para los tubos de menos de 6 pulgadas ($0^m,150$) de diámetro, se calcula el gasto segun el área actual del tipo de tubos de tales diámetros nominales, área que damos á conocer por la tabla que antecede.

Para tener la fuerza en caballos correspondiente á estos tubos, basta multiplicar las cifras de la tabla por 2. En el caso de una pérdida de presión, distinta de una libra, multiplicar por la raíz cuadrada de la pérdida dada. Si se desea saber el gasto correspondiente para otra cualquier longitud de tubería, *dividir 240 por la longitud deseada, expresada en diámetros, multiplicar las cifras de la tabla por la raíz cuadrada de este cociente*, y se obtendrá el gasto para una libra de pérdida en la presión. Si inversamente se divide la longitud dada por 240, se obtendrá la pérdida de presión para el peso dado en la tabla.

La pérdida de carga debida al aumento de velocidad, al rozamiento del vapor al entrar en la tubería, á los codos y al pasar por las válvulas, reduce los gastos de la tabla. La resistencia á la entrada, y la de una válvula esférica, son ambas casi igual á la que presentaría una longitud de tubo de 114 veces el diámetro

dividida por el número $1 + \frac{3,6}{d}$ ó sea $\frac{114 d}{1 + 3,6/d}$

Para los diámetros de los tubos indicados en la tabla anterior, estas longitudes correspondientes son :

$\frac{3}{4}$	1	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12	15	20
20	25	34	41	47	52	60	66	71	79	84	88	92	95

La resistencia de un codo es igual á las dos terceras partes de la de una válvula esférica. Estas equivalencias—para las entradas, los codos y los pasos por las válvulas,—deben ser añadidas á la longitud real del tubo. Así, pues, un tubo de 4 pulgadas ($101^m/m$), de una longitud de 120 diámetros, con una válvula esférica y tres codos, equivaldrá á $120 + 60 + 60 + 3 \times 40 = 360$ diámetros, y así $360 \div 240 = 1,5$. Habrá, pues, una pérdida de presión de $1\frac{1}{2}$ libras que reduzca el gasto dado en la tabla, quedando reducido á $1 \div \sqrt{1,5} = 0,816$, ó en 81.6 % de lo que sería para un tubo liso si este tuviera una longitud de 240 diámetros sin ninguna complicación.

Damos á continuación las mismas tablas, que en otra parte, (página 112), pero en medidas métricas, y cuyas cifras han sido deducidas de las primeras por interpolación.

SALIDA DE VAPOR POR UN ORIFICIO DADO.

Si se toma vapor á cualquier presión y se le hace pasar por un orificio, á un espacio donde la presión es inferior á las tres quintas partes de su presión inicial, corre con una velocidad que, en la práctica, puede considerarse como constante é igual á $270^m,66$ por segundo, ó 16239 metros por minuto, ó sea un poco más de 16 kilómetros por minuto ; así pues, el gasto es

TABLA DE PESOS DEL VAPOR

que circula en un minuto por tubos de diámetros diferentes, bajo presiones distintas, calculados en la hipótesis de que la pérdida debida al rozamiento en el tubo liso equivale á 703 kil. por metro cuadrado (una libra por pulgada cuadrada) y que la longitud del tubo es igual á 240 veces su diámetro.

Diámetros en pulgadas y milímetros.	$d = 19,05$	$d = 25,4$	$d = 38,1$	$d = 50,8$	$d = 63,5$	$d = 76,2$	$d = 101,6$	$d = 127,0$	$d = 152,4$	$d = 203,2$	$d = 254$	$d = 304,8$	$d = 381$	$d = 477$
Presión más alta de la atmósfera.	Peso del vapor que ha circulado por minuto en kilóg.													
1000	0.532	0.949	2.615	4.708	7.085	11.64	21.49	35.45	54.17	96.96	156.4	230.4	368.4	539.8
5000	0.567	1.093	3.017	5.032	8.146	13.38	24.70	40.76	61.29	111.5	179.9	264.9	423.8	610.4
10000	0.703	1.252	3.405	6.196	9.326	15.32	28.27	46.67	69.94	127.6	205.9	303.2	485.1	710.2
20000	0.851	1.515	4.187	7.507	11.34	18.55	34.21	56.55	84.72	154.6	249.3	367.3	587.2	860.2
30000	0.973	1.733	4.781	8.577	12.91	21.21	39.15	64.64	96.86	176.7	286.1	419.8	671.9	983.3
40000	1.080	1.920	5.254	9.577	14.31	23.50	43.39	71.62	107.4	195.8	315.9	465.3	744.5	1090
50000	1.173	2.090	5.751	10.01	15.56	25.55	47.16	77.87	116.7	212.8	343.4	505.7	809.3	1184
60000	1.258	2.239	6.178	11.07	16.67	27.38	50.53	83.43	125.0	228.1	367.9	541.9	866.8	1259
70000	1.336	2.377	6.565	11.75	17.48	29.03	53.63	88.57	132.7	242.1	390.6	575.1	920.1	1347
80000	1.404	2.500	6.890	12.36	18.62	30.58	56.44	93.19	139.6	254.7	410.1	605.2	968.3	1418
90000	1.468	2.615	7.213	12.94	19.48	31.99	59.01	97.50	146.1	266.4	430.0	633.3	1013	1483
100000	1.531	2.725	7.535	13.48	20.29	33.33	61.51	101.56	152.2	277.6	447.9	659.8	1056	1545

aproximadamente proporcional al peso del metro cúbico de dicho vapor. Para determinar el peso Q kil. que sale por minuto por un orificio, se emplea la fórmula siguiente :

$$Q = 16239 S \delta K,$$

en la cual S representa en metros cuadrados la sección del orificio ; δ el peso del metro cúbico de vapor á la presión p del medio en el cual el vapor entra, y K un coeficiente de reducción dado por la experiencia y que haremos igual á 0,93 si el escape del vapor se hace por un tubo corto, y á 0,63 si se hace por una válvula de seguridad ó por un orificio practicado en pared delgada, por ejemplo, por un orificio abierto en un palastro.

Rankine ha dado una fórmula empírica sencilla que liga el peso del metro cúbico de vapor á la presión y permite así eliminar δ de la expresión precedente que se convierte en

$$Q = \frac{4}{3} p S K = 0,857 p S K = C p S K.$$

De esta se deduce que $16239 \delta = 0,857 p$, ó $\delta = 0,000053 p$, lo que da un resultado en general menor que el de las tablas. Sería más exacto reemplazar 53 por los números siguientes que varían con la presión :

$p = 1000$	5000	10000	20000	30000	40000
66	61	59	56	55	54

entonces

$$C = 1,072, 0,991, 0,958, 0,909, 0,893, 0,877.$$

Cuando el vapor circula en un medio donde la presión es superior á dos tercios de la de la caldera, el peso del vapor que ha pasado por minuto se da por la fórmula aproximada siguiente, deducida de aquella empírica de Rankine : (°)

$$Q = 1,9 S K \sqrt{p(P-p)},$$

en la cual S representa la sección del orificio en metros cuadrados (ó en pulgadas cuadradas) ; P y p las presiones opuestas en kilogr. por metro cuadrado (ó en libras por pulgada cuadrada), y Q el gasto por minuto en kilogr. (ó en libras). La fórmula empírica de Rankine ha servido para eliminar el peso del metro cúbico de la expresión del valor de Q y por esta razón el resultado no conviene más que al vapor seco, no constituyendo con todo sino una simple aproximación, aunque suficiente en general.

Pero la expresión de Q así modificada es de mucha utilidad en la práctica, porque la omisión del peso del metro cúbico dispensa de tanteos y pérdidas de tiempo.

(*) Esta fórmula supone $\delta = 0,000051 p$ y únicamente conviene si la presión p llega á 100000 K. por metro cuadrado. A partir de 40000 se puede tomar 1,95 y disminuir hasta 1,9 para $p = 100000$.

Para determinar la fuerza en caballos correspondiente, es necesario multiplicar Q por 4,41, ó bien multiplicar primero por 60 para tener el gasto en kilgr. por hora y dividir enseguida por 13,61 que representa en kilogr. el consumo de un caballo-hora.

$$N = 8,4 S K \sqrt{p(P-p)}$$

Si se dá la fuerza en caballos, y se quiere saber la diferencia de presión (P- p), se le puede obtener por la fórmula :

$$(P-p) = \frac{P}{2} - \sqrt{\frac{P^2}{4} - \frac{N^2}{70 S^2 K^2}}$$

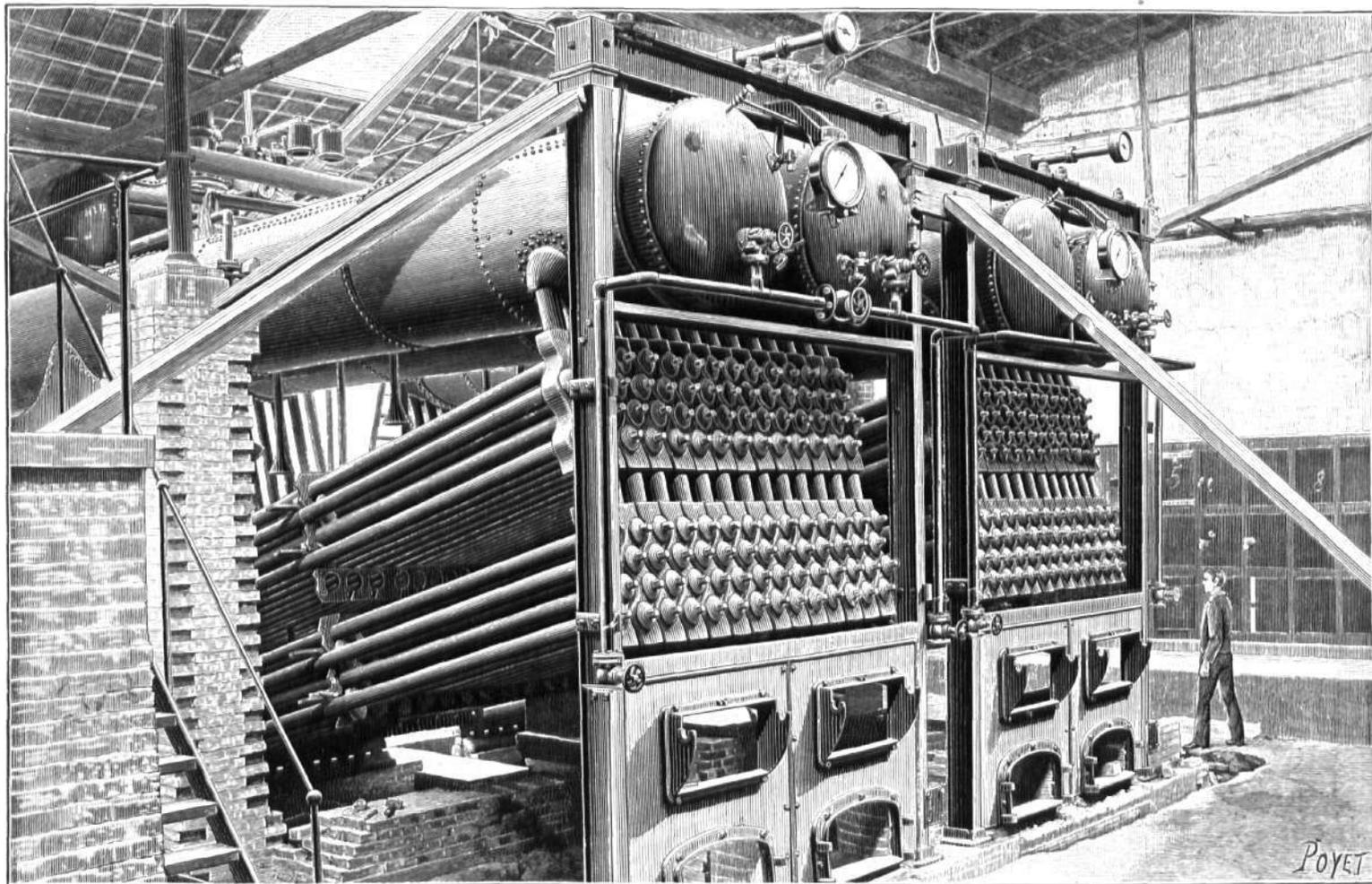
EQUIVALENCIA DE CONDUCTOS.

Muchas veces es necesario saber qué número de tubos de una dimensión dada es necesario para descargar la misma cantidad de vapor, aire ó agua, que valiéndose de otro conducto también de dimensión determinada. Los gastos de dos tubos en los cuales un fluido circula con la misma velocidad, están entre sí en la relación de los cuadrados de los diámetros interiores de los tubos ; pero la misma carga no producirá la misma velocidad en tubos de tamaños diferentes ó de longitudes diferentes, las diferencias varían proporcionalmente á la raíz cuadrada de la quinta potencia del diámetro. Los rozamientos internos de las moléculas de un fluido son insignificantes, y por consiguiente la resistencia principal á su movimiento se debe al rozamiento del líquido contra las paredes del conducto. Resulta que este rozamiento es proporcionalmente más importante en un tubo pequeño que en uno grande. Para un tubo dado el rozamiento puede ser representado por el producto del diámetro y de una constante, es decir, que el coeficiente del gasto puede determinarse dividiendo una cierta potencia del diámetro por el diámetro aumentado en una constante. Después de numerosas y minuciosas experiencias, hechas por distintos investigadores, se ha establecido la siguiente fórmula, que dá con la mayor aproximación el gasto relativo de conductos de diferentes diámetros colocados en las mismas condiciones : El gasto por unidad de tiempo es proporcional á :

$$\frac{d^3}{\sqrt{d + 3,6}}$$

El gasto se supone en libras inglesas y el diámetro interior en pulgadas.

Los diámetros de los tubos tipos (standard) de gas y de vapor se diferencian, sin embargo, de los diámetros nominales, y al aplicar esta



*Calderas Babcock y Wilcox en la Sociedad nueva de Refinerías de azúcar de San Luis en Marsella, instalación de 2 calderas, cada una de 236 metros cuadrados de superficie de calefacción.
Una caldera semejante hay en la fábrica de azúcar de Laudun-L'Ardoise (Gard) (Francia), Julio de 1893.*

TABLA DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR POR LOS TUBOS QUE CONDUCCEN VAPOR.

