BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

TRATADO

SOBRE

MAQUINAS DE VAPOR.

Guerra

BIBLIOTECA CENTRAL
DIRINTEMAR
Clasif. 623.8722/024
Nro. Inv.: 6644
Fecha: 18/1/80

TRATADO ELEMENTAL

DE LA NATURALEZA Y USO

DEL VAPOR,

Y DE

LOS PRINCIPIOS Y CONSTRUCCION DE LAS

MAQUINAS.

ÓBRA ANÓNIMA ESCRITA EN INGLÉS Y PUBLICADA EN

FILADELFIA EN 1847.

Traducida por el Teniente 1.° de la Armada Nacional

D. R. Valle-Riestra,

É IMPRESA POR DISPOSICION SUPREMA.



LIMA,
IMPRENTA DE EUSEBIO ARANDA
1850.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

BIBLIOTECA CENTRAL
DIRINTEMAR
Clasif. 623.8722/V24
Nro. Inv. 6644
Fecha: 18/V/80

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINHA
DIRINTEMAR
5607

SECCION 1.ª

Orígen del Poder.

1. La eficacia de las máquinas depende de la cantidad y fuerza elástica del vapor que obra en ellas.

2. Las màquinas por sí mismas no crean poder: son un mero instrumento para comunicar el poder del vapor y aplicarlo al fin deseado, ya sea para extraer agua, ya para mover un molino ó para impeler un buque.

3. Generalmente se habla de una màquina como si ella poseyera el poder, siendo asi que el trabajo hecho por dicha máquina es un efecto causado por el poder del vapor; y este efecto es igual á la causa menos la pèrdida por friccion ó desperdicio.

4. La mejor máquina es aquella que al conducir el poder de la caldera á la rueda, pierde lo ménos posible de esa fuerza, sea por desperdicio, por friccion ó por condensacion.

5. Si la máquina fuese mui pequeña para consumir el vapor tan ràpidamente como este se forma en la caldera empleando una juiciosa cantidad de fuego, ó si se condensáre mucho vapor en los tubos y en el cilindro, ó se escapase à consecuencia de la imperfeccion de las junturas; ó bien se ejerciese una fuerza que no sea impulsiva: en-

tònces la màquina obra imperfectamente.

6. Como la máquina deriva pues su accion del vapor, examinarémos la naturaleza de este elemento, el modo como se produce, y los varios fenómenos que en él se observan.

NATURALEZA DEL VAPOR.

7. El vapor es el resultado de la combinacion de una cierta cantidad de calor con el agua. Si, despues de formado el vapor, se le aplica una cantidad desmedida de fuego, no aumentará materialmente ni su presion ni su volùmen, porque faltará la necesaria cantidad adicional de agua para que el aumento de calor entre en combinacion con ella. Pero auméntese el agua en proporcion al calor; y ambos, entrando en combinacion, producirán un aumento de vapor.

EVAPORACION Y CONDENSACION.

8. La superficie del agua espuesta al aire produce siempre un vapor espontáneo, que es visible, ó invisible, segun la temperatura relativa del aire y del agua. Si el agua es tibia y el aire frio, como en las mañanas de otoño, el vapor, que tiene una temperatura igual á la del agua, se condensa en el aire frio y se hace visible en la forma de neblina.

9. Pero todo vapor, ya sea resultado de una evaporacion expontanea, ó sea de la mas alta temperatura producido en una caldera, es trasparente, á ménos que se condense por ser espuesto á una temperatura mas fria. Asi es, que si una caldera fuera de cristal, no se vería dentro de ella mas que el agua; pero levántese la válvula y dejese es-

capar el vapor à un aire mas frio, y aparecerà instantáneamente una nube de vapor.

10. Esto se esplica con el aliento, el cual aunque cargado siempre de humedad cuando se exhala, es generalmente visible tan solo en las mañanas frias, porque entònces la temperatura es bastante baja para producir la condensacion. Cuando respirámos sobre un sólido mas frio, la humedad se hace visible por la condensacion en una forma líquida.

11. Esto mismo se ve de manifiesto sobre la superficie de una jarra que contenga agua de hielo, cuyo contacto condensa la humedad que existe invisible en la atmósfera natural. Esta humedad se hace visible por la condensacion, en forma de niebla, en las inmediaciones de un banco de nieve en la mar: es la que forma el rocío que cae sobre la tierra en la noche y la que hace húmedos los vientos calientes del océano en ciertas latitudes.

12. Pero los vapores producidos por causas espontáneas y que vagan flotantes por el aire, no poseen la fuerza mecánica que estamos acostumbrados á ver en el vapor como lo empleamos en las artes. Esta fuerza del vapor resulta solo de la aplicacion que se hace al agua de un alto grado de calor producido por medios artificiales; y la cantidad y fuerza del vapor formado, dependerán de la intensidad del calor y de la estension de la superficie que está en contacto con este.

EBULLICION DEL AGUA Y FORMACION DEL VAPOR BAJO DIFERENTES PRESIONES.

13. *Superficie de fuego* de una caldera, es aquella que está rodeada de agua ó de vapor y recibe

la accion directa de un calor suficientemente alto en temperatura para producir el vapor.

14. Los sólidos trasmiten el calor por su poder conductor. Asi, calentada la superficie interior de un *flue* ó de una hornilla, este calor pasa à la superficíe esterior y de esta al agua.

15. Pero el calor no se distribuye en un cuerpo de agua por el poder conductor de esta, porque el agua no tiene esa propiedad. El calor se trasmite por la circulacion de las particulas del agua que trae à todas ellas succesivamente en contacto con la superficie caliente del metal.

16. Las corrientes producidas por esta circulacion se mueven principalmente en planos verticales, pasando el calor de la superficie de fuego hácia arriba. Por lo tanto, el agua hierve sobre el nivel de la superficie de fuego pero no bajo de ella, lo que se demuestra aplicando una làmpara á un tubo de cristal lleno de agua. Esta hervirá de (6) hácia arriba, y no por debajo. Veáse la figura 1a.

17. La teoría de la ebullicion es como sigue. La capa de agua mas inmediata à la superficie de fuego llega á ser calentada y rarificada, de modo que siendo mas lijera que el agua de encima, dicha capa calentada sube à la superficie; allì arroja una porcion de su calor en vapor, y adquiriendo con esto mayor gravedad especìfica, vuelve á bajar: por el contacto con la superficie de fuego recibe nuevo calor y vuelve à subir; por cuya operacion de circulacion cada capa de agua se pone sucesivamente en contacto con la superficie de metal caldeada, y todo el cuerpo del agua se calienta. Si el fuego fuese tan activo, ó la superficie

de fuego tan estensa que el calor se comunicase al agua mas pronto de lo que sale en vapor, tendrá lugar una acumulacion de calor en el agua hasta que esta llegue á la temperatura de 212. ° ; y entónces la circulacion se habrá hecho tan rápida que producirá la ebullicion. Cuando tiene lugar esta ebullicion, el calor se escapa á la superficie del agua en vapor (si esa superficie está espuesta á la presion atmósferica estando el barómetro en 30 pulgadas) tan rápidamente como puede ser comunicado á la superficie de fuego y la temperatura no puede ser levantada á mas de 212. ° Por esto es que 212. ° es el término á que hierve el agua cuando el barómetro està en 30 pulgadas.

elevada

18. Siendo el vapor el resultado de la combinacion del calor con el agua, se sigue: que toda evaporacion absorve y se lleva el calor en grandes cantidades, reduciendo rápidamente la temperatura.

19. Bajo de una lijera presion atmosférica sobre la superficie del agua producida, ya sea estrayendo el aire de un recipiente, ò bien trasportándose á una posicion mucho mas elevada, el agua hervirá à una temperatura que se reduce con la presion; hasta que, cuando se halle como en el vacío donde se ha quitado enteramente la presion, la ebullicion tendrá lugar a la temperatura de 88. ° Colòquese una vasija con agua calentada á 88. ° bajo de un recipiente; extraigase el aire, y el hecho serà manifiesto. En la cima del "Monte Blanco» está la presion tan disminuida, que el agua hierve á los 187. ° : de cuya temperatura no podrá elevarse allí, mientras estè espuesta al aire.

trasportandolo

mas allá de cuya temperatura

20. Si, confinando y acumulando el vapor, se ha producido una presion superior á la de la atmósfera, aumentará la temperatura hasta el

grado en que hierve el agua. La temperatura del vapor formado es igual á la temperatura del agua de que se forma; y la fuerza elástica del vapor formado es igual á la presion bajo de la cual se forma. Por ejemplo, bajo de una atmósfera el agua hierve á los 212. ° ; el vapor formado es de esa temperatura y tiene una fuerza elástica igual á una atmósfera. Bajo dos atmósferas el agua hierve á los 250. ° de temperatura y produce vapor de 250. ° de temperatura y de una fuerza elástica igual á dos atmósferas.

LA ATMOSFERA ES LA UNIDAD DE MEDIDA PARA DETERMINAR LAS PRESIONES.

21. Se ha tomado la presion de la atmósfera al nivel del mar con el barómetro en 30 pulgadas, como la unidad para estimar y comparar las presiones y fuerzas elásticas.

22. Esta atmósfera es un fluido invisible que rodea la tierra, descansando sobre ella, y sobre todas las cosas que le pertenecen, con un peso igual, cerca del nivel del mar, á 14'7 libras en cada pulgada cuadrada de superficie. Nosotros, sin embargo, no conocemos este peso por nuestras sensaciones, porque esperimentamos un equilibrio de presion, siendo comprimidos del mismo modo en todas direcciones. Lo mismo se entiende de los objetos inanimados que intentamos mover. Ordinariamente son comprimidos del mismo modo por todos lados, y por lo tanto la atmósfera no opone resistencia efectiva á su movimiento. Pero extráigase el aire de un lado de alguna cosa; el quilibrio se destruirá y la cantidad de presion se manifestará inmediatamente por sus efectos.