Grosor en pulgadas.	Grosor de la cubierta en milímetros.	Diámetro exterior del tubo desnudo en milímetros.																	
		50,8 ^m /m = 2 pulgadas.				101,6 ^m /m = 4 pulgadas.				152,4 ^m /m = 6 pulgadas.				203,2 ^m /m = 8 pulgadas.			304,8 ^m /m = 12 pulgadas.		
		Calorias perdidas por metro corriente por hora.	Relación de la pérdida a la sufrida por el tubo desnudo.	Pérdida estimada en longitud de tubo por caballo.	Calorias perdidas por metro corriente por hora.	Relación de la pérdida a la sufrida por el tubo desnudo.	Pérdida estimada en longitud de tubo por caballo.	Calorias perdidas por metro corriente por hora.	Relación de la pérdida a la sufrida por el tubo desnudo.	Pérdida estimada en longitud de tubo por caballo.	Calorias perdidas por metro corriente por hora.	Relación de la pérdida a la sufrida por el tubo desnudo.	Pérdida estimada en longitud de tubo por caballo.	Calorias perdidas por metro corriente por hora.	Relación de la pérdida a la sufrida por el tubo desnudo.	Pérdida estimada en longitud de tubo por caballo.			
0	0	181.1	1.00	40	321.1	1.00	23	516.0	1.000	14	603.4	1.000	12	890.8	1.000	8			
1/8	6.35	83.3	0.46	88	149.6	0.46	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1/4	12.7	54.3	0.30	137	96.9	0.30	75	154.8	.300	47	181.6	0.301	40	249.4	0.280	28			
3/8	25.4	36.2	0.20	202	61.1	0.18	119	91.8	.178	80	106.1	0.176	60	153.2	0.172	48			
1/2	50.8	23.5	0.13	311	37.0	0.11	197	54.7	.106	134	62.2	0.103	117	81.0	0.097	90			
3/4	101.6	16.4	0.09	446	23.2	0.07	314	33.9	.066	214	38.0	0.063	192	49.9	0.056	148			
1	152.4	—	—	—	19.3	0.06	377	27.9	.054	262	28.4	0.047	258	37.4	0.042	196			

la superficie del tubo pueda irradiar; á partir de este momento tales sustancias son más perjudiciales que útiles como cubiertas. Este punto casi se alcanza, con la tierra cocida ó el ladrillo.

Una cubierta ó superficie pulida ó brillante es de por sí una buena protección, el poder radiante de la hoja de lata está con el del hierro fundido en la relación de un 53%. Una capa de pintura tiene poca influencia.

&c. La série de experiencias hechas con el mayor cuidado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en 1871, y cuyos resultados se han consignado, en parte, en la tabla precedente, ha llegado á establecer que la condensación del vapor en un tubo sin revestimiento, en un tubo cubierto ó revestido con uno de estos betunes y en uno recubierto de crin, está representada por las proporciones numéricas siguientes: 100, para el primero, 67 p^a el segundo, y 27 p^a el tercero.

TABLA DEL PODER CONDUCTOR DE LAS DISTINTAS SUSTANCIAS, SEGUN PÉCLET.

	Poder conductor.
Papel gris sin encolar	0,274
Plumas (en masa)	0,314
Algodón ó lana (cualquiera que sea el espesor)	0,323
Cáñamo	0,418
Polvo de caoba	0,523
Ceniza de madera	0,531
Paja	0,563
Carbon de madera en polvo	0,636
Madera, perpendicularmente á las fibras	0,83
Alcornoque	1,15
Coke pulverizado	1,29
Caucho	1,37
Madera, paralelamente á las fibras	1,40
Yeso ordinario, muy fino, amasado	3,86
Tierra cocida	4,83
Vidrio	6,60
Piedra caliza, de granos finos	13,68

La crin ó la lana sin tejer, y la mayoría de las mejores materias no conductoras, tienen el inconveniente de carbonizarse muy pronto bajo la acción del calor transmitido por el vapor á alta presión y algunas veces hasta se enciende por esta causa.

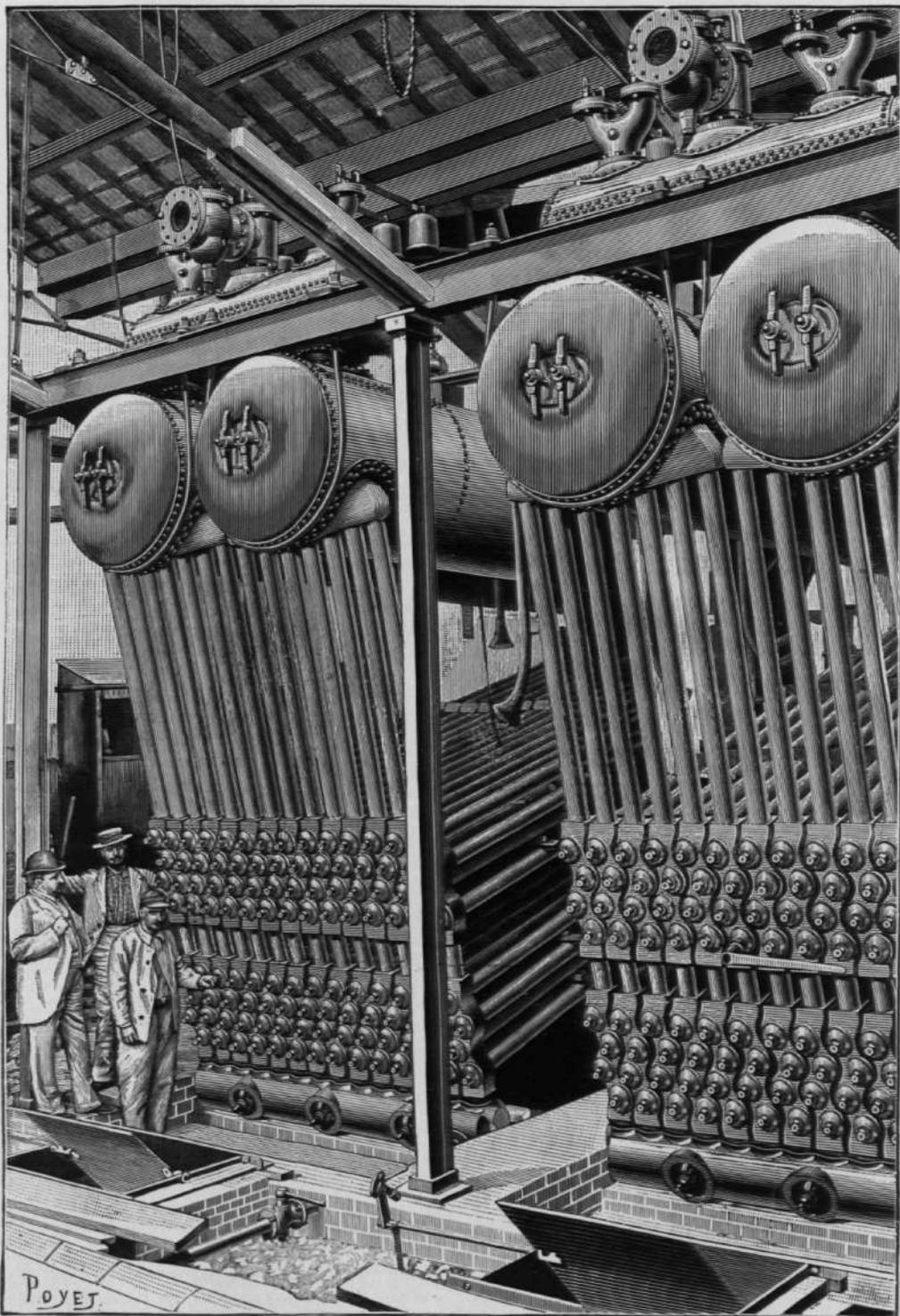
Este hecho ha dado lugar á la preparación de diferentes barnices compuestos generalmente de arcilla mezclada con otras sustancias, tales como el amianto, pasta de papel, carbon pulverizado,

TABLA DEL VALOR RELATIVO DE LAS MATERIAS NO CONDUCTORAS SEGUN EL SR. CHARLES E. EMERY.

Sustancias.	Valor.
Fieltro, crin ó lana	1,000
Lana mineral N ^o 2	0,832
Id. alquitranada	0,715
Serrin	0,680
Lana mineral N ^o 1	0,676
Carbon de madera	0,632
Madera de pino, perpendicularmente á las fibras	0,553
Tierra arcillosa, seca	0,550
Cal apagada	0,480
Cok, de la fábrica de gas	0,470
Amianto	0,363
Ceniza de carbon	0,345
Cok, en pedazos	0,277
Espacio de aire no dividido	0,136

La "Lana Mineral," ó materia fibrosa sacada de las escorias de los altos hornos, es una buena materia aisladora y tiene la ventaja de no ser combustible. Los deshechos de alcornoque aglomerados con materias vidriosas, forman uno de los mejores aisladores conocidos.

Se puede obtener una envolvente muy eficaz y al propio tiempo poco costosa por el siguiente procedimiento: Primero se envuelve la cañeria con cartón de amianto, operación que no es absolutamente indispensable. Se recubre en-



Calderas Babcock y Wilcox de la Sociedad nueva de Refinerías de azúcar de San Luis, en Marsella, instalación de 2 calderas, cada una de 236 m. c. de superficie de calefacción.

Una caldera semejante hay en la fábrica de azúcar de Laudun-L'Ardoise (Gard) (Francia), Julio de 1893.

seguida la longitud que se va á resguardar con tabletas de madera, en número de 6 á 12, según el diámetro del tubo, y para conservarlas en su sitio, se las ata por medio de alambre. Sobre esta envolvente se pone otra de cartón, que se le fija bien empleando cola ó bramante. En el sitio en que van los pernos de unión de las bridas se deja un hueco para la colocación de aquellos y luego se rellena de feltro. Si el tubo ha de estar expuesto á la lluvia, hay que recubrirlo por último de papel alquitranado ó darle una mano de pintura al aceite.

Muchas veces se recubren las cañerías con una pasta hecha con harina y serrín de madera para darle consistencia. Esta pasta se extiende por medio de una paleta en capas de 5 á 6 milímetros de espesor, dándose 4 ó 5 capas, y si la superficie metálica no tiene grasa ninguna, la adherencia es perfecta. Para el cobre, se aplica una solución caliente de arcilla desleída en agua. Se dá por último una capa de alquitran para abrigo de la humedad á la composición.

Cualquiera que sea la sustancia apropiada empleada para impedir la pérdida de calórico del vapor, no debe serlo en capa que tenga ménos de una pulgada.

CONSERVACIÓN DE LAS CALDERAS.

Las reglas siguientes se han establecido, teniendo presente las indicaciones hechas por las diversas Compañías de Seguros y Asociaciones para vigilancia de las calderas de vapor, tanto en Europa como en América, y también por nuestra larga experiencia. Se aplican á todas las calderas de vapor, salvo los casos en que advertiremos lo contrario.

MEDIDAS DE SEGURIDAD.

(Aunque las calderas Babcock y Wilcox no estan expuestas á explosiones peligrosas, se debe tener con ellas el mismo cuidado que con las demás, á fin de evitar reparaciones y paradas más ó menos costosas).

1.—Válvulas de seguridad.—Se debe poner el mayor cuidado en que estas sean del tamaño debido (siempre ámplio) y que esten siempre en perfecto estado. El sobrecargarlas ó descuidarlas puede traer fatales consecuencias. Las válvulas deben probarse á lo menos una vez por día, para asegurarse de que funcionan bien.

2.—Manómetro.—El manómetro debe señalar cero á la presión atmosférica, y debe indicar la presión á que está cargada la válvula de seguridad en el momento en que esta empieza á desahogar. Si no sucede esto, uno de los dos aparatos está mal y debe comprobarse el manómetro comparándolo con uno que esté bien.

3.—Nivel de agua.—El primer deber del fogonero, antes de encender los fuegos ó al entrar de servicio, es ver si el agua está á la altura conveniente. No debiendo, para esto, fiarse de los tubos indicadores de cristal, flotadores ó alarmas automáticas, sino valerse de las llaves de prueba ó de nivel del agua. Si esta en el nivel de cristal no corresponde con la llave de prueba, es menester buscar el motivo y remediarlo sin demora. El nivel normal del agua en las calderas Babcock y Wilcox, está á la altura del centro del depósito superior y generalmente corresponde á la mitad de la altura del tubo indicador. No debe pasar jamás este nivel.

4.—Llaves de prueba é Indicadores del nivel de agua.—Deben estar siempre en perfecto estado de limpieza. Debe purgárseles frecuentemente, y tener muy limpios los tubos de cristal y las comunicaciones. La Sociedad inglesa, Boiler Association de Manchester, atribuye más explosiones á la falta de cuidado con los niveles de agua que á todas las demás causas juntas.

5.—Bomba de alimentación ó inyector.—Es menester que sean de gran capacidad y tenerlos siempre en buen estado. Ninguna clase de bomba, por buena que sea, debe merecer bastante confianza, sin tener con ella el debido cuidado y examinarla periódicamente. Es muy conveniente tener siempre dos medios para alimentar una caldera. Las válvulas de retención, y las de alimentación automáticas, deben examinarse y limpiarse con frecuencia. Debiendo convencerse de vez en cuando de que la válvula funciona bien mientras la bomba alimenta.

6.—Falta de agua.—En el caso de falta de agua, debe cubrirse inmediatamente el fuego con ceniza (mojada si es posible), ó con tierra si la hay á mano, ó si no hubiese otra cosa, con carbon mojado. Retírense los fuegos tan pronto como sea posible, sin exponerse por esta operación á aumentar la temperatura. No hay que alimentar ni poner en marcha ó parar la máquina, ni levantar las válvulas de seguridad, hasta que se ha apagado el fuego, y la caldera se haya enfriado.

7.—Ampollas y rajaduras.—Estas pueden ocurrir en la mejor plancha de hierro. A la menor indicación de cualquiera de estos defectos, debe practicarse un detenido exámen y aplicar el correspondiente remedio sin pérdida de tiempo.

8.—Tapones fusibles.—Cuando se usan, deben tenerse perfectamente limpios y rascarse con frecuencia por ambas caras (la del lado de

agua y la del fuego), sino se corre el peligro de que no funcionen en el momento necesario.

MEDIDAS DE ECONOMIA.

9.—Conducción del fuego.—Cargar igualmente, con regularidad y poco á la vez. Los fuegos producidos por una capa de combustible de buen espesor, son los más económicos ; pero si el tiro es débil ó pequeño, es preciso dar á la capa menos espesor necesariamente. Hay que tener cuidado de que el emparrillado esté siempre cubierto y que no haya huecos en el fuego. No limpiar los fuegos más de lo puramente necesario. Con el carbon bituminoso, el mejor modo de alimentar es, echar el carbon en la parte de delante y empujarlo hácia el fondo cuando ha perdido los gases.

10.—Limpiezas.—Todas las superficies de calefacción deben mantenerse limpias, interior y exteriormente, de lo contrario resultará una pérdida considerable de combustible. La frecuencia de la limpieza depende de la clase de agua y combustible que se use, pero como regla general nunca debe dejarse formar una capa de incrustación ó hollin mayor de $1\frac{1}{2}$ "/_m ántes de limpiarla. Es menester quitar las tapas de las porta-manos de los extremos de los tubos, con frecuencia, y examinar las superficies de junta, particularmente en una caldera nueva, hasta tanto que la experiencia haya indicado los intervalos regulares y convenientes en que deben hacerse las limpiezas.

La caldera Babcock y Wilcox está provista de todo género de facilidades para la limpieza, y con un poco de cuidado, puede mantenerse completamente limpia y con el rendimiento máximo en circunstancias en que las calderas tubulares ó de locomotora estarian muy pronto fuera de uso. Para examinarlas y asegurarse de la limpieza en el interior de los tubos, basta quitar las tapas de ambos extremos de estos, colocar una luz en un extremo y mirando por el otro se vé perfectamente el estado de la superficie interior. Pasando el cepillo se quita todo el sedimento, ó si la incrustación es dura, se emplea una rasqueta especial hecha á propósito. Resulta este trabajo mucho más fácil si se hace circular una corriente de agua por el tubo durante la operación. Antes de volver á colocar las tapas, deben limpiarse bien las superficies de junta, sin rascarlas ni rayarlas, darlas un poco de aceite y atornillarlas bien. Se debe tambien visitar el depósito de fango y quitar el sedimento formado.

La parte exterior de los tubos puede conservarse limpia fácilmente, aplicando un chorro de vapor por medio de una manguera, valiéndose

de las puertas laterales de que estan á este efecto provistas las calderas. Cuando se usa carbon de mucho humo, lo mejor es pasar un cepillo de vez en cuando por los tubos, cuando la caldera no funciona.

En las calderas tubulares ordinarias, los gases pasan por el interior de los tubos y los residuos cubren bien pronto el tercio y aún la mitad de su sección. En las calderas con tubos de agua, estando estos convenientemente espaciados, no retienen sino una cantidad limitada de residuos, y á partir de esta, los demás son arrastrados de un modo que podemos llamar automático.

11.—Alimentación con agua caliente.—A ser posible, nunca debe alimentarse una caldera con agua fria, pero cuando hay necesidad de hacerlo, debe hacerse de manera que el agua fria se mezcle con la caliente antes de ponerse en contacto con el metal de la caldera.

12.—Espuma.—Cuando una caldera levanta espuma, se detiene la producción de esta generalmente, suprimiendo momentáneamente la toma de vapor. Si es producida por la suciedad del agua, el purgar la caldera y luego alimentar con agua limpia, constituye un remedio suficiente en la mayoría de los casos. En caso de una formación de espuma muy abundante y de una manera muy violenta, es preciso cortar el tiro y parar los fuegos.

Las calderas Babcock y Wilcox, no levantan nunca espuma con buenas aguas, á menos que el nivel del agua no esté demasiado alto. Si se encuentra que hacen espuma, hay que bajar el nivel del agua, que nunca debe estar más alto que el eje del depósito.

13.—Entradas de aire.—Debe cuidarse que no haya aberturas por las cuales pueda entrar aire á los fluses ó cañerías para el humo, sin pasar al través del hogar. El no hacerlo es frecuentemente una causa de mucha pérdida, contra la cual no se pone todo el cuidado debido.

14.—Extracciones (Purgas).—Si el agua de alimentación es túrbida ó salada, deben hacerse frecuentes extracciones parciales, según la calidad del agua. Vaciar la caldera todas las semanas ó cada quince días y llenarla de agua limpia. Cuando se usan válvulas de extracción en la superficie del agua, deben abrirse con frecuencia varios minutos cada vez. Hay que tener cuidado de que las válvulas no se derramen ó tengan escapes cuando estan cerradas. Las válvulas de extracción y de retención deben examinarse cada vez que se limpie la caldera.

Medidas de conservación y de duración.

15.—Fugas.—Cuando se descubre alguna fuga, debe repararse tan pronto como sea posible.

16.—Vaciado.—Nunca debe vaciarse la caldera mientras la albañilería esté caliente. Cuando el agua es calcárea ó impura, se hace la extracción en varias veces, con frecuencia, pero poco cada vez. Con ciertas aguas, los aparatos de extracción en la superficie son muy útiles.

17.—Llenado.—Nunca debe inyectarse agua fría en una caldera todavía caliente. El hacerlo es origen de la mayor parte de las fugas, y en las calderas cilíndricas, producen serias averías y á veces explosiones graves.

18.—Humedad.—Debe tenerse cuidado de que el agua no pueda ponerse en contacto con la superficie exterior de la caldera, porque su presencia tiende á corroer y debilitar el metal. Se debe desconfiar igualmente de toda humedad en los soportes y cubiertas calorífugas.

19.—Acción Galvánica.—Deben examinarse con frecuencia las partes de la caldera que están en contacto con cobre ó bronce en presencia del agua, para asegurarse que no hay síntomas de corrosión. Si el agua contiene sal ó ácidos, un poco de zinc metálico colocado en la caldera, impide la corrosión, pero es menester tener cuidado y cambiarlo de tiempo en tiempo.

20.—Fuego rápido.—En las calderas construidas con planchas muy gruesas ó cuando tienen costuras expuestas á la acción del fuego, debe hacerse el vapor lentamente, y evitar un fuego rápido ó violento. Con tubos de agua delgados y una circulación activa de la misma, no hay que temer peligro por esta causa.

21.—Parada.—Si una caldera ha de estar cierto tiempo sin funcionar, debe vaciarse y secarse perfectamente. Si esto no es posible, llénese con agua que contenga una cierta cantidad de sosa común. Debe darse una mano de pintura (con aceite de linaza) á todas las partes expuestas á la humedad.

22.—Limpieza General.—Todo lo que haya alrededor de una caldera, debe tenerse en buen estado de limpieza y con orden. La negligencia es causa de pérdidas y deterioros.

PRUEBA DE LAS CALDERAS. (*)

El objeto de probar una caldera, es, determinar la cantidad y calidad (sequedad) del vapor que puede producir continua y regularmente, bajo condiciones determinadas; el carbon necesario para producir aquella cantidad de vapor y algunas veces otros puntos accesorios. Con objeto de alcanzar resultados ciertos, es

(*) Se encontrará este asunto tratado con mucha amplitud en la Relación de una Comisión de la Sociedad Americana de Ingenieros-Mecánicos, y en la discusión que la sigue. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers.* Vol. VI., pp. 256-351.

necesario obrar con mucho cuidado y exactitud, y emplear los aparatos más perfeccionados; lo contrario hace que dichos experimentos sean de ningún valor, y aún quizá causa de deducciones falsas. Esto se manifiesta más, cuando se trata de determinar la sequedad del vapor por medio de un calorímetro de tambor, como en la Exposición del Centenario, celebrado en Filadelfia en 1876, en donde un error de 113 gramos en una ú otra de las dos pesadas que se hicieron de una masa de 181 kilogramos, producía una diferencia de 3% en el resultado final.

Los puntos principales que se deben observar y anotar en una prueba de caldera, son los siguientes:

1.—El tipo y dimensiones de la caldera, el área de la superficie de calefacción, volumen de vapor y agua, área de la superficie del agua y área de tiro en el paso de los tubos ó entre los tubos, y todo á lo largo del conducto.

2.—Clase y dimensiones del hogar; área del emparrillado y proporción de los espacios de aire del mismo y el macizo, altura y demás dimensiones de la chimenea, longitud y área de los humeros.

3.—Naturaleza y calidad del combustible y cantidad de ceniza y agua que encierra. Este último punto es muy importante, más de lo que generalmente se cree, puesto que no solo el agua añade peso al combustible, sin aumentar su valor, sino que el calor absorbido por la evaporación de este agua, que pasa á la chimenea en estado de vapor altamente recalentado, aumenta la cifra de las pérdidas que escapan á la observación.

4.—Las temperaturas del aire exterior de la cámara de fuego, de los gases que pasan directamente á la chimenea, del combustible, del agua y del vapor.

5.—La presión del vapor, la del barómetro y la depresión en la chimenea.

6.—El peso del agua de alimentación, del combustible y de las cenizas. (Los contadores de agua no son lo bastante exactos para medir con seguridad el agua de alimentación.)

7.—La hora de empezar y de concluir la prueba, cuidando de que las condiciones observadas al principio, no varíen hasta la conclusión de la experiencia.

8.—La calidad del vapor, que puede ser "húmedo," "seco" ó "recalentado."

De estos datos pueden deducirse, en cifras, los resultados que determinan la potencia y el valor económico de la caldera, y la suficiencia ó insuficiencia de sus condiciones, para asegurar los mejores resultados.

El peso del agua evaporada por kilogramo de combustible, es universalmente admitido como el dato que mide mejor el vapor de una caldera ; pero para poder comparar una caldera con otra, ambas deben probarse con una misma clase de carbon, alimentarse con agua á la misma temperatura y producir el vapor á igual presión. Como esto es impracticable, en las pruebas se ha adoptado una unidad á la cual se deben referir todos los ensayos para su comparación. Esta unidad, llámese como se quiera, representa un número determinado de calorías. En inglés se llama, libra de agua evaporada, el número de unidades termales necesario para evaporar una libra de agua á la temperatura de saturación

212° F. bajo la presión media de la atmósfera. La unidad análoga en medidas métricas, representaria 536,5 calorías y se llamaría kilogramo de agua evaporada, representando el calor necesario para evaporar bajo la presión de una atmósfera un kilogramo de agua ya elevada su temperatura á 100°. Cuando en una prueba se han determinado el número de calorías suministradas al agua de la caldera para calentarla y evaporarla, relacionado al kilogramo de combustible quemado, si se divide este número por 536,5, el cociente representará el rendimiento de la caldera expresado, como se hace por los ingleses, en kilogramos de agua evaporada por kilogramo de combustible.





ENGINEERING OFFICE OF CHAS. E. EMERY,
Nº 7 WARREN STREET, NEW YORK.

el 21 de Marzo 1879.

SRES. BABCOCK Y WILCOX,
Nº 30 CORTLANDT STREET, NEW YORK.

SEÑORES:

En los días 4 y 5 de Febrero 1879, procedí á ensayar las calderas Babcock y Wilcox y las máquinas Corliss, en la fábrica de lanas de Raritan (New Jersey).

En la siguiente relación constan los resultados de las pruebas.

Las calderas sometidas al ensayo, eran dos del tipo seccional de tubos de agua, construidas por Vds. y conocidas por su nombre. Representaban, en junto, una fuerza total de 360 caballos, una superficie de calefacción total de 379 metros cuadrados y una superficie de emparrillado de 9^m,57. Ambas calderas estan montadas, una al lado de la otra, y reunidas entre sí de manera que pueden funcionar juntas ó separadamente, y en las mismas condiciones conjuntamente con otras calderas del tipo Lancashire, de las cuales se habian quitado tres, para colocar en su lugar las vuestras. Las tuberías de todas las calderas, comunicaban con una sola chimenea, despues de haber pasado por un economizador Green. Una gran parte del vapor producido se empleaba para la calefacción y en la fábrica de tinte. Otra parte del mismo se empleaba en alimentar dos pares de

máquinas, de igual fuerza, una del sistema Wright, montada hace muchos años, y la otra del sistema Corliss, montada hace menos de un año, las cuales ponian en movimiento los mecanismos de la fábrica. Cada cilindro de dichas máquinas tiene 0^m,508 de diámetro y 1^m,219 de carrera. Las máquinas estan provistas de condensadores sistema Bulkley. En el trabajo ordinario de la fábrica, eran las calderas de Vds. las que se empleaban para dar vapor á los dos pares de máquinas.

Con arreglo al contrato de Vds., sus calderas debian suministrar suficiente vapor para desarrollar la fuerza estimada (360 caballos) en una máquina Corliss: y con una evaporación que no seria menor de 9 kilog. de agua por kilogramo de carbon gastado, tomándose el agua á la temperatura de 82°,2 C., y carbon que no tuviera más del 12 % de cenizas. En una prueba preliminar se traspasó á las máquinas Corliss parte del trabajo que hacian las del sistema Wright, pero pronto se vió que las primeras no necesitaban todo el vapor que las calderas de Vds. podian producir económicamente; asi, pues, se hicieron dos pruebas, una de 4 horas y 10 minutos de duración, empleando las calderas de Vds. con tiro reducido, para dar vapor á las máquinas Corliss únicamente, y tomando las observaciones necesarias para determinar el rendimiento de las máquinas; la segunda, de 12 horas de duración, en las cuales las calderas funcionaban al máximo de su producción, con tiempo cubierto, sin forzar los fuegos, una parte del vapor se empleó en alimentar las máquinas Corliss y el restante se descargaba en la tubería de las otras calderas que trabajaban á mucha menor presión.

Prueba de las calderas.

La prueba empezó á las 6^h y 1' de la mañana, y terminó á las 6^h y 38' de la tarde. Al empezar se hizo vapor avivando los fuegos que habían quedado cubiertos desde el día anterior. Cuando la presión alcanzó 80 libras (5^k,625 por centímetro cuadrado), se retiraron los fuegos, se sacaron todos los residuos y se volvió á encender con leña, el valor calorífico de la cual ha sido estimado en los cálculos, como cuatro décimas del de el mismo peso de carbon. Se mantuvo el fuego con hulla durante todo el día, finalmente se le retiró y dejó enfriar; el contenido de la parrilla se le dividió en dos porciones, la parte combustible se dedujo de la cantidad de carbon, que pesado previamente, se había echado al hogar, y las cenizas se pesaron aparte. La prueba se dió por concluida, cuando la presión volvió otra vez á 80 libras (5^k,625), como al principio, y el nivel de agua en los tubos indicadores, á la misma altura que al empezar la prueba.

Durante la prueba, todo el carbon consumido se pesó en una carretilla de hierro, equilibrada cuidadosamente cuando estaba vacía por medio de un peso fijo, de manera que cada pesada diese exactamente 200 libras de carbon (90^k,719) neto. Toda el agua evaporada, se midió en un depósito provisto de un pesado flotador que por medio de una cadena, comunicaba con un índice que marcaba el nivel del agua, sobre una escala exterior con divisiones decimales. El depósito llenado entre los límites designados para la prueba, ha sido aforado, pesando el agua que se retiraba para vaciarlo, y el aforo dió por resultado 5,172 libras de agua (2,346 kil.).

Se tomó buena nota del carbon y agua gastados, de las presiones y de las diversas temperaturas; la calidad del vapor se observó frecuentemente por medio de un calorímetro. Los propietarios de la fábrica tomaron la sábia precaución de colocar varias personas de su confianza en cada punto para que tomasen notas, cada uno por su cuenta é independientemente de mis ayudantes; resultando un acuerdo completo entre todas las observaciones. El carbon empleado fué carbon de estufa limpio, de la región de Lackawanna. Este carbon había estado al aire libre durante todo el invierno y las primeras capas que se quitaron del montón estaban húmedas, pero se había tenido el cuidado de poner á un lado y bajo cubierto, algunos días antes, una cantidad suficiente para la prueba, de modo que el carbon empleado era brillante y parecía seco. Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

(Como la prueba tuvo lugar en los Estados Unidos, los pesos se determinaron en libras

inglesas, las temperaturas en grados Fahrenheit, las presiones en libras por pulgada cuadrada; tales son las cifras que se encuentran en la primera columna; en la segunda son los mismos resultados traducidos en medidas métricas, los pesos en kilogramos, las temperaturas en grados centígrados y las presiones en kilogramos por centímetro cuadrado).