23. Falta solo averiguar por qué la presion de la atmósfera es igual á 14'7 libras sobre cada pulgada cuadrada. La columna de atmósfera de 45 millas de altura y de una pulgada cuadrada de área exactamente balancéa, y por consiguiente pesa lo mismo que una columna de mercurio de la misma área y 30 pulgadas de altura. Esta columna de aire balancéa tambien à otra de 33'86 pies de agua. Por consiguiente, una columna de aire, 30 pulgadas de mercurio, y 33'86 pies de agua, pesan lo mismo; de aquí es que equivaliendo cada una de estas dos últimas á 14'7 libras, se sigue, que el peso ó presion de la atmósfera es igual á 14'7 libras sobre cada pulgada cuadrada de superficie.

PRESIONES EN UNA CALDERA, Y MÉTODO PARA DETERMINARLAS.

24. Teniendo el Vapor á los 212 ° una presion igual á la de la atmósfera, justamente la contrapesa, y no puede ejercer el menor efecto mecánico para vencer su resistencia. Por lo tanto, una atmósfera de vapor dentro de la caldera, ocupa el lugar del aire que existia allí ántes que se formase el vapor, y por consiguiente, tan solo balancéa la presion de la atmósfera exterior. Auméntese el vapor á 250 ° de temperatura y á dos atmósferas que es la presion correspondiente, y entónces la presion interna excederá á la externa en una atmósfera, y asi proporcionalmente.

25. Todo medio de medir la presion en una caldera, que no sea por un termómetro, determi-

na meramente este exceso de presion sobre aquella de la atmósfera externa. Estos mdios se consiguen generalmente, por la *válvula de seguridad* y el *manómetro*.

26. La válvula de seguridad es una plancha circular de una área determinada, acomodada à una abertura de la caldera, y cargada con un peso proporcionado á la presion del vapor que se ha de medir, y al área de la vàlvula. Si, por ejemplo, el vapor que puede llevarse con seguridad es igual al *exceso* de una atmósfera, ò sean 15 libras por pulgada cuadrada, y la válvula tiene una área de 10 pulgadas ; entónces un peso de 150 libras colocado sobre la vàlvula la conservará en su asiento, si la presion del vapor no es mas que una atmósfera. Si el vapor aumenta mas allá de ese punto, la válvula se levantará y escapará el vapor; y cuando la válvula esté abierta apesar de que no se levantó hasta que la presion habia aumentado sobre 15 libras, no volverá á bajar hasta que la presion no sea reducida considerablemente bajo de esas mismas 15 libras. Esto es debido principalmente á la forma cónica de la válvula, segun se explicará en seguida.

Cuando la válvula está sobre su asiento, el àrea sobre que hace su fuerza el vapor para levantarla es calculada por el diámetro *cd*, figura 2; pero cuando la válvula está levantada, el vapor obra sobre una àrea calculada por el diámetro mayor *ab*.

27. Este es el método practicado comunmente para determinar la presion en calderas de alta presion, que llevan de 3 à 20 atmósferas. El ma-

nómetro mercurial no se usa en esas calderas, por que la grande presion del vapor arrojaria el mercurio fuera de los tubos, à ménos que estos fueran de un largo poco conveniente.

28. El vapor que llevan las calderas de baja presion (de 3 à 25 libras) se mide por el manómetro mercurial del vapor. Este manòmetro es un tubo curvo ò sifón invertido, que tiene un brazo largo y otro corto, y que está en parte lleno de mercurio. La abertura del brazo corto se acomoda á otra abertura de la caldera, mas arriba del nivel del agua, con una juntura muy ajustada, y el brazo largo queda abierto al aire. El mercurio, cuando el vapor no ejerce su fuerza sobre él, puede subir en el brazo corto hasta cerca de la abertura de la caldera, y por supuesto estarà al mismo nivel en el otro brazo. Cuando una atmósfera de vapor haya ocupado el lugar del aire atmosfèrico que contenia la caldera, el mercurio continuará todavia al mismo nivel en los dos brazos; pero conforme aumente el vapor, este estrechará el mercurio en el brazo opuesto al vapor con mayor *fuerza* de aquella que ejerce la atmòsfera sobre el mercurio en el brazo abierto al aire; y por consiguiente el mercurio subirá en el brazo abierto, é indicará el exceso de presion del vapor sobre la presion del aire externo.

Las graduaciones en el manómetro son de una pulgada de largo. Quince libras de presion por pulgada cuadrada es igual al peso de cerca de treinta pulgadas de mercurio (Art. 23) ò lo que es lo mismo una libra de presion equivale al peso de dos pulgadas de mercurio. Cada pulgada que se

levanta el mercurio en el tubo indica una alteracion de dos pulgadas en el nivel de la columna soportada dentro del tubo curvo. Por consiguiente, una pulgada de mercurio en la escala indica una libra de presion del vapor. Y por esto, en el lenguaje vulgar se usan indistintamente los términos, *pulgadas de vapor y libras de vapor.*

Asi, sea d, (figura 3), una caldera en cuyo frente esté colocado un manómetro segun se ha descrito. Echese mercurio dentro de este tubo hasta que suba en ambos brazos al nivel d, cerca de la abertura de la caldera. Cuando aumenta el vapor, y la presion dentro de la caldera excede á la de la atmósfera en una libra, el mercurio descenderá en el brazo de vapor del manómetro una libra, hasta c, y por consiguiente subirá una pulgada en el brazo abierto hasta b, produciendo una diferencia de dos pulgadas en los niveles c y b, que es la columna sostenida por una libra de vapor. Por lo tanto, cuando el mercurio sube en el brazo abierto una pulgada, marcando en la escala una pulgada, indica una alteracion de dos pulgadas en el nivel, y por consiguiente un aumento de una libra en la presion del vapor que está dentro de la caldera.

29. Un método indirecto de determinar la presion del vapor en la caldera, es obtener su temperatura por un instrumento termométrico ó por el punto de fusion de ligas metálicas que se sabe son convertidas en líquidos á cierto grado de calor. Si la temperatura del vapor puede obtenerse exactamente por algunos de estos medios, y el vapor estuviese saturado (Art. 34) se conocerán con certeza las presiones correspondientes.

Así una temperatura de 212 ° indica una presion de 1 atmósf.

,,	,,	242	,,	,,	1	1|2	,,
,,	,,	252	,,	,,	2		,,
,,	,,	264	,,	,,	2	1|2	,,
,,	,,	277	,,	,,	3		,,
,,	,,	285	,,	,,	3	1|2	,,
,,	,,	294	,,	,,	4		,,
,,	,,	301	,,	,,	4	1|2	,,
,,	,,	308	,,	,,	5		,,
,,	,,	314	,,	,,	5	1|2	,,
,,	,,	320	,,	,,	6		,,
,,	,,	326	,,	,,	6	1|2	,,

DE LA ESPUMA EN UNA CALDERA,
SU CAUSA Y MODO DE EVITARLA.

30. El vapor no se forma del agua, hasta tanto no haya llegado ésta al punto de una moderada ebullicion, y la temperatura del agua hirviendo de ese modo es semejante á la del vapor que se forme de ella. Por lo tanto, (Art. 29.) el agua bajo la presion de una atmósfera hierve à los 212 °; bajo 1 y 1|2 atmósferas á los 242 °; bajo 2 atmósferas á los 250 °; bajo 2 y 1|2 atmósferas á los 264 °; y asi en adelante segun la tabla.

31. Segun esto descubrirémos que existe establecida en la naturaleza cierta relacion entre la presion sobre la superficie del agua y la temperatura bajo la cual hierve esta moderadamente y forma vapor. Si la temperatura del agua excede á esta relacion, tendrà lugar una violenta ebullicion con espumaje, y continuará con una violencia proporcionada al exceso, hasta que se restablezca la relacion natural. Por ejemplo, si el agua, bajo una presion de 1 y 1|2 atmósferas de vapor en la caldera está á la temperatura de 242 ° (Art.

29 y 30) repentinamente se reduce la presion à una atmósfera, por consumirse el vapor mucho mas rápidamente de lo que se forma, la temperatura del agua, continuando à los 242 ?, excederá la relacion natural establecida con la presion, y la consecuencia serà una violenta ebullicion y espumaje. Esta operacion puede explicarse asi: calientese una vasija de agua de á los 212 ? expuesta al aire libre, y el agua hervirà moderadamente. Colóquese esta vasija de agua á los 212 ? bajo el recipiente de la bomba de aire; y extrayendolo parcialmente te, redúzcase la presion à la 1|2 ò 3|4 de una atmósfera; el efecto será un violento espumaje en el agua, por haberse perturbado la relacion natural entre la presion y la temperatura. Reprodúzcase la presion confinando el vapor formado ó volviendo á admitir aire dentro del recipiente, y la espuma cesarà. Asi pues, en una caldera que produzca esta, ciérrese la vàlvula del cuello para reproducir la presion del vapor en la superficie del agua; entónces la reduccion de temperatura por la evaporacion (Art. 18) y el aumento de presion, conspirando juntos, restablecerán pronto la relacion natural entre la temperatura del agua y la presion en su superficie, y cesará la espuma. Esta repentina reduccion de presion, y el consiguiente espumaje, ocurre mas facilmente en calderas que tienen poco espacio para el vapor en comparacion á la capacidad del cilindro; porque, tomando un extremo, si se supone un cilindro que consuma 24 pies cúbicos de vapor á cada golpe, y que solo existe tres veces esa cantidad formada en la caldera, la consecuencia debe ser que á cada golpe del piston la presion se reduce repentinamente en 1|3; y debe suceder un continuo espumaje,

á consecuencia de esta reduccion en la presion, y del vapor que se necesita formar para los golpes siguientes. De aqui resulta que al construir una caldera debe consultarse que el espacio para el vapor sea bien grande y en proporcion á la capacidad del cilindro.

EFECTOS DE UNA REDUCCION DE TEMPERATURA EN EL AGUA SIN UNA CORRESPONDIENTE REDUCCION DE PRESION.