	MEDIDAS inglesas.	MEDIDAS métricas.
Presión media del vapor	71 ^l ,63	5 ^k ,037
Temperatura media en la cámara de calderas	44° F.	6°,67
Temperatura media del agua de alimentación en el depósito aforado	90°,47	32°,48
Temperatura media del agua al entrar en la caldera despues de haber pasado por el economizador	110°,59	43°,66
Temperatura media de los gases en el flus de reunión de la Caldera N° 1, tomado por medio de un pirómetro (Esta observación está evidentemente equivocada)	381°,87	194°,37
Temperatura media de los gases en la chimenea despues de pasar por el economizador	453°,23	234°,02
Leña empleada en encender los fuegos, 730 ^l (331 ^k ,128) equivalente á 730x0,4 de hulla	292	132 ^k ,451
Carbon echado en el hogar durante la prueba	19827	8993 ^k ,527
Total	20119 libr.	9125 ^k ,978
Combustible retirado de los fuegos al acabar la prueba (á deducir)	820 ^l	371 ^k ,952
Total de carbon consumido, comprendido el equivalente de leña	19299 libr.	8754 ^k ,026
Residuos del carbon quitados durante la prueba	749 ^l	339 ^k ,746
Residuos retirados al terminar la prueba	2134 ^l	967 ^k ,982
Total de residuos	2883 libr.	1307 ^k ,728
Tanto por ciento actual de residuos (2883÷19299, X 100)	14,94%	14,94%
Combustible consumido (19299÷2883)	16,416 libr.	7446 ^k ,293
Carbon con el 12 p%, de residuo (segun lo convenido) comparativamente al efectivamente consumido [16,416÷(100-12)=]	18654 ^l ,5	8461 ^k ,702
Peso total del agua realmente evaporada bajo la presión de 71 libr. 63 (5 ^k ,037) á partir de la temperatura de 110° 59	161573 ^l ,28	73289 ^k ,640
Peso de agua equivalente en las condiciones convenidas, el agua tomada á 180° F. (82°,23 C.) y evaporada bajo una presión de 70 libras (4 ^k ,923)	172592 ^l ,58	78287 ^k ,994
Peso de agua evaporada por kilog. de carbon supuesto con 12 p% de residuos, bajo la presión de 70 libras (4 ^k ,923) y á partir de la temperatura de 180° F. (82°,23 C.)	9 lib. 252	9 ^k ,252
Evaporación equivalente por kilog. bajo la presión atmosférica y á la temperatura de 212° F. (100 C.)	11 lib. 221	11 ^k ,221

Pruebas con el Calorímetro.

El calorímetro consistia en una simple cubeta colocada sobre la plataforma de una báscula,

cuyo brazo estaba graduado en medias libras (226^m,8) solamente, pero aplicándole un peso movable, del décimo del otro, cuidando de nivelar la plataforma, y al pesar, colocar los índices perfectamente en sus puntos de referencia, era posible de hacer lecturas de un décimo y aún de un vigésimo de libra (45 gramos á 22½ gramos). Un termómetro graduado á un cuarto de grado Fahr, y que permitió leer hasta un octavo de grado (0°,22 C.) estaba colocado en posición inclinada sobre un lado del barril. En el barril ó cubeta habia un pequeño agitador de hierro montado sobre un árbol vertical. Durante la operación el barril estaba casi lleno de agua fría, que se calentaba por la condensación del vapor; el aumento de peso daba á conocer el peso del vapor tomado de la caldera, y el aumento de temperatura la cantidad de calor del vapor. El vapor se sacaba de la caldera cerca de la toma de vapor, por medio de un tubo que tenia 2 pulgadas de diámetro en el interior de la caldera y que, al exterior, se reducía á ¾ de pulgada (19 ^m/_m) y á cuyo extremo se agregaba un apéndice de 5/16 de pulgada (8 ^m/_m), exactamente como se recomendó en la relación anterior sobre este punto(*). En el extremo del tubo del vapor se habia unido un pequeño trozo de tubo de goma, con el intermedio de una válvula; el tubo estaba cuidadosamente cubierto de fieltro y se calentaba antes de cada experiencia haciendo circular por el vapor cuando aún no se habia introducido en el calorímetro. El extremo del tubo de goma estaba agujereado en todos sentidos á fin de evitar la vibración debida á la condensación.

Se hicieron durante el día diez y siete experimentos; uno de los cuales no se tomó en cuenta, pues se vió que el termómetro habia marcado una temperatura demasiado elevada á causa de haber acercado mucho el tubo de

goma al instrumento. Los resultados fueron deducidos de los pormenores establecidos por los diez y seis ensayos restantes y partiendo de las siguientes bases: Sean

P_o = peso del agua fría en el calorímetro al principio de la operación.

P = peso del agua añadida por el vapor que llega durante la operación.

q = calor del kilóg. de agua á la temperatura correspondiente á la presión observada en el vapor.

λ = calor total del kilógramo de vapor á la presión observada.

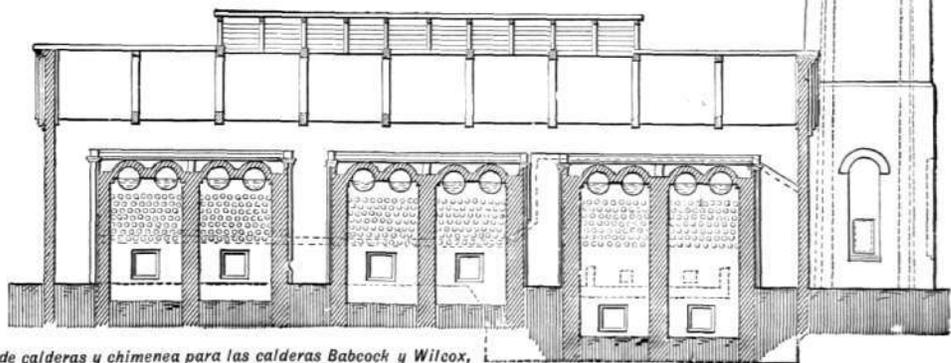
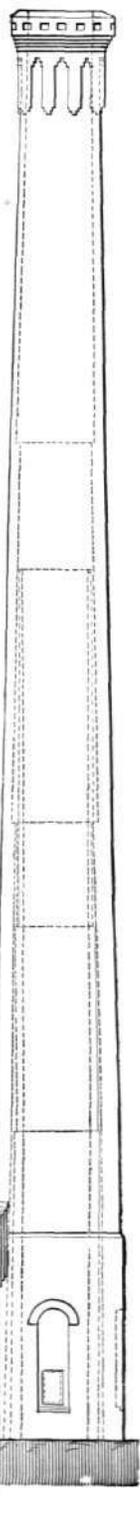
r = calor latente del kilóg. de vapor á la presión observada; $r = \lambda - q$.

q_i = calor total del kilóg. de agua correspondiente á la temperatura á que empieza la condensación del agua en el calorímetro.

q_f = calor del kilógramo de agua correspondiente á la temperatura final del agua en el calorímetro.

x , la proporción que se busca del vapor, es decir, el peso de vapor que realmente existe en un kilógramo de la mezcla; de manera que en un kilógramo de la mezcla que vá al calorímetro, hay una fracción de x kilógramos de vapor, y otra $(1-x)$ kilógrs. de agua.

Determinadas todas las cantidades anteriores por las observaciones hechas en la experiencia y por las tablas, se deduce el valor de x de la ecuación que expresa la hipótesis de que el calorímetro no ha irradiado al exterior calor



Camara de calderas y chimenea para las calderas Babcock y Wilcox, en la fábrica de hilados de lana de la Somerset Manufacturing Co., Raritan, Nueva Jersey, 1155 m. c. de superficie de calefacción.

ninguno durante el experimento y que por consiguiente la suma de las cantidades de calor aportadas al calorímetro por el agua fría $P_0 q_i$ y por la mezcla de agua y vapor calientes $P x \lambda + P (1-x) q$, es igual á la cantidad de calor que se encuentra después de la condensación en los $(P_0 + P)$ kilógs. de agua recalentada en el calorímetro al final de la experiencia, ó sea $(P_0 + P) q_f$.

La ecuación será pues
 $P_0 q_i + P x \lambda + P (1-x) q = (P_0 + P) q_f$,
 de la cual se deduce

$$x = \frac{1}{\lambda - q} \left[\frac{P_0}{P} (q_f - q_i) - (q - q_f) \right].$$

Tal es la proporción del vapor representando $(1-x)$ el tanto por ciento de humedad en el vapor.

Si x es mayor que la unidad, indica que el vapor está recalentado y el número de los grados en que lo está se deduce de la ecuación

$P_0 q_i + P \lambda + 0,485 (t' - t) P = (P_0 + P) q_f$,
 y se expresa por

$$t' - t = 2,062 \left[\frac{P_0}{P} (q_f - q_i) - \lambda \right].$$

En el presente caso, $x = 0,98955$, es decir, que el vapor encierra 1,045 % de agua.

y sin embargo es falta grave desde el punto de vista de la economía.

PRUEBAS DE LAS MÁQUINAS.

La prueba preliminar de las máquinas dió los siguientes resultados :

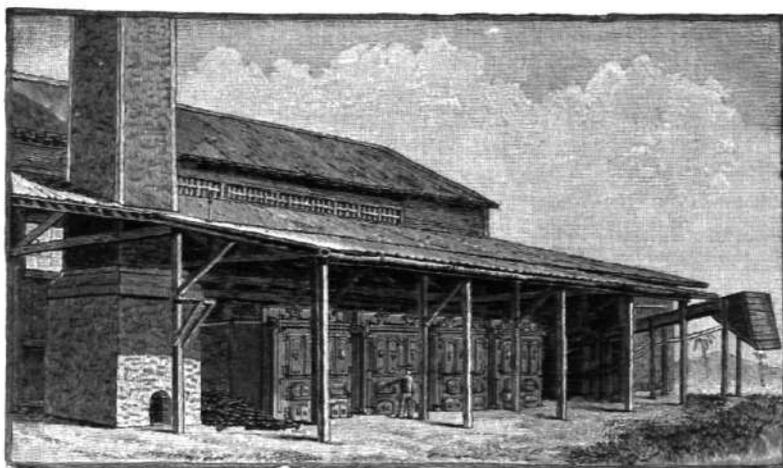
	MEDIDAS inglesas.	MEDIDAS métricas.
Duración de la prueba	4 h, 6 m	4 h, 6 m
Presión por término medio del vapor en las calderas	93 ^l ,94	6 ^k ,606
Vacio por término medio en el condensador	21, pulgadas 5	0 ^m ,5461
Revoluciones de la máquina por minuto (término medio)	64,492	64,492
Agua evaporada por hora	8830 ^l ,244	4005 ^k ,397
Término medio de la presión inicial en los cilindros	84 ^l ,1425	5 ^k ,937
Presión media efectiva en los cilindros	30 ^l ,1275	2 ^k ,119
Grado medio de admisión	0,129	0,129
DE LA CARRERA.		
Término medio de los caballos de fuerza indicados (por ambas máquinas)	292,618	296,674
Máximum de trabajo indicado en una série completa de diagramas (caballos)	315,580	319,970
Agua por caballo de fuerza indicada y por hora	30 ^l ,177	12 ^k ,518

El tubo de toma del vapor tenía 131 pies (39^m,927) de largo y existían otras condiciones poco favorables para que la producción de la

fuerza en las máquinas fuese económica. En efecto, hay la creencia general de que esta clase de máquinas pueden desarrollar un caballo de fuerza con los dos tercios de la cantidad de vapor gastado en este caso.

La duración de la prueba de las calderas fué de 12 horas 37 minutos, de los cuales se perdieron forzosamente 13 minutos en poner en marcha y encender los fuegos. Por consiguiente,

el agua fué evaporada en 12 horas 24 minutos ó sea á razón de 13919 libras (6313^k,658) por hora, con agua de alimentación á 180° F. (82°,23 C.). Ahora bien, admitido que una buena máquina, funcionando en buenas condiciones, no exige más que 30 libras (13^k,61) de agua por caballo de fuerza (el caballo de 75 kilográmetros siendo algo ménos poderoso exigiría solamente 13^k,422 de agua), las calderas de Vds., aunque han funcionado á una marcha moderada, han desarrollado, en las condiciones convenidas, $13919 \div 30 = 464$ caballos (470^{cab},44 de 75 km.)



Calderas Babcock y Wilcox en el Ingenio. Central Isabel, Manzanillo, Cuba; 1070 m. c. de superficie de calefacción.

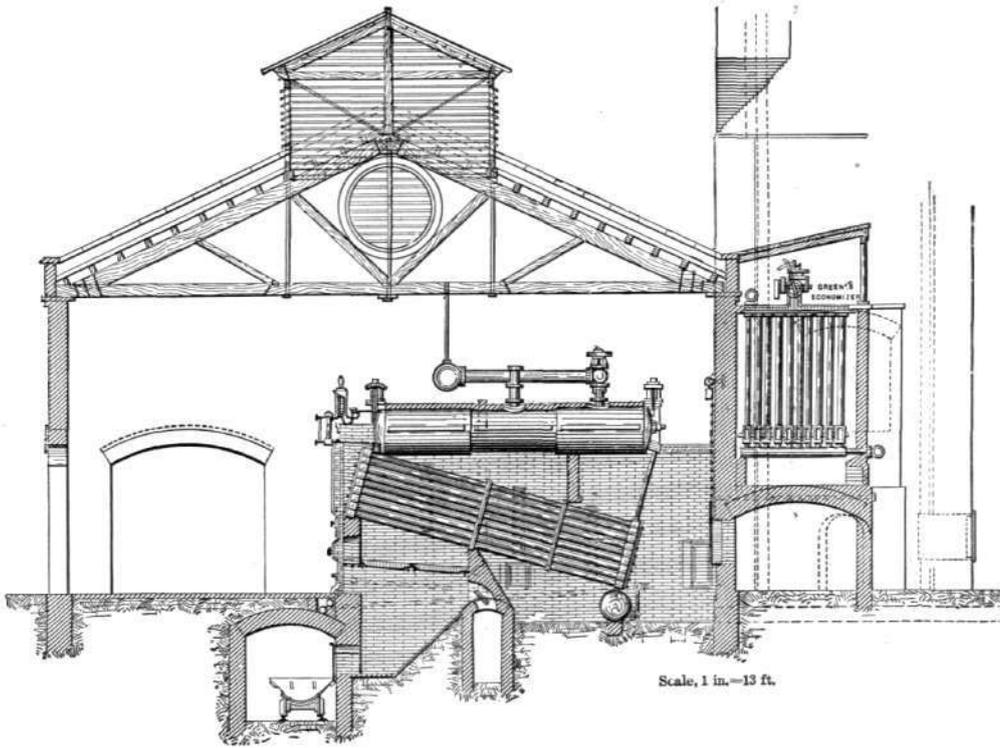
Este es *prácticamente vapor seco* y de una sequedad igual, por lo menos, á la del vapor suministrado por calderas de cualquier otro tipo, no provistas de recalentadores. Los experimentos prueban de una manera muy satisfactoria que Vds. han sabido vencer una dificultad con la cual se tropieza en la construcción de calderas compuestas de secciones de pequeña capacidad con el fin de evitar explosiones peligrosas. En general se presta muy poca atención á la falta que tiene la mayoría de calderas ordinarias y que consiste en no producir vapor bastante seco,

ó sean 104 caballos (105^{cab.}, 443 de 75 km.) más que la fuerza garantizada.

El carbon necesario por caballo de fuerza y por hora, depende evidentemente en todos los casos, de la marcha económica de la máquina y caldera. Con una evaporación de 9,252 libras de agua por libra de carbon y 30 libras de agua por caballo en la máquina, hacian falta 3,24 libras (1⁴,470) de carbon por caballo y por hora. En la práctica corriente, sin embargo, rara vez se obtiene tan buen resultado en el trabajo de una caldera; pues de ordinario la economía de combustible resulta de la combinación de una máquina excelente con una caldera mediana. Por ejemplo, en las pruebas oficiales de una de las instalaciones más notables de elevación de

lente de las calderas de Vds. á la misma temperatura con carbon antracita en "prismas," combustible muy inferior al carbon de Cumberland, sobre la base de la prueba arriba mencionada, es de 8,547 libras de agua por libra de carbon; de manera que, si las calderas de Vds. estuviesen empleadas en conexión con aquella máquina elevatoria, solamente seria necesario 1,64 libras (0⁴,743) del carbon inferior por caballo y por hora.

La economía con que trabajan las calderas de Vds. puede todavia aumentarse, moderando la marcha de las mismas. Cuanto más carbon se quema por pié ó metro cuadrado de superficie de calefacción en un tiempo dado, mayor es el calor que se pierde por la chimenea, así pues, entre



Calderas y Economizadores Babcock y Wilcox con cañón de fuelle y galería para la extracción de cenizas en la Refinería de Aceites de los Señores Lombard, Ayres y C^{ia}. Bayona, Nueva Jersey, 15 pedidos sucesivos, en total 2403 m. c. de superficie de calefacción.

agua de los Estados Unidos, las calderas que habian sido estudiadas especialmente para asegurar una marcha económica, no evaporaron más que 8,31 libras de agua por libra de carbon de Cumberland, bajo la presión de 89,4 libras (6⁴,287), estando el agua de alimentación á la temperatura de 100° F. (37^o,78 C.); la máquina, por el contrario, era tan económica, que el gasto no fué más que 1,69 libras (0⁴,766) de carbon por caballo y por hora. La evaporación equiva-

ciertos límites y con la debida proporción, la economía aumenta á medida que la evaporación disminuye, aun cuando menos rápidamente que esta. Sin embargo, para obtener tan completamente como fuera posible tal resultado, seria necesario probablemente que la caldera estuviera proporcionada de manera que no desarrollase un máximum de 464 caballos, ó más, como ocurre en su disposición actual.

De Vds. affmo, S. S. CHAS. E. EMERY.

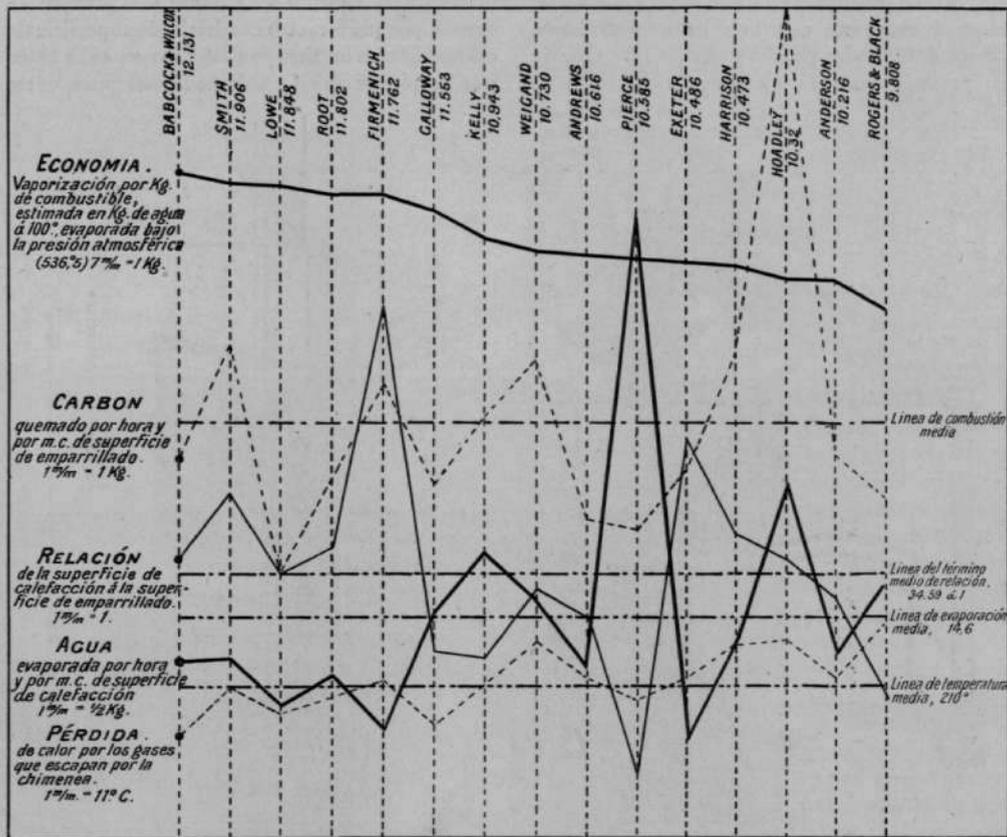
PRUEBAS DE CALDERAS EN LA EXPOSICION UNIVERSAL DE FILADELFIA, 1876.

En la Exposición del Centenario de los Estados Unidos, que tuvo lugar en Filadelfia en 1876, se hicieron pruebas comparativas, muy precisas de todas las calderas expuestas, con excepción de la de Corliss, que no tomó parte en el concurso. Los resultados de estas pruebas, se hallan condensados en el siguiente diagrama, el cual representa gráficamente. El rendimiento en agua vaporizada. La combustión por metro

de efecto útil de cada caldera en cada caso. Todas las líneas tienen su altura en milímetros, sobre una base común.

Refiriéndose á las líneas de términos medios, se vé que las dos calderas colocadas á los extremos, como económicas en combustible, son las que más se aproximan á los términos medios de las demás condiciones. La diferencia de los resultados no puede en consecuencia ser atribuida más que á la diferencia en la construcción de las calderas, que hace que la

LÍNEA DE RENDIMIENTO TEÓRICO, 15 KIL. DE VAPOR POR KIL. DE CARBON.



LÍNEA DE BASE PARA TODAS LAS ESCALAS

cuadrado de emparrillado, por hora. La relación entre las superficies de calefacción y emparrillado. El agua evaporada por metro cuadrado de superficie de calefacción. La pérdida de calor por los gases que van á la chimenea. La altura del diagrama es de 105 m/m y representa el valor teórico ó capacidad calorífica del combustible usado en los experimentos. En la línea de "economía" las calderas estan colocadas en orden de su relativa economía, segun se vé en la tabla. La distancia de esta línea á la base, con relación á la altura total, dá el tanto por ciento

superficie de calefacción sea más eficaz. El hecho de que el resultado más económico se obtuvo por una caldera de condiciones medianas bajo los demás aspectos, es significativo.

En su relación los jueces se expresaron así: "Las recompensas del Jurado no se han basado sobre los ensayos; en efecto, estos últimos no se empezaron sino despues que las recompensas habian sido ya acordadas á los expositores por otro comité del mismo grupo. Esta memoria se limita á relatar los hechos que han sido comprobados en las experiencias,



“ sin expresar ninguna opinión sobre la impor-
 “ tantísima cuestión del mérito de las calderas,
 “ sino particularmente sobre la confianza que
 “ debe concederse á los arreglos, á las disposi-
 “ ciones, á los diferentes detalles mecánicos
 “ adoptados por los distintos expositores. Desde
 “ este punto de vista hay muchas cuestiones que
 “ solo pueden ser por completo determinadas por
 “ la práctica y un uso prolongado en condiciones
 “ diversas de funcionamiento en lo relativo á la
 “ clase y calidad del carbon y agua empleados.”

En este concepto, es interesante hacer conocer el hecho de que hoy solo figuran en el mercado tres calderas de las quince probadas en la Exposición, y de estas tres, la de Babcock y Wilcox, que dió entonces los mejores resultados, es la única que se vende en cantidad considerable en la América del Norte.

1ª Doble prueba verificada en la fábrica de la “Arlington Mills Mfg. Co.” por Geo. H. Barrus, M.E.

1º El 9 de Mayo 1883, de cuatro calderas Babcock y Wilcox.

Carbon antracita de la región de Shamokin, Pensilvania.	
Duración de las pruebas en horas	11.
Presión media en kilógs. por $\frac{1}{2}$ m ²	7.5
Temperatura media del agua de alimentación	63 ^o
Agua evaporada kgs.	81460.7
Carbon consumido	8226.5
Ceniza %	17.4
Carbon neto kgs.	7123.9
Superficie de emparrillado m.c.	13.16
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	56.80
Agua evaporada en kilogramos :	
por m.c. de superf. de calefac. y por hora	14.18
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba	8.49
“ “ “ neto	10.28
“ “ “ á 100 ^o y bajo la presión atmosférica	9.13
“ “ “ neto y bajo la presión atmosférica	11.44
Fuerza normal en caballos	488.
Fuerza desarrollada	526.
En más de la fuerza normal %	7.7

2ª El 10 de Mayo 1883, se probaron solamente tres de estas calderas para una producción de vapor más ó menos equivalente.

Carbon, como en la primera prueba.	
Duración de la prueba en horas	11.
Presión media en kgs. por $\frac{1}{2}$ m ²	7.5
Temperatura media del agua de alimentación	69 ^o
Agua evaporada kgs.	77687.2
Carbon consumido	8322.
Ceniza %	15.8
Carbon neto kgs.	7078.
Superficie de emparrillado m.c.	98.70
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	76.70
Agua evaporada en kilogramos :	
por m. c. de superf. de calefac. y por hora	19.84
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba	8.48
“ “ “ neto	10.07
“ “ “ á 100 ^o y bajo la presión atmosférica	9.01
“ “ “ neto y bajo la presión atmosférica	11.08
Fuerza normal en caballos	366.
Fuerza desarrollada	502.10
En más de la fuerza normal %	37.1

Prueba hecha en la Estación central del alumbrado eléctrico de la “The London Electric

Supply Corporation”, Grosvenor Gallery, de Londres, el 4 de Mayo de 1887, con dos calderas Babcock y Wilcox por James H. Rosenthal de la compañía Babcock y Wilcox y C. P. Sparks en representación de S. J. de Ferranti ingeniero consultor de la L. E. S. C. Ltd.

Carbon, el mejor carbon de Nixon que se emplea en la navegación por vapor.

Duración de la prueba en horas	8.
Presión media en kgs. por $\frac{1}{2}$ m ²	8.
Temperatura media del agua de alimentación	94 ^o
Carbon quemado kgs.	2638.3
Cenizas %	101.5
Carbon puro	2536.8
Cenizas %	3.9
Agua evaporada kgs.	21710.0
Agua evaporada en kilogramos :	
por m. c. de superf. de calefac. y por hora	15.5
por kg. de carb. en las cond. de la exp.	12.
por “ “ “ puro “ “ “	12.5
Temp. media de los gases que van á la chimenea	222 ^o

N.B.—*La instalación de Grosvenor Gallery se compone de cuatro calderas que forman un conjunto de 656 caballos y representa un ensayo. Desde el mes de Diciembre de 1886 que fué la época en que se montaron las calderas, estas no han cesado de funcionar, produciendo durante la mayor parte del tiempo, una cantidad de vapor, doble de la que se habia indicado. En vista de resultados tales, la misma compañía ha hecho á la Casa Babcock y Wilcox, en el año 1888, dos nuevos pedidos que representan un total de 6000 caballos á tenor de la designación adoptada para medida de las calderas, pero que en realidad su marcha normal producirian una fuerza de máquina de 10000 caballos indicados.*

Prueba verificada en la fábrica de los Sres. Hepburn & Co., Grant Mills, Ramsbottom, Inglaterra, el 24 de Julio 1884, por los Sres. Hepburn & Co. La caldera Babcock y Wilcox provista de su hogar “regenerador” privilegiado, era alimentada por una mezcla, en partes iguales, de carbon menudo, de fr. 5.90 y de fr. 6.55 la tonelada. El coste de evaporación por 1000 kilógs. de agua, á la presión de 5 kilógs., se redujo en estas condiciones á 62 céntimos.

Duración de la prueba en horas	8.
Presión media en kilógs. por $\frac{1}{2}$ m ²	8.5
Temperatura media del agua de alimentación	98 ^o
Carbon consumido kgs.	2638.3
Desperdicios y cenizas %	285.4
Carbon neto	2352.9
Ceniza %	11.
Carbon quemado por m.c. de superficie de emparrillado y por hora kgs.	118.14
Agua evaporada á la temperatura de alimentación	25050.9
Agua evaporada en kilogramos :	
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba	9.497
“ “ “ neto	9.806
“ “ “ á 100 ^o y bajo la presión atmosférica	10.627
“ “ “ neto y bajo la presión atmosférica	10.998
Fuerza normal en caballos	136.
Fuerza desarrollada	232.2
En más de la fuerza normal %	70.7

Prueba comparativa efectuada en la "Oliver Wire Works," Pittsburgh, Pensilvania, en Mayo 1883, por Wm. Kent, M.E., entre dos calderas Babcock y Wilcox de 445 metros² de superficie de caldeo y 8 calderas de doble hogar interior, de las cuales, 6 tenían 8^m,50 de longitud y 1^m,10 de diámetro, y las otras dos 8^m,10 de longitud y 1^m,02 de diámetro, con humeros de 350 ^m/_m de diámetro, superficie total del emparrillado 15^m²,33.

CALDERAS-	B. y W.	retorno de llama.
Duración del ensayo . . .	Marzo 12 á 17	Marzo 19 á 21
Carbon bituminoso en terrones y de estufa . . .	114.	40.75
Duración de la prueba en horas	6.5	6.5
Presión media en kgs. por c ^m ² .		
Temperatura media del agua de alimentación . . . grados	3.	82.
Agua evaporada . . . kgs.	685281.7	398991.5
Carbon consumido . . . %	86173.3	66893.6
Cenizas . . . %	11.	11.
Carbon neto . . . kgs.	76694.3	60535.5
Superficie de emparrillado m.c.	6.42	15.33
Carbon consumido por m.c. de superficie de emparrillado y por hora . . . kgs.	117.70	107.08
Agua evaporada en kilogramos : por kg. de carbon en las condiciones de la prueba . . .	7.952	5.964
" de carbon neto en las condiciones de la prueba . . .	8.826	6.70
" de carbon á 100° y bajo la presión atmosférica.	9.709	6.334
" de carbon neto y bajo la presión atmosférica . . .	10.909	7.115
Fuerza normal en caballos . . .	416.	no dada
Fuerza desarrollada, agua á 100° y bajo la presión de 5 kgs. por c ^m ²	522.84	741.36
Exceso de la potencia normal %	25.68	

Economía de combustible en favor de las calderas

BABCOCK Y WILCOX :

$$9.709 - 6.334 = 3.375 \text{ y } \frac{3.375}{9.709} = 34.76 \%$$

Prueba verificada en la recepción de una batería de dos calderas de 2ª categoría, en la estación eléctrica de Marsella.