BIBLIOTECA CENTRAL DE MARINA DIRINTEMAR

32. Si la temperatura del agua y la presion se mantienen en una caldera en sus relaciones naturales, y repentinamente se inyecta una porcion de agua alimenticia mas fria, en cantidades tan grandes, proporcionalmente á la cantidad de agua contenida en la caldera, que reduzca sensiblemente su temperatura continuando lo mismo la presion, la temperatura del agua llega á reducirse bajo la relacion natural entre presion y temperatura; y en consecuencia, el agua cesará de hervir ó de hacer vapor, y quedará con una superficie tan llana y tan quieta como la del plomo derretido, hasta que el fuego vuelva á levantar la temperatura, y que por haberse hecho uso del vapor se reduzca la presion y se restablezca la relacion natural. Por esto es necesario evitar la desventaja de una demasiada reduccion del espacio para agua en las calderas, al tiempo de construirlas.

EFECTOS DE LA EBULLICION EN EL NIVEL DEL AGUA.

33. Cuando el vapor se forma en una caldera bajo una moderada ebullicion, y es consumido

por la màquina en cantidades cuasi iguales á las que se forman, la superficie del agua, á consecuencia de la ebullicion uniforme, se levanta y aparece constantemente por las probetas á mayor altura que aquella que conservaria invariablemente con la misma cantidad de agua sin hervir. Por esto, si se detiene la máquina, y el vapor se acumula de modo que aumente la presion mas allá de la relacion natural (Artículos 31 y 32) el agua cesará de hervir, y su superficie se aquietará colocàndose á un nivel mas bajo que el que conservaba mientras hervia. Por lo tanto, aunque las probetas puedan haber señalado una cantidad aparentemente suficiente de agua en la caldera, cuando la máquina estaba en movimiento, el agua puede bajar cuando esta se detenga, y exponer los fiues á la accion destructiva del fuego. Para evitar esto, los injenieros vijilantes, cuando la màquina se detiene momentáneamente, dejan escapar el vapor por la válvula de seguridad cuasi tan ligero como habia sido consumido por la máquina. El descuido de esta precaucion ha sido indudablemente á menudo causa de esplosiones; y una mediana atencion á ella puede considerarse como una prueba del cuidado con que el ingeniero atiende á su deber.

VAPOR SATURADO Y SOBRECARGADO.

34. Cuando la temperatura que posee el vapor ha sido obtenida tan solo por medio del agua, el calor ha llevado consigo de ésta, una debida porcion de humedad, que es toda la que puede contener; y el vapor existente de este modo se denomina *vapor saturado*. Pero si el vapor recibe el calor de cualquiera otro manantial, se carga con

una temperatura desproporcionada á su humedad, y se denomina entonces *vapor no saturado ó sobrecargado*. Vapor sobrecargado, es por lo tanto, aquel que ha sido elevado à una temperatura mas alta de la correspondiente á su presion, como se representa en el artículo 29. Así, el vapor de dos atmósferas de presion, tiene una temperatura de 250 ° cuando no está sobrecargado. Caliéntese este vapor à una temperatura mas alta, como se dijo en el art. 7 °, y entónces se dice que es vapor sobrecargado. Mr. Perkins fué de la opinion, y esta prevaleció últimamente, de que echando agua entre el vapor sobrecargado altamente, aquella se convertiria repentinamente en vapor de una alta elasticidad y causaria el riesgo de una esplosion. Sin embargo, algunos expérimentos hechos por el Instituto de Franklin en Filadelfia en 1836, demostraron con alguna certeza que no resulta semejante efecto; sino que al contrario se produce una pequeña reduccion de la fuerza elàstica inyectando agua dentro del vapor sobrecargado.

COMO SE INDICA EL VAPOR SOBRECARGADO. ÉL ES UNA CAUSA PROMINENTE DE EXPLOSION.

35. El vapor sobrecargado no se indica por la válvula de seguridad ó el manómetro, los cuales señalan solamente la presion; sino por el manómetro termométrico y por la plancha de ligas metàlicas (Art. 29.). Muchas de las desastrosas explosiones que ocurren, son causadas por el vapor sobrecargado. Por esto el manómetro termométrico y las planchas de ligas metálicas se estiman como precauciones de gran valor contra las explosiones de las calderas.

36. Si la presion del vapor se aumenta gradualmente hasta un punto mayor del que puede resistir la caldera, se levantará la válvula de seguridad y aliviará la presion. Algunas veces cuando una caldera está muy trabajada puede reventar una parte débil de ella antes que se levante la válvula de seguridad y producir algun daño. Pero cuando á consecuencia del flue que pasa por entre ella hácia arriba, el vapor llega á calentarse mucho y, estando en contacto con el casco de la caldera, calienta tambien á esta; una cabezada del buque, ó el repuesto del agua alimenticia, levantando el agua hasta el metal calentado, formará vapor instantàneamente, en cantidades mayores de las que pueden escapar por la válvula de seguridad, y de una presion mayor que la que puede resistir la caldera. Por consiguiente la caldera cede haciendo una tremenda explosion. Tambien cuando, á consecuencia de una inadecuada cantidad de agua alimenticia, quedan expuestos los flues y se caldean, y una cabezada del buque ó el agua introducida de repuesto hace subir á la que está adentro sobre los flues caldeados, se forma vapor repentinamente y produce asimismo explosion.

PLANCHAS DE LIGAS METALICAS.

37. Las planchas de ligas metalicas, (Art. 35,) se hacen de una mezcla de estaño, bismuto y plomo, las cuales, segun la proporcion de cada metal, se derriten á unas temperaturas que varían de los 212.° à los 350.° Este principio ha sido aplicado estensivamente por Mr. Evans en los vapores de alta presion en los rios Ohio y Mississippi,

donde se dice que ninguna caldera provista de este aparato de seguridad propiamente usado, ha reventado jamas. En Francia deben por ley tener las calderas una de estas planchas colocada en el casco, la cual se derretirà á una temperatura señalada, y por consiguiente evitarà la explosion. Uno de los defectos de este método es, que hallándose el buque en un temporal y con una tierra cerca por sotavento, la plancha metálica podria derretirse, inutilizar la caldera, y causar un naufragio. En el Mecanismo de Mr. Evans no existe este riesgo.

ALTURA DEL AGUA DENTRO DE UNA CALDERA Y METODO PARA DETERMINARLA.

38. Para conocer el nivel del agua dentro de una caldera, y poder juzgar el ingeniero cuándo se necesita mas agua alimenticia para evitar el riesgo de los flues, están las calderas generalmente provistas de cuatro probetas; la mas alta de estas se halla á un punto sobre el cual no se puede dejar subir el agua sin apropiarse el espacio dejado como recipiente del vapor; y la mas baja está á un punto bajo del cual no se puede dejar pasar el agua, sin exponer los flues. Las dos probetas intermedias son convenientes para señalar niveles intermedios. Si cuando se da vuelta á una de estas llaves deja salir vapor, por supuesto el agua estará bajo del nivel de ella; y si deja salir agua, entonces se hallarà esta sobre ese nivel. Generalmente se colocan estas probetas en el frente de cada caldera.

39. En adicion á estas probetas, tienen tambien algunas calderas otras de cristal para in-

dicar la altura del agua. La probeta de cristal es un tubo hecho de este material, y bien templado, de modo que no se quiebre muy facilmente. Este tubo está unido à la caldera por medio de otros dos tubos metálicos; el uno que sale del estremo superior del de cristal y se comunica con el interior de la caldera sobre el nivel propio del agua, y el otro, del estremo inferior del dicho tubo y se comunica con la caldera bajo dicho nivel. El agua se sostiene al mismo nivel dentro de la caldera y dentro del tubo; por consiguiente una sola mirada sobre éste manifiesta á que altura està el agua dentro de la caldera. Estas probetas resisten muy bien, pero los cambios repentinos de temperatura las hacen quebrarse.

ARROJAR SEDIMENTO, Ó SEA PURGAR LAS CALDERAS.

40. El agua alimenticia tomada de los rios de agua dulce, contiene materias vejetales y minerales. Estas materias, á menos que el agua de las calderas no se cambie de cuando en cuando, depositarán sobre la hornilla y los flues una costra terrosa, la que no solamente obstruirá la comunicacion del fuego al agua, sino que tambien privarà à los flues de la proteccion del agua, y causará el que se fundan. El desperdicio de combustible es tambien otra consecuencia de esto. Por lo tanto, con el objeto de cambiar el agua, se ponen *tubos de purga* que parten del fondo de la caldera. Cuando se abre la *llave de purga*, la presion del vapor sobre la superficie del agua fuerza á esta por entre el tubo con gran violencia. Esta operacion de purgar es la que se ejecuta á bordo de los buques de

vapor, cuando vemos salir una nube de vapor por debajo de los tambores de las ruedas acompañados de un ruido fuerte. Las calderas alimentadas con agua salada requieren un cambio de agua muy frecuente, por medio de la purga.

ARROJAR AGUA SATURADA.

41. Cuando tiene lugar la evaporacion de un cuerpo de agua salada en una caldera, nada de la sal sale con el vapor, el cual es enteramente dulce. Se vé pues de manifiesto que admitiendo constantemente en una caldera sal, con el agua alimenticia, y no saliendo nada de ella en vapor, la acumulacion de la sal continuará, y por último se llenará la caldera con esa substancia, á menos que se adopten medios para librarse de ella. Por lo tanto, para este objeto, en calderas marinas, el tubo de purga pasa por el costado ó el fondo del buque desde el fondo de la caldera, donde se reune el agua mas salada porque es la mas pesada.

42. Arrojando por este tubo aquella agua salina en alto grado, se hace salir el exceso de sal; pero tambien pasa una cantidad considerable de calor que se pierde; y para conservar el nivel del agua en la caldera, el agua arrojada debe ser repuesta por otra que se introduce por medio de las bombas de fuerza, la cual necesitará mas combustible para calentarse. Por lo tanto, para evitar una perdida inútil de calor y desperdicio de combustible por la operacion de purgar las calderas, debe tenerse cuidado de no hacer esta operacion mas á menudo ni en mas cantidad, de lo necesario para evitar un depósito de sal.

43. Para determinar cuando existe la nece-

sidad de purga, los ingenieros atentos sacan de cuando en cuando del fondo de la caldera, una pequeña cantidad de agua, y prueban su gravedad específica con un hidrómetro.

El agua, conteniendo toda la sal posible en solucion, llamada *solucion saturada*, ó mas familiarmente *agua saturada*, cuando está próxima à depositar la sal sòlida, contiene 36'37 partes de sal en 100 partes de agua (por peso). Si al probar el agua sacada de la caldera, se encontrase que se aproxima á ese grado de gravedad especìfica, será inseguro el diferir por mas tiempo la operacion de purgar. Los ingenieros aprenden à calcular el tiempo de intervalo necesario entre estas operaciones, por medio de observaciones y experimentos, para evitar por una parte desperdicio de combustible y el deposito de sal por la otra.

44. Si por no arrojar freuentemete agua saturada, se forma en los flues un depósito de sal en la forma de una costra dura, la cual es *no conductora*, producirá un aumento de consumo de combustible sin el correspondiente aumento de vapor, y será causa de que se fundan los flues.

45. Finalmente, los daños que resultan de la poca atencion á la llave de purga en calderas marìtimas son los siguientes; primero, el fundirse y debilitarse los flues, especialmente si son de cobre, y por consiguiente un riesgo inminente de explosion, y segundo, un desperdicio de combustible lo cual en viajes largos, ó para buques cruceros, es manifiestamente de la mayor consecuencia. Como el purgar hace necesario un copioso repuesto de agua alimenticia, y como esta agua alimenticia es de una temperatura baja, y por consiguiente

tiende à reducir la del agua de la caldera con la cual se mezcla, puede ser necesario algunas veces purgar y reponer agua abundantemente, para moderar la formacion del vapor. Por lo comun es evidente que en semejantes casos, debe sacrificarse este al bien de la preservacion de las calderas. En las largas navegaciones resulta una verdadera economia en purgar con abundancia; pero mui à menudo prevalece lo contrario, y à consecuencia de esto, viene la necesidad de emplear alguna gente con cinceles y barras, à bordo de los vapores de mar, rompiendo las costras de los flues de las calderas, que se han formado por la falta de purga.

BIBLIOTECA CENTRAL DE MARINA DIRINTEMAR

46. No deja de ser con frecuencia un motivo justo de queja, el que los injenieros fijen á menudo su atencion enteramente al *mango de partida*, llaves de inyeccion, válvulas de cuello y á otras partes de la máquina; y dejen las probetas de agua, la llave alimenticia, y las llaves de purga de las calderas enteramente al juicio y manejo de los fogoneros; cuando en realidad las calderas son el manantial, del poder á la vez que del peligro, y deberian por lo tanto ser atendidas frecuentemente por el oficial mas inteligente en el departamento de la máquina de un buque.

SECCION II.

TEORÍA DEL CALÓRICO LATENTE Y SENSIBLE COMO SE APLICA AL VAPOR.

1. En la formacion y condensacion del vapor, se producen otras clases de fenómenos, los cuales, aunque menos notables en apariencia, son de gran consecuencia, tanto por su inmediata co-

nexion pràctica con el uso que del vapor se hace, cuanto por su gran interès filosófico. Aludimos à aquellos fenómenos que se esplican por la teoria del calor latente y sensible. El primero que enseñó esta teoria fué el Dr. Black de Edimburgo, el año anterior á aquel en que el celerre James Watt comenzó sus trabajos sobre la màquina de vapor, y sirvió para esplicar las dificultades que el último encontrò desde el principio de su trabajo.

2. La palabra calor, en su acepcion comun, espresa alguna cosa que es *sensible*, que se percibe por el sentido del tacto, ó por el de la vista en sus efectos sobre el termómetro. Pero el Dr. Black descubrió, que el principio del calor existia en un estado no sensible, del mismo modo que en el sensible. Para evitar ambigüedades, este principio se denomina calórico.

Por lo tanto, el calórico, es, ò bien libre y sensible, ò bien latente ó insensible. Sabemos que la presencia del calórico en los cuerpos es la causa de su fluidez, asi como la ausencia lo es de su solidez. Caliéntese el hielo ó el hierro, y se harán fluidos; enfriénse, y recasumirá su forma sólida.

3. La teoria es, que todo cuerpo sólido se compone de partículas de materia que se conservan unidas por la atraccion de cohesion, pero que hay una porcion de calórico interpuesto entre estas partículas, de manera que nunca llegan à tocarse, aunque al parecer asi lo hacen; que cuando se aplica mas calórico, las partículas se separán, lo que causa una expansion, como que todos los cuerpos sufren expansion por el calor, y contraccion por el frio; que cuando por una mayor aplicacion de calórico, las partículas se han separado tanto para recibirlo, que debiliten suficientemente

la atraccion de cohesion, el cuerpo cesa de ser sólido, y pasa al estado de fluido, en el cual cada partícula se mueve libremente entre las otras.

4. Se ha tomado al agua como un ejemplo de la teoría del Dr. Black, sobre el calórico latente y sensible, porque es la mas conveniente, y por que tiene una relacion mas íntima con el asunto de que se trata.

La sustancia de que se compone el agua, existe bajo tres diferentes formas: el sólido, el líquido y el aeriforme. Como sólido, es hielo; como líquido, es agua; y como aeriforme, es vapor.

5. Si al hielo, que contiene una temperatura como de 32. ° se le aplica un calor de 140. ° se convertirá en agua, con una temperatura de poco mas de 32. °. El todo de los 140. ° de calor aplicado en este caso para producir fluidez habrá desaparecido. Este calor está en el agua, pero existe allí en el estado latente.

Para demostrar esto, tómese una libra de agua á la temperatura de 172. ° y échese dentro de ella una libra de hielo á la temperatura de 32. ° El hielo se derretirá, y el resultado será, dos libras de agua à poco mas de 32. ° de temperatura. Por lo tanto, el hielo habrá absorvido 140. ° de calor para convertirse en líquido, y el todo de este calor habrá pasado al estado de latente ó insensible.

6. El agua se convierte en vapor, bajo la presion de una atmosfera, á la temperatura de 212. °; pero al convertirse en vapor absorve unos 990. ° adicionales de calor; de modo que contiene 1202. °, de los cuales solo 212. ° quedan sensibles.

Para demostrar esto, unánse dos basijas con

un tubo de vapor que pase desde el tope de la una hasta cerca del fondo de la otra. En la vasija A. (figura 4) póngase 5 1|2 libras de agua á 32. ° de temperatura, y en la vasija B. póngase una cantidad indefinida. Hiérvase la de la vasija B. y su vapor á 212. °, pasando á la vasija A. y condensándose allí, dará suficiente calor para hacer hervir el agua que ella contiene. Cuando se haya hecho hervir el agua de la vasija A, se encontrará que ha aumentado su peso hasta 6 1|2 libras; haciendo ver que ha pasado de B. para A. una libra de agua convertida en vapor, y que, en tal estado, tenia esta libra de agua bastante calórico para hacer subir 180. ° la temperatura de una cantidad de agua cinco y media veces mayor que ella. De aquí resulta que ha dado al agua 5 1|2 veces 180. °, ó 990. ° y retiene 212. °; por consiguiente debe haber contenido una suma de calórico, latente y sensible, igual á 1202. °

Este experimento demuestra tambien, que 5 1|2 libras de agua á los 32. °, condensarán el vapor producido por la evaporacion de una libra; y nos servirá para esplicar en adelante, porqué se necesita tanta agua en el condensador de una máquina para condensar el vapor y producir el vacío.

7. En general toda reduccion de volumen ó aumento de densidad, es acompañada de una exhibicion de calor sensible. El mas directo y vivo ejemplo de esto ocurre cuando se comprime el aire atmosférico repentina y poderosamente, en cuyo caso exhibe un calor luminoso ó produce combustion.

8. Así tambien un aumento de volumen ó diminucion de densidad viene ordinariamente acompañado de una absorcion de calor del estado

sensible al latente. Un ejemplo sorprendente de esto se halla en el hecho de que el vapor emitido de una caldera à los 212. ° quema ó escalda; lo que no sucede con el vapor á los 350. °, bajo las mismas circunstancias. En el primer caso es tan poca expansion al salir del confinamiento en la caldera, que absorve y hace latentes mui pocos grados de los 112. °; en el otro caso la expansion es inmensa y ràpida, absorviendo y haciendo latentes mas de 150. ° de calor sensible, reduciéndolo asì bajo de la temperatura en que escalda.

SECCION III ª.

Construccion de las calderas.---Superficie de fuego.---Espacio del agua y espacio del vapor.---Formas de las calderas, y clases de metales usados en su construccion.

CONSTRUCCION DE LAS CALDERAS.

SUPERFICIE DE FUEGO Y FLUES.

1. La accion de una màquina depende de la cantidad y fuerza elástica del vapor (Sec. 1. art. 1). Si el efecto calculado de una màquina se basare sobre la hipótesis de 20 revoluciones ó un consumo de 40 cilindros de vapor por minuto, con una presion igual à 10 libras por pulgada cuadrada, y la caldera prueba no ser adecuada para suplir vapor de esta presion media en el cilindro mas que á razon de 10 revoluciones por minuto, se sigue que la máquina operarà con menos efecto del propuesto, y hará imperfectamente el trabajo para que se habia calculado.

3. Por lo tanto, la exactitud en las proporcio-

nes y construccion de una caldera es de grande importancia; y su primer requisito es suplir vapor à la máquina en razon al número de revoluciones calculado.

Para efectuar esto deben tener las hornillas una buena corriente de aire, de modo que produzca una combustion vigorosa y dé intensidad al calor; y la caldera debe ser construida con la extension suficiente de superficie de fuego (Sec. 1. art. 13); porque guardando proporcion las demas partes, las calderas produciràn vapor de una fuerza y con una brevedad proporcionada á la estension de la superficie de fuego.

La intensidad de la corriente de aire depende de la altura de la chimenea, y tambien del *área* y *colocacion* de los flues.

4. Por *área* de un flue se entiende el área de una seccion transversal, ó cuando hay muchos flues, la suma de las àreas de todas las secciones. Jeneralmente se deja que esta àrea sea tal como resulte de la colocacion del flue para producir una suficiente estension de superficie de fuego; porque, una vez obtenida esta, la experiencia ha probado que el àrea del flue es tambien suficiente.