Experiencias hechas el 27 de Junio de 1888, bajo la vigilancia de los Sres. Dubiau, ingeniero Director de la Asociación de propietarios de aparatos de vapor del Sudeste, y Leon Pignet, ingeniero constructor de Lyon.

Carbon de Cardiff.	
Duración de la prueba en una de las calderas, en horas . . .	5.
Presión media en kilógs. por c ^m ² . . .	7.
Temperatura media del agua de alimentación . . .	38°
Carbon quemado . . . kgs.	1000.
Cenizas y escorias . . . %	50.
Carbon puro . . . %	950.
Cenizas . . . %	5.
Cantidad de humedad contenida en la hulla . . .	5.
Agua vaporizada . . . kgs.	9194.
Agua vaporizada en kilogramos : por m.c. de superficie de calefacción y por hora . . .	15.70
por kg. de carbon en las condiciones de la experiencia . . .	9.200
por kg. de carbon neto ó puro . . .	9.670
Agua arrastrada, aforada en el calorímetro . . . %	2.25
Potencia de las dos calderas en caballos . . .	216.

Pruebas verificadas en las "Genesee Mills," San Francisco, California, por A. Worthington, con carbones de diversas procedencias : Wellington, Colombia Inglesa ; Cardiff, pais de Gales ; South Praire, territorio de Washington. Estas pruebas se efectuaron principalmente con el objeto de determinar los valores relativos de estos carbones é incidentalmente la economía de la caldera. En el hogar se hizo una bóveda de fábrica que cubria cerca de la mitad de la longitud del emparrillado, y la producción de humo era muy poca ó casi nada.

Fechas.	1883	Febrero 20.	Febrero 27.	Febrero 28.
Duración de la prueba . . .	6h. 17m.	7h. 23m.	6h. 35m.	
Presión media en kilógs. por c ^m ² . . .	8.	8.	8.	
Temperatura media del agua de alimentación . . . grados	15.	16.	16.	
Agua evaporada . . . kgs.	12833.	14646.3	13746.3	
Carbon consumido . . . %	1701.	1826.5	1838.7	
Cenizas . . . %	13.78	19.07	13.94	
Carbon neto . . . kgs.	1429.9	1478.1	1582.3	
Superficie del emparrillado m.c.	1.98	1.98	1.98	
Carbon consumido por m.c. de superficie de emparrillado y por hora . . . kgs.	140.8	129.2	149.6	
Agua evaporada en kilógramos : por kg. de carbon en las condiciones de la prueba . . .	7.5	8.02	7.47	
por kg. de carbon neto en las condiciones de la prueba . . .	9.3	9.54	8.88	
por kg. de carbon á 100° y bajo la presión atmosférica . . .	8.97	9.95	8.76	
por kg. de carbon neto y bajo la presión atmosférica . . .	11.12	11.84	10.42	
Fuerza normal en caballos . . .	136.	136.	136.	
Fuerza desarrollada . . .	186.1	173.5	182.3	
En más de la fuerza normal %	36.8	27.5	34.	

Prueba de dos calderas Babcock y Wilcox, verificada en la "Rockland Paper Mills," Wilmington, Delaware, el 14 y 15 de Mayo 1884, por W. Kent, M. E.

Carbon, antracita, de Schuylkill.	
Duración de la prueba en horas . . .	24.
Presión media, segun manómetro, en kgs. por c ^m ² . . .	5.
Temperatura media del agua de alimentación . . .	67.5
Carbon consumido . . . kgs.	6874.3
Desperdicios . . . %	921.5
Carbon neto . . . %	5952.8
Ceniza . . . %	13.20
Superficie de emparrillado . . . m. c.	4.92
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora . . . kgs.	58.20
Agua evaporada . . .	62993.7
Agua evaporada en kilógramos : por m. c. de superficie de calefacción y por hora . . .	10.10
" kg. de carbon en las condiciones de la prueba . . .	8.737
" " " neto . . .	10.066
" " " á 100° y bajo la presión atmosférica . . .	9.576
" " " neto y bajo la presión atmosférica . . .	11.626
Humedad de vapor . . . %	0.61
Fuerza normal en caballos . . .	240.
Fuerza desarrollada . . .	204.9
En menos de la fuerza normal . . . %	14.6
Temperatura de los gases en el cogedor de humos . . .	170°

Prueba verificada para la recepción de una caldera, en la propiedad de los Sres. Autissier Hijos en los molinos de Mourond, Marsella, el

Prueba verificada en la Refinería de Azúcares "Franklin" de los Sres. Harrison, Havemeyer & Co. (hoy Harrison Frazer & Co.), Filadelfia, Pensilvania, por C. A. Brinley, Ingeniero Jefe. Las cifras puestas á continuación representan el resultado de cuatro pruebas diferentes de 72 horas cada una, hechas en Octubre de 1882 y en Abril y Mayo de 1884, con carbon menudo de antracita de diversas procedencias, funcionando las calderas con marcha industrial, y habiendo ya trabajado de una manera regular y continua durante cinco años.

Duración de la prueba en horas	288.
Presión media en kgs. por $c^2 m^2$	5.
Temperatura media del agua de alimentación	28°
Carbon consumido kgs.	98295.5
Carbon neto	81220.8
Cenizas %	17.41
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	71.15
Agua evaporada	799966.5
Agua evaporada en kilogramos:	
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba neto	8.124
" " " á 100° y bajo la presión atmosférica	9.833
" " " neto y bajo la presión atmosférica	9.49
" " " neto y bajo la presión atmosférica	11.485
Grado de humedad del vapor, término medio de 13 pruebas %	1.28
Fuerza normal en caballos	187.
Fuerza desarrollada, agua de alimentación á 100° y bajo la presión de 5 kgs. por $c^2 m^2$	251.61
En más de la fuerza normal %	23.85
Temperatura de los gases en el humero grados	235.

Prueba doble hecha en los "Gaythorn Works" de los Sres. J. y J. M. Worrall, dueños de los Lavaderos de Manchester, Inglaterra, con una caldera Babcock y Wilcox, alimentada por un cargador automático de Jukes.

1^{er} ensayo, se hizo desde el 23 de Julio de 1885 á las 8 de la mañana hasta el 24 de Julio á las 11 de la mañana.

2^o ensayo, desde el 6 de Agosto de 1885 á las 4 de la tarde hasta el 7 de Agosto á las 10 y media de la mañana.

	1 ^{er} ENSAYO.	2 ^o ENSAYO.
Duración en horas	27.	18.50
Presión media en kilógs. por $c^2 m^2$	5.	6.5
Temperatura media del agua de alimentación	57°	135°
Carbon quemado kgs.	11507.8	5301.9
Superficie de la parrilla m.c.	2.72	2.72
Carbon quemado por m.c. de superficie de parrilla y por hora kgs.	157.5	105.3
Agua vaporizada	97848.	41795.2
Agua vaporizada en kilogramos:		
por m. c. de superficie de calefacción y por hora	24.20	19.33
por kg. de carbon en las condiciones de la experiencia	8.46	10.125
por kg. de carbon á 100° y bajo la presión atmosférica	9.42	9.85
Potencia normal en caballos	140.	140.
Potencia desarrollada	297.	208.
Por encima de la potencia normal	112.	48.

Estos ensayos no se hicieron en condiciones especiales, sino que las cifras precedentes se tomaron durante el trabajo regular de las calderas.

Prueba hecha con una batería de 3 calderas, en la papelería de M. Paul Varin, en Jeand'heurs, Francia.

Experiencias hechas bajo la inspección de Mr. Henri Lambert, Director de la Asociación de los propietarios de aparatos de vapor del Nord Este. 7 y 8 de Mayo de 1888.

Duración del ensayo (8 de Mayo)	10.5
Presión media en kilógs. por $c^2 m^2$	7.
Temperatura media del agua de alimentación	12°
Peso bruto del carbon quemado kgs.	3776.
Proporción de humedad de la hulla, 5 %	188.8
Cenizas y	55.97
Carbon neto	3028.23
Agua vaporizada	31908.
Superficie de calefacción de las 3 calderas m. c.	234.
Agua vaporizada en kilogramos:	
por m. c. de superf. de calefac. y por hora	17.50
" kg. de carbon, bruto	8.450
" neto	10.530
La exp. del 7 de Mayo, de 8 h, 20 ^m . de duración habia dado:	
Peso neto de carbon quemado kgs.	2548.58
Agua total vaporizada	27558.00
Agua vaporizada por kilóg. de carb., neto	10.813

Prueba verificada en la fábrica de la "Singer Mfg. Co.," Kilbowie, Escocia, el 26 de Mayo 1884, por Federico Leeders, jefe contra maestre.

Carbon de anchinraith, bituminoso.	
Duración de la prueba en horas	7.5
Presión media en kilógs. por $c^2 m^2$	4.5
Temperatura media del agua de alimentación	60°
Carbon consumido kgs.	938.6
Desperdicios	169.8
Carbon neto	768.8
Cenizas %	18.1
Agua evaporada kgs.	6827.5
Superficie de emparrillado m.c.	1.24
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	75.70
Agua evaporada en kilogramos:	
por m.c. de superf. de calefac. y por hora	17.76
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba neto	8.445
" " " á 100° y bajo la presión atmosférica	10.312
" " " neto y bajo la presión atmosférica	9.340
" " " neto y bajo la presión atmosférica	11.404
Fuerza normal en caballos	51.
Fuerza desarrollada	89.9
En más de la fuerza normal %	76.

Prueba verificada en la "Benedict & Burnham Manufacturing Co.," Waterbury, Connecticut, Marzo 17 y 18 de 1883, por Wm. E. Crane, ingeniero de la casa.

Carbon, antracita medio grueso.	
Duración de la prueba en horas	22.
Presión media en kilógs. por $c^2 m^2$	4.
Temperatura media del agua de alimentación	20°
Carbon consumido kgs.	964.2
Carbon neto	847.6
Cenizas %	12.9
Carbon consumido por m.c. de superficie de emparrillado y por hora kgs.	78.9
Agua evaporada á la temperatura de alimentación kgs.	79537.3
Agua evaporada en kilogramos:	
por kg. de carbon en las condiciones de la prueba neto	8.20
" " " á 100° y bajo la presión atmosférica	9.42
" " " neto y bajo la presión atmosférica	9.93
" " " neto y bajo la presión atmosférica	11.41
Grado de humedad del vapor	1.81
Fuerza normal en caballos	250.
Fuerza desarrollada	312.12
En más de la fuerza normal %	24.8

Prueba de dos calderas Babcock y Wilcox verificada en la fábrica de los Sres. Lehman, Abraham & Co., New Orleans, Louisiana, Junio 1884, por Federico Cook, M. E.

Carbon de Pittsburgh, bituminoso.	
Duración de la prueba en horas	11.
Presión media en kilógs. por c. m ²	7.
Temperatura media del agua de alimentación	57
Carbon consumido kgs.	5509.4
Desperdicios	300.8
Carbon neto	5208.6
Cenizas %	5.4
Superficie de emparrillado m.c.	4.28
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	117.
Agua evaporada	52377.7
Agua evaporada en kilogramos ;	
por m.c. de superficie de calefacción y por hora	21.20
" " " " kg. de carbon en las condiciones de la prueba	9.507
" " " " á 100° y bajo la presión atmosférica	11.056
" " " " neto, y bajo la presión atmosférica	10.628
" " " " neto, y bajo la presión atmosférica	11.243
Fuerza normal en caballos	208.
Fuerza desarrollada	379.2
En más de la fuerza normal %	82.3
Temperatura de los gases en el cogedor de humos	271

Prueba verificada en la fábrica de la "Am. Grape Sugar Co.," Buffalo, el 20 de Enero 1885, de una caldera Babcock y Wilcox, que funcionaba desde Julio 1878, por Edwin Roat, ingeniero Jefe.

Carbon de Pittsburgh, bituminoso.	
Duración de la prueba en horas	10.
Presión media en kgs. por c. m ²	4.75
Temperatura media del agua de alimentación	49
Carbon consumido kgs.	6824.5
Carbon neto	6206.1
Ceniza %	9.06
Superficie de emparrillado m.c.	9.33
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	73.10
Agua evaporada á la temperatura de alimentación	65988.40
Agua evaporada en kilogramos:	
por m.c. de superf. de calefac. y por hora	20.20
" " " " kg. de carbon en las condiciones de la prueba	9.53
" " " " neto	10.48
" " " " á 100° y bajo la presión atmosférica	
" " " " neto y bajo la presión atmosférica	10.88
" " " " neto y bajo la presión atmosférica	11.97
Fuerza normal en caballos	300.
Fuerza desarrollada	529.4
En más de la fuerza normal %	76.4

Prueba de una caldera Babcock y Wilcox, instalada en la Refinería de azúcares de los Sres. M^e Eachran, Adam & Co., Greenock, Escocia, en Noviembre 1882.

Carbon escocés.	
Duración de la prueba en horas	4.
Presión media en kilógs. por c. m ²	2.5
Temperatura media del agua de alimentación	68
Agua evaporada kgs.	7010.
Carbon consumido	608.8
Cenizas %	7.
Carbon neto kgs.	566.25
Superficie de emparrillado m.c.	2.32
Carbon quemado por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora kgs.	64.50
Agua evaporada en kilogramos :	
por m.c. de superf. de calefac. y por hora	13.40
" " " " kg. de carbon en las condiciones de la prueba	10.73
" " " " neto	11.53
" " " " á 100° y bajo la presión atmosférica	
" " " " neto y bajo la presión atmosférica	11.52
" " " " neto y bajo la presión atmosférica	12.38
Fuerza normal en caballos	122.
Fuerza desarrollada	129.
En más de la fuerza normal	5.7

Prueba comparativa efectuada en la estación de alumbrado eléctrico de la "Brush Electric Light Co.," Filadelfia, entre las calderas Babcock y Wilcox y calderas semi-tubulares, por J. C. Hoadley, en representación de la Compañía Babcock y Wilcox, y M. Barnet Le Van, en representación de la Brush Electric Light Co., en Octubre de 1882 ; siendo las condiciones de calidad del carbon, y manejo de los fuegos, muy favorables para las calderas tubulares, segun fué certificado por ambos peritos. La relación completa, con todos los detalles de cálculo, se publicó en el *Van Nostrand's Magazine*, 1883. Facilitaremos copia de esta memoria á toda persona que nos la pida.

1ª Prueba basada en la evaporación del agua.