5. La *colocacion del flue* deberá hacerse de tal modo que trasmita al agua que lo rodea todo el calor producido, hasta una temperatura bastante alta para formar vapor. Esta es la regla, aunque la práctica no puede estar siempre conforme á ella: pero deberia hacerse un esfuerzo para aproximársele tanto cuanto fuera posible; porque está probado que el permitir que una gran porcion de este calor pase al aire por entre la chimenéa contribuiria á un desperdicio de calor, *que es un desperdicio de combustible*.

Este desperdicio se evita con estender la superficie de fuego, bien haciendo pasar la llama y aire caliente por entre un crecido número de flues angostos y cortos, ó bien por entre un pequeño número de flues anchos y de mayor longitud.

6. Es mejor, especialmente para objetos marítimos, tener flues anchos, no menores que de 8 á 12 pulgadas de diámetro; con tal que haya lugar para calderas bastante largas en proporcion á la longitud que deben tener los flues grandes; ó bastante altas ó anchas para producir esta longitud retornando los flues.

El flue grande es preferible, porque está menos sujeto á obstruirse con el hollin, cenizas, cernadas ó sal. Pero en situaciones que limitan el largo, altura y ancho de la caldera, el único medio de producir aquella estension de superficie de fuego capaz de extraer todo el calor que puede usarse con ventaja en la formacion del vapor, es el de reducir el tamaño y multiplicar el número de flues; dejando en tal caso, como inevitable, el defecto que resultaria de la facilidad para obstruirse. Aquellas calderas en que el diámetro de los flues se reduce à 3 ó 4 pulgadas, se denominan calderas *tubulares*; y en razon à su reducido tamaño y peso, están universalmente en uso para producir el poder locomotor en caminos de hierro.

7. Las figuras 5 y 6 ilustran casi todo lo que se ha dicho ó se dirà en esta seccion con respecto á la forma y construccion de las calderas.

La figura 5 es una seccion longitudinal y transversal de una caldera rectangular comun americana de baja presion; en la cual a, es el cenízero; b, la posicion de las parrillas; c, las hornillas; d, los flues; e, el flue de retorno; f, los

flues unidos; g, la chimenea; h, el nivel del agua; i, el fondo del agua que protege al fondo de la caldera evitando el que se funda, y ademas hace útil algun calor que de otro modo irradiaria y seria perdido; k, el espacio del vapor; y l, la chimenea ó tambor del vapor, en la cual está el vapor sobrecargado à un alto grado.

La figura 6 representa una seccion longitudinal y vista del frente de una caldera tubular cilíndrica de alta presion; en la cual a, es el cenicero; b, la posicion de las parrillas; c, la hornilla; d, los tubos que corresponden con los flues de la figura 5; e, la caja del humo ó base de la chimenea en donde terminan los tubos; f, la chimenea; g, el nivel del agua; h, el espacio del vapor; i, la línea del tope de la hornilla y los flues; y k, la cúpula de donde se saca el vapor.

ESPACIO DEL AGUA Y ESPACIO DEL VAPOR.

8. El objeto que sigue en importancia para la construccion de las calderas es su capacidad para contener agua y vapor. Esta, por supuesto, depende del tamaño de la caldera y de la proporcion del espacio interior ocupado por los flues; porque si dicho espacio estuviera casi lleno con los flues, quedaria demasiado poco para el agua.

La caldera representada en la figura 6, siendo tubular, contiene mas superficie de fuego en el mismo tamaño de caldera, pero el espacio del agua se reduce sumamente con amontonar los flues unos sobre otros, como se vé en la figura.

9. En tierra escasamente hay límite alguno, si no es el costo, para el gran tamaño ó peso de una caldera, y por lo tanto es fàcil construirla para

una máquina de uso terrestre, con todo el flue necesario y con abundante capacidad para el agua y el vapor. Pero al diseñar una caldera que ha de ser puesta á flote, el ingeniero tiene que ser económico en el espacio y en el peso; porque si un buque queda ocupado y cargado con sus calderas y máquinas, no tendrá lugar ni fuerza para cargar otra cosa.

10. Por tanto, es esencial la reduccion del agua que ha llevar una caldera á flote, y solo se conforma esta reduccion por las siguientes reglas que son importantes.

Primera. La cantidad de agua que se lleva debe ser mayor que la evaporada en un tiempo dado, para que el repuesto del agua fria alimenticia en el mismo tiempo, no reduzca mucho la temperatura, y de consiguiente no reprima repentinamente la formacion del vapor. El agua contenida en la caldera debe ser tambien en cantidad proporcional al agua saturada que se forma y que se arroja por el tubo de purga, á fin que el indispensable repuesto de agua fria alimenticia no reduzca mucho repentinamente la temperatura de la que está dentro.

Segunda. Debe haber una altura tal de agua sobre los flues mas altos, que un pequeño descuido en alimentar la caldera no exponga á esos flues á quedar descubiertos del agua; y la altura del agua deberia tambien ser tal, que cuando el buque tumbe de un lado, los flues de los costados no queden expuestos al buscar el agua su nivel.

11. La altura de la caldera necesaria para dar el competente *espacio del vapor*, como se llama el espacio que hay en el casco de la caldera sobre el agua, deberia tambien ser tan reducida

como lo permitan las consideraciones siguientes.

Primera: la necesidad de sacar el vapor de un punto tan distante sobre la superficie del agua, que no pueda salir agua alguna junto con el vapor que entra al cilindro; porque siendo el agua incomprimible, cualquiera cantidad de ella entre la tapa del cilindro y el piston haria saltar aquella; y segunda, la necesidad que existe de dar al vapor una acumulacion en cantidad, igual cuando menos á diez veces la capacidad del cilindro; porque si la acumulacion fuere menor, el vapor seria consumido en tan gran proporcion, que aliviaria repentinamente la presion de la superficie y produciria una violenta ebullicion y espumaje, (Art. 33. Sec. 1,) lo cual causaria engaño con respecto á la altura del agua en la caldera y podria conducir á la explosion.

La tendencia del agua á pasar al cilindro junto con el vapor es mui grande, aun en caso de tomar el vapor mui arriba del nivel del agua. La causa es el repentino alivio de presion en una parte de la superficie, mientras que la presion continùa en todo el resto de ella.

12. Cuando las calderas son construidas con una altura tan limitada que el vapor no puede ser sacado de bastante altura sobre el nivel del agua, para evitar el riesgo de que esta entre al cilindro, se eleva sobre la caldera, un tambor ó cúpula, de la cual se saca el vapor. Algunas calderas tienen una chimenea de vapor, que es un tambor construido al rededor de esta que se extiende unos pocos pies sobre el casco de la caldera. En esta clase de chimeneas llega á encontrarse el vapor en cierto modo sobrecargado por el calor que adquiere de la chimenea del humo. El objeto de dar al vapor este calor adicional, es que

si pierde alguna parte del que tiene por irradiacion en su paso á lo largo del tubo del vapor, no pueda condensarse.

FORMAS DE CALDERAS Y CLASES DE METALES USADOS EN SU CONSTRUCCION.

13. Por supuesto las calderas deben tener resistencia en proporcion á la fuerza elástica del vapor que se intenta encerrar en ellas. Con una sola atmósfera de vapor dentro, contrapesada por la presion de la atmósfera natural afuera, no es necesaria una fuerza extraordinaria en la construccion. Pero cuando se forma vapor, como sucede no con poca frecuencia, de seis y ocho atmósferas de presion, ó mas de 100 libras por pulgada cuadrada, manifiestamente es necesaria la mayor resistencia de forma y construccion posible.

14. Las calderas de baja presion, que raras veces llevan vapor que exceda de 25 libras, se hacen por lo comun de una forma angular, que es favorable para la economía y para el espacio, y cuando están bien amarradas con tirantes interiores, se encuentran suficientemente fuertes.

15. Pero la caldera de alta presion, que lleva 100 libras y aun mas, debe ser de la forma cilíndrica que excede en fuerza á todas las otras y no necesita abrazaderas interiores. Y como su fuerza está en razon inversa de su diámetro, las calderas para vapor de mui alta presion no deben tener mas de 5 ó 6 pies de diámetro. En tales casos se obtiene una gran capacidad de caldera aumentando el número de ellas, y uniéndolas con comunicaciones para la agua y el vapor, de modo

que se conserve un equilibrio del agua y del vapor en toda la série.

El riesgo de este mecanismo consiste en la posible obstruccion de estas comunicaciones, y en la facilidad de que cuando están á flote, la caldera de barlovento tenga expuesto algun flue á cada pequeño balance del buque. Esto sucede á menudo en los botes de vapor del Oeste que llevan poca agua en las calderas, y tumban mucho en las vueltas de los rios.

16. Las calderas se construyen con planchas de metal, hechas de cobre ó hierro por medio de rodillos, y remachadas unas con otras. Las calderas de cobre son, en comparacion con las de hierro, mas costosas, no tan fuertes, y mas sugetas á dañarse ó fundirse cuando quedan expuestas al fuego sin la proteccion del agua. Por otra parte, menos expuestas á oxidarse, especialmente si se usan con agua salada, y son atendidas con esmero, pueden durar mucho mas largo tiempo. Ademas ya inutilizadas, las calderas de cobre tienen valor como metal viejo, mientras que las de hierro en el mismo estado son casi inútiles.

SECCION IV.

Combustion, corriente de aire, insuflacion, combustible, humo.

COMBUSTION.

1.° Combustion es una rápida oxidacion y descomposicion de algunas substancias, acompañada de gran exhibicion de un calor, en general luminoso aunque no es necesario que lo sea. Esta descomposicion resulta de la afinidad que la substancia

combustible tiene con el oxìgeno. Cuanto mayor sea esta afinidad, tanto mas combustible será la substancia. Algunas veces es tan grande que produce una combustion expontánea; pero en general, no sucede la combustion á menos que se exite con la aplicacion de un calor artificial de alto grado.

2. En donde es mas rápido el repuesto de oxígeno, lo es tambien mas la combustion, y el consiguiente desarrollo de calor. Y como el repuesto natural de oxìgeno se obtiene directamente del aire atmosférico, 20 por ciento del cual es oxígeno, se sigue, que cuanto mas rápido sea el repuesto de aire dado á una hornilla donde tiene lugar la combustion, tanto mas vigorosa serà esa combustion.