PUNTOS DE OBSERVACIÓN.	Calderas Babcock y Wilcox.	Calderas semi-tubulares.
Fecha de la prueba	Octubre 18, 19, 20	Octubre 23, 24, 25
Duración de la prueba en horas	21.5	16.
Calidad del carbon, antracita "avellana"	húmedo y sícico	cribado y seco
Carbon consumido kgs.	7424.	5966.7
Agua mezclada al carbon kgs.	547.1	171.2
Carbon seco	6876.9	5795.5
Leña empleada para encender kgs.	209.3	144.5
Desperdicios de algodón para encender kgs.	32.8	15.6
Ceniza y residuo	1497.2	1221.7
Carbon neto consumido kgs.	5379.7	4573.8
Leña neto consumido	75.33	52.1
Algodón neto id.	32.8	15.6
Total combustible neto kgs.	5487.83	4641.5
Número de calorías aparentemente comunicadas á la caldera	33826968.	26752621.
Número de calorías efectivamente comunicadas, tomado en cuenta el agua	32761419.	26201517.
Número de calorías comunicadas por kg. de combustible	5969.80	5645.05
Agua evaporada á 100° y bajo la presión atmosférica por kg. de combustible	11.227	10.522
Efecto útil aparente %	74.18	70.15
Número de calorías necesarias para secar el carbon	376950.	121445.
Agua evaporada á 100° y bajo la presión atmosférica por kg. gastado para secar el carbon	0.128	0.049
Agua realmente evaporada á 100° y bajo la presión atmosférica por kg. de combustible	11.255	10.571
Efecto útil actual comparado al teórico %	75.03	70.47

Economía comparativa, por la prueba de evaporación de agua :

$$11.255 - 10.571 = 0.684 ; \text{ y } \frac{0.684}{10.57} = 0.0647 = 6.47 \%$$

2ª Prueba basada en la fuerza desarrollada por las máquinas.

PUNTOS DE OBSERVACIÓN.	Calderas Babcock y Wilcox.	Calderas semi-tubulares.
Fuerza media indicada en caballos	130.41	137.78
Duración de la prueba en horas	21.5	16.
Combustible puro kgs.	5487.83	4641.5
Combustible puro por hora	255.24	290.09
Combustible neto por caballo y por hora kgs.	1.957	2.105
Agua evaporada	58960.7	47362.6
Agua evaporada por hora	2742.5	2860.4
Agua evaporada por caballo y por hora kgs.	21.1	21.5
Vapor seco por caballo y por hora kgs.	20.43	21.04
Pérdida por caballo y por hora	4.72	5.58
Vapor seco utilizado por caballo y por hora kgs.	15.71	15.46

Economía comparativa, por la prueba de las máquinas :

$$2.105 - 1.957 = 0.148; \text{ y } \frac{0.148}{1.957} = 0.0757 = 7.57\%$$

3ª Prueba para deducir el calor perdido por la chimenea.

CARÁCTER DE LA PÉRDIDA.	Calderas Babcock y Wilcox. %	Calderas semi-tubulares. %
Pérdida de calor arrastrado por los gases á la chimenea	20.54	25.47
Pérdida por combustión imperfecta é irradiación	4.43	4.06
Pérdida total	24.97	29.53
Efecto útil actual segun la prueba de evaporación	75.03	70.47
Fuerza calórica total del combustible	100.00	100.00

Pérdida de calor arrastrado por los gases :

Calderas tubulares de retorno	25.47 %
Calderas Babcock y Wilcox	20.54 %

Diferencia en contra de las calderas semi-tubulares 4.93 %

Esta diferencia ó exceso de calor perdido en las calderas semi-tubulares, dividido por el efecto útil de dichas calderas (70.47 %) dá la relación entre el exceso de pérdida y el efecto útil ;

$$\frac{4.93}{70.47} = 0.06996 = 7.00\%$$

4ª Prueba por el Alumbrado.

PUNTOS DE OBSERVACIÓN.	Calderas Babcock y Wilcox.	Calderas semi-tubulares.
Número de caballos indicados, término medio de todas las pruebas	130.41	137.78
Duración de la prueba en horas	21.5	16.
Número de lámparas de arco en marcha	121.	128.75
Número de caballos por arco	1.0703	1.0701
Combustible neto por arco y por hora	2.1095	2.2531

Economía comparativa, segun la prueba por alumbrado :

$$2.2531 - 2.1095 = 0.1436 \text{ y } \frac{0.1436}{2.1095} = 6.81\%$$

5º Resúmen de las pruebas por los cuatro métodos.

PRUEBAS.	Calderas Babcock y Wilcox.	Calderas semi-tubulares.	Diferencia á favor de las calderas Babcock y Wilcox.	Diferencia en tanto por ciento.
Prueba por la evaporación id. por la fuerza desarrollada en las máquinas	11.255	10.571	0.684	6.47
id. por el alumbrado	4.321	4.648	0.327	7.57
id. por la pérdida en la chimenea	4.6567	4.9738	0.3171	6.81
Promedio de las cuatro pruebas	20.54	25.47	4.93	7.00
				6.96

EXPLICACIÓN DE LA TABLA : Las calderas Babcock y Wilcox evaporizaron más agua por kilogramo de combustible consumido ; consumieron menos combustible por hora y por caballo indicado, desarrollado por las máquinas ; consumieron menos combustible por hora y por lámpara de arco en uso ; y perdieron menos calor por los gases que salian por la chimenea, que las calderas semitubulares.

Al mismo tiempo han producido por hora 2742 kilogramos de vapor, que contenian solamente 3.15% de humedad, ó 2656 kilogramos de vapor seco, lo cual, á razón de 13 kilos 60 por caballo, corresponde á un total de 195 caballos ó 30% más de su fuerza normal.

El resultado general consiste en una diferencia de cerca de 7% en favor de las calderas Babcock y Wilcox, diferencia determinada por cuatro medios distintos de comparación, todos libres de objeción y que unos á otros se confirman por completo.

En esta comparación no se ha considerado la diferencia de calidad del carbon, desde el punto de vista del agua mezclada ; si hubiesen tenido esto en cuenta, la diferencia de rendimiento entre los dos sistemas hubiera sido aún mayor.

Pruebas comparativas entre las calderas Babcock y Wilcox y las calderas de hervidores, con diferentes clases de combustibles, hechas en el establecimiento de hilados y tegidos de M. Eugenio Cornet en Pondichery.

MEMORIA : Las nuevas calderas Babcock y Wilcox puestas en marcha en los primeros dias de Noviembre de 1886, para alimentar los motores del nuevo aparato de hilar y del nuevo para tejer, pueden ser ahora consideradas como en marcha normal.

En consecuencia hemos investigado su rendimiento y su consumo de combustible.

El modo habitual de alimentar el fuego en Savannah, es emplear madera mezclada con hulla; hemos comenzado por pesar el combustible quemado en un día, y el que se quema en 3 días, en la siguiente forma:

Primer día, empleando hulla y madera.	
Segundo día, " hulla sola.	
Tercer día, " madera sola.	

Durante ellos se hacían los diagramas de las máquinas por medio del indicador, obteniéndose los resultados siguientes:

La potencia desarrollada por las máquinas, ha sido:

Nueva hiladora . . .	142 caballos	} Total 192 caballos.
Nueva tejedora . . .	44 "	
Las dos reunidas . . .	6 "	

Los dos calderas, cada una de las cuales tenía 100 metros cuadrados de superficie de calefacción, han quemado en conjunto:

	MADERA.	HULLA.	CENIZAS OBTENIDAS.
El primer día . . kgs.	4500	1773	557
El segundo día . . "	0	3715	985
El tercer día . . "	8500	0	270

Estas mismas experiencias se han repetido enseguida, en las mismas condiciones, con las calderas números 3, 4, 5 y 6, de las cuales, las dos primeras tenían cada una solamente un hervidor, las otras dos, cada una dos hervidores. Esta batería alimenta la máquina antigua de hilado, la de los batedores y la de la forja.

Con sujeción á los diagramas, la fuerza desarrollada por estas máquinas, es:

Antigua hiladora . . .	147 caballos	} 210 caballos.
Batedores . . .	59 "	
Forja . . .	4 "	

El combustible quemado ha sido:

	MADERA.	HULLA.	CENIZAS OBTENIDAS.
El primer día . . kgs.	13905	2054	729
El segundo día . . "	0	6000	1360
El tercer día . . "	15000	0	690

Teniendo en cuenta el precio del combustible que es, para la hulla 50 francos la tonelada, y para la madera 14 francos la tonelada, se obtienen los resultados comparativos siguientes:

La batería Babcock y Wilcox ha quemado:

	MADERA.	HULLA.	TOTAL.
El primer día . . Francos	63.00	88.65	151.65
El segundo día . . "	0.00	185.75	185.75
El tercer día . . "	119.00	0.00	119.00

de lo que se deduce que había interés en quemar exclusivamente madera si hubiese medio de procurársela en cantidad suficiente.

Por su parte la batería de calderas viejas, dió las cifras siguientes:

	MADERA.	HULLA.	TOTAL.
El primer día . . Francos	194.67	102.70	297.37
El segundo día . . "	0.00	300.00	300.00
El tercer día . . "	210.00	0.00	210.00

Lo que demuestra que también con ellas hay ventaja en emplear madera sola, pero por el contrario de lo que ocurría con las calderas nuevas, hay casi igualdad de precio entre el consumo de hulla sola y el de hulla y madera.

Si se quiere comparar el consumo de los dos sistemas de calderas, aunque entre ambos no hay sino una pequeña diferencia de fuerza desarrollada, es preciso, para ser exacto, referir todas las cifras al gasto por caballo de vapor, primero para un día, después para el año medio de 300 días de trabajo.

MODO DE CALENTAR.	PRECIO POR CABALLO Y POR DÍA.		PRECIO POR AÑO DE 300 DÍAS.	
	Calderas B. y W.	Calderas viejas.	Calderas B. y W.	Calderas viejas.
Con hulla y madera . . fcs	0.7898	1.4160	236.94	424.80
Con hulla sola . . . "	0.0669	1.4285	200.07	428.55
Con madera sola . . . "	0.6197	1.0000	185.91	300.00

Para comparar de un modo más completo el coste en cada sistema de calderas, es preciso ver cuanto cuesta en total, por año, el caldeo de las calderas viejas, y qué costaría el obtener la misma fuerza de 210 caballos obtenida con ellas empleando las calderas Babcock y Wilcox.

MODO DE CALENTAR.	PRECIO DE 210 CABALLOS DE FUERZA OBTENIDOS CON		DIFERENCIA EN FAVOR DE LAS CALDERAS B. Y W.
	Calderas B. y W.	Calderas antiguas.	
Con hulla y madera . . fcs	49337.40	89208.00	39870.60
Con hulla sola . . . "	60914.70	89995.50	29080.80
Con madera sola . . . "	39041.10	63000.00	23958.90

Observaciones.—El Servicio de las calderas Babcock exige solo la mitad de los fogueiros que se necesitaban con las antiguas.

Recibido de Pondichery, el 7 de Febrero de 1887.

N.B.—*Después de la época en que se hicieron estos ensayos, se han montado nuevas calderas Babcock y Wilcox; la instalación comprende hoy 8 calderas ó sean 820 caballos de fuerza, en funcionamiento.*

13. Agua vaporizada por kg. de cok	10.05
14. Presión media efectiva en kilógs. por c_m^2	9.75
15. Temperatura del vapor en grados centígrados	183.48
16. Cantidad de calor necesaria para transformar 1 kg. de agua tomado á 0° en vapor á la presión efectiva de 9.75 atmósferas calorías	662.46
17. Temperatura media del agua á su entrada en la caldera, en grados centígrados	85.
18. Cantidad de calor necesaria para transformar 1 kilg. de agua tomado á 85° C. en vapor á la presión efectiva de 9.75 atmósferas calorías	577.46
19. Cantidad de calor útil producido por kilg. de cok para la vaporización de 10.05 de agua	5803.47
20. Análisis químico del cok empleado. De cien partes, hay :	
Carbono	90.16 (C)
Hidrógeno	0.31 (H)
Azoe	Trazas
Agua	0.47 (W)
Azufre	0.31
Cenizas	7.43
21. La composición anterior da para la potencia calorífica del cok empleado en virtud de la fórmula	
$\frac{8080 C + 34462 H - 637 W}{100}$	
un número de calorías igual á	7326.1
22. Vaporización teórica de 1 kg. de cok, tomando el agua á 0° y transformada en vapor á 100° C.	11.5
23. Cantidad teórica del aire necesario para la combustión completa de 1 kg. de cok sin exceso de aire	10.7
24. En 100 partes de residuos hay comprendidas :	
Agua	0.36
Carbono	1.07
Materias minerales	98.57
25. Residuo neto total, kgs. 209.5 %	8.2
26. Pérdida de calórico debida á la no combustión del carbono encerrado en el residuo, por 1 kg. de cok	6.5
27. Análisis volumétrico medio de los gases de la combustión :	
Óxido de carbono	0.00
Ácido carbónico	9.60
Oxígeno	11.45
28. 1 kilóg. de cok, dá lugar á un peso de gases secos despues de la combustión :	
Óxido de carbono	0.00
Acido carbónico	3.3025
Aire atmosférico	12.2331
Azoe	7.8265
29. Por kg. de cok quemado, se ha admitido un peso de aire de kgs.	22.39
30. Se ha admitido, pues, un exceso de aire sobre el peso teórico de %	209.

31. Humedad por kilógramo de cok ; esta humedad proviene :		
a) del aire (determinada al psicrómetro)	0.1746	
b) del agua del cenicero	0.1174	
c) de la combustión del hidrógeno	0.0279	
d) del agua contenida en el cok	0.0047	
Humedad total por kilóg. de cok	0.3246	
32. Peso de los gases de la combustión por kg. de cok	23.6867	
33. Calor específico de la mezcla gaseosa por kg. de cok, calorías	4.6820	
34. Temperatura media de los gases en los fluses	275°	
35. Número de calorías perdidas por los gases que se escapan por la chimenea	1287.55	
36. Temperatura media del aire admitido sobre la parrilla	28° 2	
37. Calor absorbido por kg. de cok :		
a) por el aire seco	149.97	
b) por el vapor de agua	3.91	
Total calorías	153.88	
38. Lo que reduce la pérdida de calorías por los gases que escapan por la chimenea á	1133.67	
39. Temperatura inicial y teórica en grados centígrados	2570.	
40. Temperatura real y media de la combustión, idem	1262.	
La cantidad de calor disponible por kg. de cok se reparte como sigue :		
	calorías.	%
1. Son utilizadas para la vaporización	5803.5	79.21
2. Son perdidas	1522.6	20.79
	7326.1	100.00
Las calorías perdidas se reparten así :		
1. Salida de los gases calientes por la chimenea	1133.7	15.47
2. Combustión incompleta :		
a) Óxido de carbono	0.0	0.0
b) Formación de carbono pulverulento, hollin	0.0	0.0
c) Pérdida por el cenicero	6.5	0.88
3. Pérdida por conductibilidad y radiación. (La última determinada por diferencia)	382.4	4.44
	1522.6	20.79

N.B.—La instalación se compone en la actualidad de 9 calderas de 124 caballos cada una, para producir en marcha normal, 18000 kilogramos de vapor por hora.



Resultados y términos medios de Treinta Pruebas distintas de las Calderas BABCOCK y WILCOX.

Nº	DESIGNACIÓN DE LA PRUEBA.	LUGAR.	FECHA.	NOMBRE DEL INGENIERO quien la ha dirigido.	Duración de la prueba en horas.	TOTAL de combustible consumido.	AGUA EVAPORADA á 100° C. y á la presión atmosférica.	Peso de combustible por metro cuadrado de superficie de calefacción y por hora.	Peso de combustible por metro cuadrado de superficie de emparrillado y por hora.	AGUA arrastrada con el vapor. %	Fuerza de las calderas en H.P.	Fuerza en H.P. actuales H.P. = 138.63 de agua tomada á 38° C. y vaporizada á la presión de 5k.	% del "Standard" de Rankine.	% de la evaporación práctica con antracita.	CLASE DE CARBON EMPLEADO.
1	U.S. Centennial	Filadelfia, Pens.	1876	Emery, Porter y Belk-	8,	1435,440	17449,765	1,25	43,382	12,131	150.	135,59	99,2	96,3	Antracita.
2	Harrison, Havemeyer & C ^o	id. id.	Enero 1879	Peter Ehlers . [nap	120,	30979,746	359968,077	1,269	54,733	11,620	187.	194,60	95,3	92,4	id. (fina).
3	Raritan Woolen Mills	Raritan, N.-J.	Febro. 1879	Chas. E. Emery . . .	12,4	7446,297	83554,934	1,582	62,838	11,221	360.	464,00	94,9	91,1	id.
4	Thos. A. Edison (Lab.)	Menlo Park, N.-J.	Enero 1881	Chas. L. Clarke . . .	12,	1095,856	13459,652	1,435	39,597	11,360	75.	73,00	94,4	91,3	id.
5	Miami Soap Works	Cincinnati, Ohio	Julio. 1882	John W. Hill	8,	2930,256	27181,163	2,383	79,097	9,136	146.	221,17	82,7	78,7	Pittsburgh (menudo).
6	Mill Creek Distillery	id. id.	Setbre. 1882	id. id.	10,	5180,901	56495,426	2,026	127,776	10,997	240.	370,84	95,6	92,2	id.
7	Brush Electric Light C ^o	Filadelfia, Pens.	Octbre. 1882	J. C. Hoadley	21,5	5495,137	63836,942	1,728	59,811	11,617	146.	193,20	99,4	95,3	Antracita.
8	Edison Electric Light C ^o	Londres, Ingl.	Octbre. 1882	J. A. Fleming, R.S.E.	13,5	1409,789	17615,919	0,666	28,319	12,495	146.	84,93	97,1	100,0	Welsh (bituminoso).
9	McEachran, Adam & C ^o	Greenock, Escocia	Nov. 1882	Chas. A. Knight . . .	4,	567,000	7019,460	1,348	60,593	12,380	122.	116,04	102,6	98,8	Escocés.
10	Peacedale M'fg. C ^o	Peacedale, R.I.	Dicbre. 1882	Geo. H. Barrus	10,25	5908,140	73379,325	1,988	88,618	12,480	146.	84,93	97,1	100,0	Welsh (bituminoso).
11	Genesee Mills	San Francisco, Cal.	Febro. 1883	A. Worthington	7,4	1480,097	17622,904	1,377	101,313	11,910	122.	116,04	102,6	98,8	Escocés.
12	id. id.	id. id.	Febro. 1883	id. id.	6,6	1584,425	16517,390	1,670	121,576	10,420	136.	151,90	98,8	95,3	¾ Semibitum, ¼ polvo
13	id. id.	id. id.	Febro. 1883	id. id.	6,3	1431,788	15441,206	1,592	115,131	10,796	136.	164,55	88,8	85,1	Cardiff (bitum). [antr.
14	Benedict & Burnham	Waterbury, Conn.	Marzo 1883	Wm. E. Crane	22,	8448,754	96606,367	1,499	69,576	11,430	136.	150,65	91,3	92,2	Washington Ter y (bit.).
15	Oliver Roberts Wire Wks.	Pittsburgh, Pens.	Marzo 1883	Wm. Kent	114,	76795,841	846012,535	1,616	106,490	10,909	236.	285,59	95,9	87,7	Wellington Lump (bit.).
16	McGinnis Cotton Mills	Nueva Orleans, La.	Marzo 1883	Frederick Cook	8,	2799,166	31050,281	1,050	40,916	11,090	146.	478,37	92,4	88,7	Antracita.
17	Arlington Cotton Mills.	Wilmington, Del.	Mayo 1883	Geo. H. Barrus	11,	7133,314	81568,620	1,367	49,265	11,440	416.	478,37	92,4	88,7	Pittsburgh (bitum).
18	id. id.	id. id.	Mayo 1883	id. id.	11,	6994,512	77790,132	4,631	64,596	11,080	312.	265,60	89,3	87,0	id.
19	Cambria Iron C ^o	Pittsburgh, Pens.	Mayo 1883	Wm. H. Smith	7,75	2095,632	26600,555	0,923	57,077	12,690	488.	481,80	94,8	91,5	Shamokin (antracita).
20	Harrison, Havemeyer & C ^o	Filadelfia, Pens.	Nov. 1883	Wm. Kent	72,	18643,867	202981,645	1,299	54,343	10,884	366.	459,30	94,0	90,3	id. id.
21	Singer M'fg. C ^o	Kilbowie, Escocia	Marzo 1884	Geo. W. Thode	4,5	723,946	7892,821	1,721	74,962	10,903	272.	225,50	101,0	99,6	Semibituminoso (menu.).
22	Harrison, Havemeyer & C ^o	Filadelfia, Pens.	Abril 1884	C. A. Brinley	21,6	61522,585	737159,535	1,423	59,665	11,982	187.	228,90	99,9	96,2	Fino (antracita).
23	Rockland Mills	Wilmington, Del.	Mayo 1884	Wm. Kent	24,	5940,346	69353,353	0,967	43,064	11,626	93.	111,77	92,4	88,8	Fino (bit.) 7 fr. 80 c la
24	Lehman, Abraham & C ^o	Nueva Orleans, La.	Mayo 1884	Frederick Cook	11,	5215,493	58688,764	2,109	84,322	11,253	187.	228,90	99,9	96,2	Fino (antr.). [tonelada.
25	Singer M'fg. C ^o	Kilbowie, Escocia	Mayo 1884	Fred'k Leeder	7,	709,759	8778,521	2,021	72,848	11,404	240.	187,50	99,9	91,0	Antracita.
26	Grant Mills	Ramsbottom, Ingl.	Julio 1884	Hepburn & Co.	8,	2355,998	25865,724	2,026	105,658	10,991	208.	347,00	99,7	95,1	Pittsburgh (bituminoso).
27	Singer M'fg. C ^o	Kilbowie, Escocia	Octbre. 1884	Fred'k Leeder	4,	654,54	6495,643	3,071	195,302	9,924	51.	82,26	100,1	95,6	Escocés.
28	American Inst. Fair	New-York, N.Y.	Nov. 1882	Jas. E. Denton	3,25	2311,772	25144,041	1,074	43,064	10,870	136.	212,59	96,8	92,2	id. 6 fr. 25 c la tonelada.
29	American Glucose C ^o . . .	Buffalo, N.Y.	Enero 1885	Edwin Roat	10,	6214,320	73451,902	1,914	66,891	11,820	51.	105,50	94,9	90,0	id. id.
30	id. id.	id. id.	Marzo 1885	id. id.	10,	2013,984	25425,641	0,786	30,907	12,620	250.	162,00	99,1	100,2	Antracita.
Totales					788,45	277578,748	3170436,243		73,375	11,381	6317.	7313,18			
Términos medios por procedimiento aritmético								1,508	73,375	11,381			95,75	92,34	
Términos medios calculados de los totales								1,582	11,4217				96,50	92,85	

* Esta es la mayor proporción de agua arrastrada, determinada con estas calderas. El mismo ingeniero usando el mismo aparato determinó 5,33% con calderas de doble hogar interior y que no evaporaban más de 9 k,504 por metro cuadrado de superficie de calefacción y por hora.



1° Ensayo de las calderas.

El número que representa la cantidad de agua vaporizada por kilogramo de carbon, es reconocido universalmente como el medio más apropiado para medir las cualidades económicas de un aparato generador del vapor. Pero como quiera que para comparar entre sí dos generadores distintos, es preciso emplear la misma clase de carbon, alimentar con agua á la misma temperatura y distribuir el vapor á la misma presión, cosas por completo imposibles de conseguir en la práctica, se ha convenido adoptar una base general, que permita establecer una comparación entre los distintos ensayos ejecutados en diferentes condiciones de funcionamiento. Esta base recibe el nombre de *equivalente de vaporización*, que es el número que representa por cada kilogramo de combustible el peso de agua que se supone tomada á 100° C. y vaporizada á esta temperatura y bajo la presión atmosférica. Entendiéndose por kilogramo de combustible, el peso de una cierta cantidad de carbon, deducción hecha del peso de las cenizas recogidas.

Este resultado puede obtenerse en cualquier ensayo por la fórmula siguiente :

$$W' = W \frac{606,5 + 0,305 (T - t)}{536,5}$$

W' = equivalente de vaporización que se busca.

W = vaporización apreciada por kilogramo de combustible.

T = temperatura del vapor correspondiente á la presión de marcha durante la experiencia.

t = temperatura del agua de alimentación.

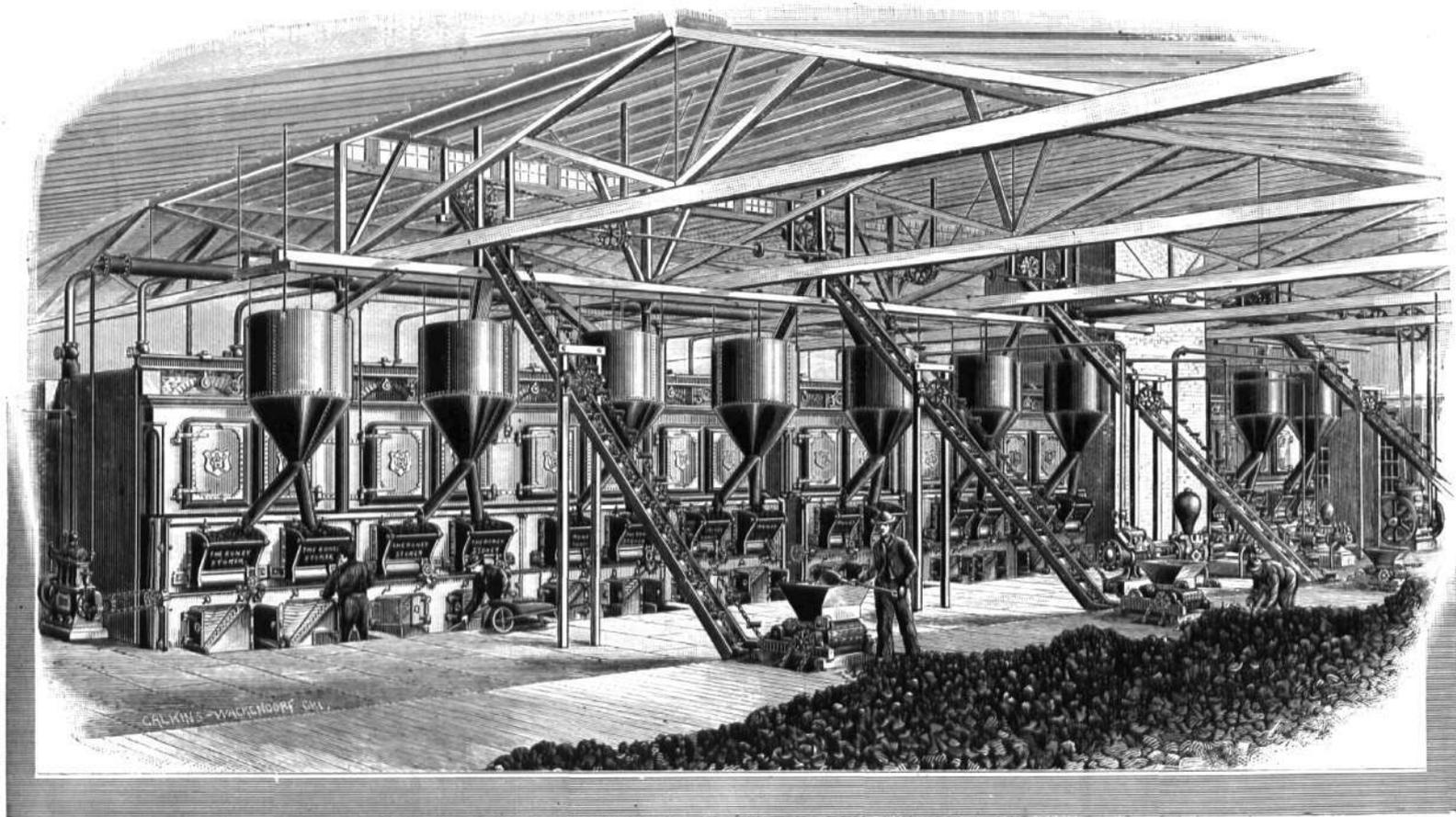
2° Economía de Carbon.

La tabla unida es la mejor prueba que puede darse del rendimiento económico de las calderas Babcock y Wilcox.

El cuadro contiene los resultados de treinta ensayos verificados en el trascurso de estos últimos nueve años, en condiciones y circunstancias muy diversas, por más de veinte ingenieros distintos, y todos, excepto dos, con calderas que estaban en servicio corriente en Manufacturas distintas de Inglaterra, Escocia, Estados Unidos, Massachusetts y California. En estos ensayos se han usado toda clase de carbonés.

La duración total de los ensayos corresponde á cerca de tres meses de marcha regular y el agua evaporada excede de 3000 toneladas. Dividiendo este peso de agua por el peso del combustible quemado, y aplicando la fórmula anterior, se encuentra para el equivalente de evaporización, un valor medio de 11.4217, que dá el peso de agua vaporizada á 100° C. y á la presión atmosférica por kilogramo de combustible ; separándose solo en un 4% de la tabla de Rankine y en 7 y ½ por % con la cifra del rendimiento más elevado que pudiese dar la antracita en las condiciones ordinarias de la experiencia.

Es poco probable que ningun otro tipo de caldera que se ensaye concienzudamente, presente mejores resultados.



Calderas Babcock y Wilcox, en la American Glucose Comp, Peoria, Illinois, 2080 m. c. de superficie de calefacción instaladas de 1880 á 1888.

Estas calderas estan provistas de aparatos automáticos de Roney para la manutención y carga de carbon.

Para la misma Compañia, se han instalado 4050 m. c. en Buffalo, N. Y., y 535 m. c. en Leavenworth, Kansas, Total: 6665 m. c.