CORRIENTE DEL AYRE.

3. Este repuesto de aire depende de la corriente; la cual, siendo iguales las otras partes, es proporcionada dentro de la extension de sus limites á la altura de la chimenéa. Si la columna de aire que hay dentro de una chimenéa no se calienta, su peso serà igual al de una columna de aire de igual área, cuya base este fuera de la chimenéa; por tanto , las dos columnas se contrapesan entre sí, y no se percibe movimiento ó corriente. Pero si esa porcion de la columna atmosférica, cuya base está dentro de la chimenéa, se calienta, serà rarificada, y se hará mas lijera que las otras columnas que la rodean; y como el aire se mueve siempre en la direccion de la menor resistencia, se levantará inmediatamente en la chimenéa una corriente mas ó ménos ràpida. Cuanto mas alta sea la chimenéa, tanto mas rarificada serà la porcion de la

columna atmosférica que descansa dentro de ella, y por consiguiente tanto mayor y mas poderosa será la corriente. Y si esta corriente pasa por entre las parrillas de la hornilla, comunica su origen al fuego que existe allí, y produce un vigor de combustion proporcionado á dicha corriente.

INSUFLACION.

4. Algunos de los combustibles de que se usa comunmente necesitan mas aire del que puede obtenerse cómodamente por la altura de la chimenéa en los buques de vapor. En tales casos se recurre al medio de formar artificialmente una corriente de aire; y esta corriente se produce jeneralmente por medio de un abanico ó *soplador*, el cual hace muchos ciento de revoluciones por minuto y arroja aire atmosférico bajo de las parrillas de una hornilla, y hácia arriba por entre el combustible extendido sobre ellas.

COMBUSTIBLE.

5. Las clases de combustible en uso comun son: carbon bituminoso, carbon antràcito, leña de pino y leña dura.

6. Los ingredientes esenciales en el combustible para la combustion son hidrógeno y carbon. Hidrógeno es el principio que produce la llama; carbon es el que produce la escoria ó cama de carbon que irrádia el calor despues que el principio inflamable ha sido agotado. Por lo tanto, aquel combustible que contiene la mayor proporcion de hidrógeno, como el carbon bituminoso, la leña de pino y la resina, hará el fuego mas capaz de extension, pero tambien ménos durable; y aquel

que contiene la mayor proporcion de carbono, como el carbon antrácito, produce el fuego mas durable, pero de ménos extension, es decir, de ménos llama. Asi es que, cuando se desea producir un calor repentino é intensamente difundido, se acostumbra echar resina en las hornillas; pero es evidente que esta no hará un fuego durable. Por otra parte, el fuego del carbon antrácito es de mucha duracion; pero operando con una corriente de aire natural, aunque posee un alto calor local, no lo esparce por entre un fuego de flues extensos. El combustible en que mejor se combinan los principios inflamables y durables, es el carbon bituminoso, que por tanto es jeneralmente preferido.

7. Siempre que se escoja la leña por combustible, tómese aquella que esté sólida y seca. Cuando se escoja el carbon, tómese aquel que esté mas libre de contener pizarra y otras materias terrosas, las que se combinan siempre con el carbon en mayor ó menor grado, y forman el residuo incombustible que se denomina *cernada*. Como esta materia terrosa se compra como si fuera carbon, pesa y ocupa espacio á bordo de un buque, obstruye las parrillas y da trabajo para limpiar, izar las cenizas y arrojarlas al agua; es claro que cuanta ménos cantidad de ella contenga un cuerpo de carbon, tanto mejor será éste.

8. El carbon de muchas minas contiene azufre. El efecto del azufre, debido á su mucha afinidad con el hierro y el cobre, es destruir las parrillas y dañar las hornillas y flues en donde se quema el carbon que lo contiene. Por tanto, el carbon mas libre de azufre es el mejor para usar en las calderas.

9. Otra razon importante por que deberia evi-

tarse el uso del carbon que contiene azufre, á bordo de los buques de vapor , es que el azufre es el principio que combinado con el hierro formando el sulfurato de hierro ó pirites de hierro, ocasiona la combustion espontánea. Esta es una verdad importante, porque muy á menudo ha tenido lugar la combustion espontánea á bordo de los buques de vapor, formando una causa prominente de peligro en ellos , si no se cuida de evitarlo. Siendo las piritas un mineral de un color pardo claro, se descubren facilmente por un exámen prolijo.

HUMO.

10. El producto de un consumo perfecto de los ingredientes que contiene el combustible (Art. 6.) son àcido carbónico y vapor acuoso; produciendo el oxígeno combinado con el carbon, ácido carbónico, y combinado con el hidrógeno, vapor. Estos productos, que son ambos incombustibles é invisibles son llevados por la corriente hàcia la chimenéa. Pero lo imperfecto de la combustion deja salir libremente de todas las clases de combustible en uso comun, excepto del carbon antrácito, grandes cantidades de materia combustible, principalmente carbono, las cuales se escapan en la forma de humo por la chimenéa hácia el aire, y son perdidas. Se han hecho frecuentes experimentos para quemar el humo, pero todos sin resultados hasta ahora poco. El mejor método, y que en el dia està en uso á bordo de algunos de los vapores ingleses, es admitir dentro de los flues una nueva corriente de aire por detras de la plancha divisoria que separa la hornilla de los flues. El oxígeno de esta

nueva cantidad de aire combinándose con todas las partículas de naturaleza combustible que existen en el humo, consume este, y al mismo tiempo desenvuelve un nuevo repuesto de calor. Pero se cree que es menor la cantidad de calor que se gasta por esta combustion, que la que se pierde admitiendo en los flues el aire frio que entra á producir la combustion.

11. Pero aunque no se gane nada en la economía de combustible consumiendo el humo del carbon bituminoso, el verse libre del humo solamente, es grande conveniencia. Para los vapores de guerra podria ser de una importancia esencial el no tener sobre sí una columna de humo que descubra su posicion.

Estos principios de la corriente de aire para perfecta é imperfecta combustion, y de la consiguiente presencia ó ausencia del humo, se aplican en las lámparas solar y astral del uso comun.

Enciéndase la làmpara astral sin el tubo ó chimenéa, y la combustion será imperfecta à consecuencia de lo imperfecto de la corriente de aire, y la lámpara arderà con una llama triste y roja, arrojando humo en abundancia. Póngase la chimenéa, y sin alterar la mecha, la corriente de aire mejorada hará que la llama asuma una apariencia blanquizca y brillante sin humo alguno, manifestando una combustion perfecta. Sáquese mas la mecha; la llama rojiza y el humo aparecerán de nuevo, porque se ha aumentado el combustible en desproporcion al repuesto del oxígeno, y en consecuencia la combustion es otra vez imperfecta.

En la lámpara solar hay una segunda cantidad de aire de repuesto que se admite por sobre la mecha, el cual consume el humo produciendo una luz mas intensa; del mismo modo que el repuesto de oxìgeno admitido por detras de la plancha divisoria de la hornilla de una caldera quema el humo produciendo un aumento de llama.

SECCION V.

De la màquina de vapor.----Construccion interior del cilindro.----Nombres y usos de las partes de una màquina.--- Comparacion de los golpes largos y cortos. Màquinas americanas è inglesas.---Màquinas de alta y baja presion.----Accion expansiva del vapor.

DE LA MÁQUINA DE VAPOR.

1. La màquina trabaja por medio del vapor que corre de la caldera hácia adentro del cilíndro, en donde obra sobre el piston y produce el movimiento. El vapor es admitido en el cilíndro por una válvula, y cuando ha ejercido la accion impeliendo al piston hácia arriba ó abajo, se abre otra válvula, y deja que se escape del cilindro. En unas máquinas como en las de alta presion, este escape se hace al aire; en otras como en las de baja presion, se hace hácia dentro de un vaso llamado condensador, en donde el vapor se mezcla con agua fria y se condensa.

El escape hácia el aire es simple y directo; pero el que se efectúa hàcia el condensador, y las operaciones hechas allí necesitan explicacion.

CONSTRUCCION INTERIOR DEL CILINDRO Y APARATO DE CONDENSACION.

2. La construccion interior del cilindro, piston, condensador y bomba de aire, y su modo de operar estàn representados en la figura 7. Comenzando por el tope de la figura, a. es el *vástago del piston* que atraviesa la tapa del cilindro b. por una abertura, que se hace impenetrable al vapor por medio de una *caja de estopa* c. la cual ajusta hácia abajo con tornillos y comprime en d. una cantidad de cáñamo ajustado al rededor del vástago. El piston e. tiene tambien una guarnicion impenetrable al vapor, hecha con cáñamo ó con anillos metàlicos en f. la que impide que el vapor pase entre el piston y el cilindro. *La válvula alta del vapor* g. y la *válvula baja de educcion* h. se hallan abiertas al mismo tiempo; y entónces el vapor entra por la parte alta del cilindro i. de la caja del vapor k. Esta caja se mantiene constantemente llena de vapor por un tubo que viene de la caldera. Cuando el vapor entra por la parte i. fuerza al piston hàcia abajo en la direccion de las flechas, y al mismo tiempo el vapor que està debajo del piston, sale del cilindro por la parte l. la válvula de educcion h. y el tubo de educcion m. hácia adentro del condensador n. Aquì se encuentra el vapor con el agua de inyeccion que entra por el *tubo de inyeccion* o. y es condensado por esta agua al mismo tiempo que la calienta. La condensacion de este vapor produce un vacío casi perfecto debajo del piston; por consiguiente, hay en esta parte muy poca ó ninguna resistencia para el movimiento del piston hácia abajo, y el total de la presion del vapor sobre la superficie

superior del piston, es presion *efectiva*. Cuando ha llegado al fondo del cilindro, se cierran las válvulas g. y h. y abren otras, (que tambien se ven en la figura, proyectadas detras de aquellas). Entonces el vapor entra al cilindro por la porta C. y fuerza al piston hácia arriba, mientas que el vapor, que está en la parte superior del cilindro, se escapa por la porta i. por entre el *tubo lateral de educcion*, hácia el condensador. De este modo se produce el movimiento alternado del piston y de su vástago a. el cual está unido á una balanza ú otra parte movible de la máquina, como se hará ver mas adelante.

El agua condensadora se reune en el fondo del condensador y de la *plataforma*, y es extraida de allí por entre el canal de la plataforma y la *válvula del fondo* q, hácia el cilindro r. de la bomba de aire por medio del movimiento del *émbolo* s. de dicha bomba. Este émbolo tiene unas válvulas t. t que se abren hácia arriba cuando desciende, y se cierran cuando el émbolo asciende; levantando el agua y forzándola por entre la *válvula de entrega* u. hácia el pozo caliente ó recipiente v. Los mecanismos del condensador, de la bomba de aire y del pozo caliente son distintos; pero todos sobre el mismo principio general y con el mismo objeto, esto es: producir un vacío en el condensador y en aquella parte del cilindro que está abierta hácia él

3. Las válvulas g. y h. que se ven en la figura, son de la clase llamada *válvulas cónicas*. La válvula cónica es una plancha cónica que se levanta de un asiento circular.

La admision alternada del vapor sobre el piston y debajo de él, se efectúa tambien por medio de

una *válvula* D· ò sea de tirador. La válvula de tirador se usa en todas las máquinas de alta presion; pero en Inglaterra se usa tambien en las de baja presion ó condensadoras. Sea X. un cilindro, (figura 8) c. la caja del vapor; p. el tubo del vapor; e. el tubo de educcion, n. y s. unos canales que unen las portas de las extremidades del cilindro con la caja del vapor; y V. la válvula D. ó de tirador que se mueve alternadamente de extremo á extremo de la caja de vapor, por medio del vástago r. En la posicion que representa la figura, la abertura ò canal n. se comunica con el tubo de educcion e. y por él escapa el vapor de la parte superior del cilindro; mientras que el canal s. que está abierto á la caja del vapor, recibe y lleva el vapor al otro extremo del cilindro. En la posicion inversa, el canal s. se uniría con el tubo de educcion E. y el canal n. estaria abierto para recibir el vapor de la caja del vapor C.

DESCRIPCION JENERAL DE LA MÁQUINA.

4. El lector está ahora preparado para comprender la accion completa de una máquina. La figura representa la forma de una máquina condensadora, tal como las que se usan mas comunmente en nuestros vapores de pasage. Las partes tomadas en detal y en el òrden que llega à ellas el vapor de las calderas, son como sigue.--*El tubo del vapor* saca el vapor de un punto elevado del *tambor* ó *chimenea del vapor* (seccion 3a. art. 12) y lo lleva al *tubo lateral* A. de donde pasa á las *cajas del vapor*; una de las cuales se vé en *g.* y la otra en *h.*; D. es el cilindro, *e. f.* es el piston; *a.* el vástago del piston; E. el tubo de educ-

cion, que no se vè en la figura por estar detras del tubo lateral del vapor; *n.* el condensador; *o.* el tubo de inyeccion; P. la llave de inyeccion; *m.* el canal de comunicacion del condensador con la bomba de aire; q, la válvula del fondo; *r.* la bomba de aire; *t,t* las válvulas del èmbolo, y *v.* el pozo caliente. Las operaciones que se hacen en estas partes se han explicado ya en el artículo 2. El agua que se necesita para alimentar la caldera y reponer la que ha salido de ella en vapor, se toma del pozo caliente por entre el tubo de la *bomba de fuerza*, y por medio de esta bomba esforzada hácia adentro de la caldera por entre el *tubo alimenticio y la válvula de detencion* de este tubo. Esta vàlvula se levanta cuando baja el *buzo* ó embolo de la bomba de fuerza, y abre el paso al agua hàcia la caldera. Pero cuando el buzo de la bomba de fuerza sube, cae la vàlvula de detencion è impide que la presion que está dentro de la caldera empuje al agua hàcia afuera por entre el tubo alimenticio. La mayor parte del agua del pozo caliente sale hácia afuera por entre el *tubo de desague.* atravesando, bien el fondo ó bien el costado del buque.

Esta circulacion de la caldera al pozo caliente y de este otra vez á aquella, sigue continuamente cuando una màquina està en operacion. Y cuando una nueva cantidad de vapor está entrando al cilindro sobre el piston, el vapor que está debajo y que ya ha hecho su oficio, está en el mismo instante pasando hácia adentro del condensador. De manera que abren casi en el mismo instante, una válvula del vapor arriba, y una válvula de educcion abajo; ó nna vàlvula de educcion arriba y otra del vapor abajo.

6. El movimiento recíproco del piston, obrando sobre un extremo de la balanza por medio del vástago del piston *r*, produce un movimiento vibratorio en los dos estremos de aquella; y por consiguiente la *barra de conexion t.* operando sobre la cigüeña *u.* produce un movimiento de rotacion en ella y en la rueda de agua.

El movimiento rectilíneo del vástago del piston se conserva por medio de una *cruz del cilindro* y de unos guias: el cual es un movimiento simple, que se encuentra en casi todos nuestros vapores de rio. Los ingleses usan el paralelísmo inventado por Mr. Watt, el cual sirve para cilindros de golpe corto, pero no para los de golpe largo que se usan en Estados Unidos.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

7. En el eje principal cerca de la cigüeña hai un disco *excéntrico v.* que estando unido por un *anillo* y su *mango* al pequeño *manubrio* del eje de las válvulas, hace que estas trabajen y que la màquina puesta una vez en operacion, continúe asi sin la ayuda de ningun otro agente, excepto para atizar y conservar el fuego. El *mango de inyeccion* sirve para abrir ó cerrar la *llave de inyeccion* cuando es necesario. La union del mango con la llave se vé de manifiesto en la figura. La *válvula de cuello* que está en el tubo del vapor sirve, cerrándose ó obriéndose por medio de un cierto mecanismo, para regular el repuesto del vapor que se consume.

8. Cada màquina condensadora tiene todas estas varias partes que hacen los oficios descritos en la representada aqui, sin escepcion alguna. Algunas máquinas no tienen balanza, pero la barra de conexion une directamente el vástago del piston con la cigüeña. Las formas de

las màquinas son tan variadas, que á ménos que se estudien sistemáticamente, confundirán con facilidad à una imajinacion no familiarizada con el asunto. Por tanto, al observar una màquina nueva, cualquiera que sea su forma, comiéncese su exàmen por el gran tubo que viene siempre de la caldera, y sígase en el órden dicho antes, y de este modo no dejarán de comprenderse sus peculiaridades esenciales.

9. La forma de la máquina representada en la figura, es la de las comunes de balanza que se usan á bordo de la mayor parte de los vapores de rio que condensan el vapor en los Estados Unidos. Pero esta forma tan elevada no es adaptable á la mar por la ventola que ofrece, haciendo tambien inseguro el buque.

Por tanto la balanza de las máquinas, si es que la tienen, está colocada abajo cerca del fondo del buque, y se une con las cigüeñas hácia arriba, en vez de unirse hácia abajo.

10. Las máquinas de cilindros verticales, colocadas debajo de la cubierta tienen necesariamente golpes cortos del piston, y por consiguiente cigüeñas cortas; pero con cilindros inclinados ú horizontales, pueden tener golpes mas largos. Las ventajas comparativas de las máquinas de golpes cortos y largos, han sido mui discutidas: esto es, si será mejor disponer una capacidad cûbica dada, ó el cilindro en poco largo y mucho diàmetro; ó en mayor largo y menor diàmetro: la cantidad de vapor consumido será en ambos casos la misma. Pero ofreciendo la màquina de golpe corto mas pulgadas cuadradas de piston al vapor que opera sobre él, ejercerà mas fuerza sobre el perno de una cigüeña corta, de la que una mà-

quina de golpe largo con menor área de piston ejercerá sobre el perno de una cigüeña mas larga. Esta mayor fuerza sobre el perno de la cigüeña produce mas friccion alli, y por consiguiente mayor propension á calentarse. Por esto, la máquina de golpe corto pierde mas fuerza por la friccion que la máquina de golpe largo, y es por lo tanto (árt. 4, sec. 1.ª) la máquina ménos perfecta.

ALTA Y BAJA PRESION.

11. Cuando una màquina está arreglada de modo que el vapor del cilindro se escapa al aire, tal màquina es *no condensadora*, ó como se denomina mas comunmente *máqnina de alta presion*. Y cuando está arreglada de modo que el vapor escapa à un condensador, como la que se describió en el art. 2, dicha máquina es condensadora, ó como se denomina mas comunmente màquina de *baja presion*.

Produciendo un vacío en el extremo del cilindro abierto al condensador, no solamente el *exceso* de presion en la caldera (art. 24 y 25 sec. 1.ª) sino la atmósfera de vapor que contrapesa al aire externo, se hace eficaz como fuerza efectiva sobre el piston. Por consiguiente, cuando la máquina de baja presion trabaja con vapor de diez libras de presion por pulgada cuadrada, segun la indicacion del manómetro, la presion efectiva por pulgada cuadrada ejercida sobre el piston, es de mas de veinte libras.

12. Pero sin el aparato de condensacion unido, la máquina seria no condensadora ò máquina de alta presion; en la cual el tubo de educ-

cion llevaria y descargaria el vapor al aire libre. Por consiguiente, en vez de un vacío (art. 2, sec. 5) existiria siempre en el cilindro una fuerza igual á una atmósfera para oponerse al movimiento del piston; y por esto, la presion *efectiva* sobre el piston seria igual solamente al *exceso* de vapor en la caldera, indicado por la válvula de seguridad (art. 25, sec. 1.ª)

13. La màquina de alta presion y sus ventajas y desventajas en diversas circunstancias, comparada con la de baja presion, será explicada extensamente en la siguiente seccion.

ACCION ESPANSIVA DEL VAPOR.

14. La experiencia ha probado que la economia de combustible se obtiene incuestionablemente sosteniendo el vapor comparativamente alto, y haciéndolo trabajar espansivamente.

El vapor se usa expansivamente admitiéndolo al cilindro en donde dá movimiento el piston; y cuando este ha pasado de 1/4, 1/3 ó una mitad del largo del cilindro (cualquiera de estos puntos en que se desee interceptarlo) cerrar repentinamente la comunicacion entre el cilindro y la caldera por medio de una válvula de cuello. Entónces el piston es impelido en todo el resto de su golpe por la fuerza espansiva del vapor que estaba dentro del cilindro en el momento en que se cortó la comunicacion. La teoria de este mecanismo es la siguiente. En el primer instante en que se larga el vapor, el piston permanece al fin de su golpe en reposo. El vapor de alta elasticidad dá un golpe fuerte al piston; cuyo golpe vence su inercia y le imprime repentinamente una

estando — se halla en reposo

alta velocidad. La inercia del piston y de otras partes de la màquina cuando se hallaban estas en reposo, estaba en *oposicion* á la accion del vapor; pero ahora ya en movimiento, está en armonia con aquella. Es evidente que se necesita ménos presion para obrar en union de las partes de una máquina ya en movimiento y hacerlas continuar en él, de la que seria necesaria para obrar en oposicion á ellas y ponerlas en movimiento cuando se hallen en reposo. Asi es que el vapor usado espansivamente en el cilindro, aunque va disminuyendo en fuerza, tiene la suficiente para ejecutar el resto del golpe, cuando en circunstancias en que el vapor fuese tan alto como 12 ó 16 libras, se corta à un cuarto y aun á ménos del golpe.

Pero si la presion del vapor fuere baja, y el piston que està en reposo recibiese un golpe comparativamente lijero, mui poca fuerza se derivaria entónces de la inercia de las partes en movimiento; y por consiguiente el vapor bajo no se puede interceptar tan corto como el vapor de alta presion, ni puede obtenerse tanta ventaja del principio espansivo al hacer trabajar el vapor.

15. La accion del vapor sobre el piston puede ser propiamente comparada con la accion de la pólvora sobre la bala. La pòlvora inflamada se asemeja al vapor en cuanto es un fluido altamente elástico. Asi como se desea que la pólvora obre sobre la bala con una fuerza grande y casi instantánea, y continúe su accion aunque en menor grado, por todo el largo del ànima del cañon, del mismo modo se trata que el vapor obre sobre el piston por todo el largo del cilindro. Y esto es lo que sucede en realidad cuando se usa el vapor de alta presion trabajando expansivamen-

te. Si se admite en un cilindro una cuarta parte de él llena de vapor antes que se cierre la válvula de corte, cuando el piston llega á la mitad, el vapor verificando su expansion, llena el doble del espacio que ocupó al principio y por supuesto trabaja con una elasticidad reducida. A los tres cuartos del largo del cilindro, el vapor ocupa tres veces su espacio orijinal, y entónces trabaja con una presion mas reducida; pero con la ayuda del ímpetu de las partes que se mueven, esta presion reducida es suficiente para llevar al piston por todo su golpe con una fuerza compuesta de dicha presion mas el ímpetu; la cual es casi equivalente á la mayor presion orijinal, menos la inercia de la máquina al principio del golpe.

En realidad, si se hace trabajar el vapor sin las válvulas de corte y operar con toda su fuerza en todo el largo del golpe, se hace uso de mayor potencia, y por tanto se produce mayor efecto, con tal que las calderas puedan conservar la misma presion del vapor cuando se hace trabajar à razon de todo el cilindro en cada golpe. Pero esto sucede raras veces; y pocas calderas calculadas para conservar una presion dada, como por ejemplo 16 libras de vapor, cuando este es interceptado á un cuarto del golpe, pueden formar mas de 8 libras trabajando á presion llena, cuyas 8 libras consumirán mas combustible y harán menos trabajo que las 16 libras usadas expansivamente. De aqui nace la economia del vapor de alta presion usado expansivamente.

16. En el artículo 14 se dijo que usandose el vapor expansivamente, debe darse una fuerza inicial efectiva que obre sobre el piston casi ins-

tantáneamente. Con este objeto, especialmente en las máquinas americanas, se hacen grandes las válvulas y tubos del vapor, de manera que cuando se abren, el vapor entra de golpe en gran cantidad. Las máquinas inglesas tienen por lo general las aberturas y tubos pequeños. Por esto es que en ellas se oye al vapor pasar á lo largo de su curso, tanto hácia el cilindro como hácia el condensador con un ruido áspero. Con mayores aberturas el ruido es mas repentino y bronco. Esta es (siguiendo el paralelo entre la pólvora y el vapor) la diferencia entre la accion pausada de la pólvora dañada y la accion repentina y eficaz de la pólvora buena.

17. El único inconveniente para usar expansivamente é interceptar corto el vapor, es que se necesita hacer uso de vapor de alta presion, el cual produce mucha irradiacion. El calor perdido por la irradiacion, es otro tanto desperdicio que debe ser repuesto por el combustible. Tanto para ahorrar aquel, cuanto para evitar el que las càmaras de las màquinas en los buques de vapor se calienten con exceso, se forran con lona las calderas, los tubos del vapor, las cajas del vapor y los cilindros, ò bien con un género mui grueso hecho al intento. Pero aun con esta cubierta es excesiva la irradiacion de las calderas que llevan vapor de alta elasticidad.

18. Los buques de vapor ingleses evitan en gran parte este excesivo calor en la càmara de la màquina, porque raras veces llevan mas de 4 ó 5 libras de vapor, el que entonces tiene una temperatura de poco mas de 214. °. Los buques de vapor americanos se construyen generalmente para

llevar 20 libras de vapor, que á esta presion tiene una temperatura de cerca de 260. °. A consecuencia de esto, la temperatura de sus cámaras de máquinas, producida por la irradiacion de un vapor comparativamente alto, excede en mucho á la de los vapores ingleses, cuyas calderas irradian menos calor.

SECCION VI.

Máquinas de alta presion----Ventajas y desventajas relativas de las máquinas de alta y baja presion---Máquinas locomotrices---Poder de las máquinas---Consumo de combustible por cada caballo de fuerza, y método económico de quemar el combustible---Formacion del vapor y modo de manejar este y las máquinas.

DE LAS MAQUINAS DE ALTA PRESION.

1. La máquina de alta presion, mas propiamente llamada *no condensadora*, inventada por Oliver Evans de Filadelfia, difiere principalmente de la máquina de baja presion, ó *condensadora* inventada pon el célebre James Watt, en no tener condensador ni bomba de aire, y dirijir el tubo de educcion al aire libre, en vez de dirijirlo al condensador. La resistencia que el vapor agotado, esto es, el vapor que ya ha trabajado en el cilindro, encuentra en el aire, obra contra el piston, y este se opone y resiste á la accion del vapor que en ese momento trabaja en la extension de esa reaccion. Para vencer esta resistencia y producir una presion efectiva útil, el vapor que tra-

baja debe ser de una temperatura y elasticidad mayor de la necesaria para producir una presion efectiva igual sobre el piston de una máquina de baja presion. Asi, cuando la válvula de seguridad ó el manòmetro señalan 10 libras de vapor (Art. 25, Sec 1.ª) que en una màquina condensadora producen una presion efectiva en cada pulgada cuadrada del piston, igual à 10 libras mas el vacio 14 libras, total 24 libras; para obtener una presion igual que obre con la misma eficacia sobre el piston de una màquina no-condensadora, se necesitará de un vapor que señale por la válvula de seguridad ó el manómetro, el total de 24 libras ademas de la presion del aire externo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS RELATIVAS DE LAS MAQUINAS DE ALTA Y DE BAJA PRESION.

2. Las principales ventajas de la màquina de alta presion son: su poco peso, el poco espacio que ocupa y el poco costo en su construccion; y estas ventajas provienen principalmente de no tener bomba de aire, ni balanza de dicha bomba, ni condensador; las cuales aumentan el costo, son de gran peso, producen friccion y ocupan espacio.

3. El mecanismo de alta presion, comparado con el de baja presion, es mas costoso en cuanto al consumo de combustible, aunque no tanto como algunos suponen. Las causas que obran para ocasionar mucho consumo de combustible en la máquina de alta presion y no en la de baja presion, son: primera, la atmósfera de vapor que debe crearse para vencer la resistencia de la atmósfera natural sobre el piston; segunda, la mayor pérdida

de calor por irradiacion; y tercera, el mayor escape de calor por la chimenea. Por otra parte, las causas que obran en la de baja presion y no en la de alta presion para ocasionar consumo de combustible, son: 1.ª, el poder necesario para hacer trabajar la bomba de aire; 2.ª, el que se gasta en vencer la mayor friccion de una máquina condensadora, provenida del mayor número de partes y puntos de friccion y el mayor peso de estas partes; y 3.ª la baja temperatura del agua alimenticia de la màquina condensadora en comparacion á la comun temperatura del agua alimenticia de la máquina de alta presion. Comparando entrambas causas de consumo de combustible resulta álgo mayor el de la máquina de alta presion.

4. Asi es que siendo el mecanismo de alta presion ligero, mas sencillo, mas compacto y menos costoso en su construccion, se usa en los rios del Oeste en E. U., en donde el poco fondo hace importante el poco calado, donde se necesita à bordo de los botes de mayor espacio posible para el flete, donde los botes se deterioran ó destruyen tan pronto, que no indemnizan el gasto de las máquinas condensadoras: donde lo turbio de las aguas pronto llenaria de lodo el condensador y gastaria la válvula del fondo, y donde en fin el capital es comparativamente escaso para construir màquinas costosas, siendo el combustible barato. Por otra parte, en el Este, donde el calado es de menos consecuencia; donde los botes llevan menos flete y duran mucho mas tiempo; y donde el peso, espacio y costo de construccion, son de menos importancia que el ahorro de combustible, se vé que todos los botes de vapor tienen máquinas condensadoras.

5. En buques de vapor marítimos que hacen viajes largos, la economia en el consumo de combustible es el todo; y por tanto el combustible ahorrado por la condensacion del vapor constituye un argumento en favor del uso de las màquinas de baja presion. Ademas de esto, la mayor irradiacion de calor de las calderas de alta presion hace casi intolerable la temperatura de la bodega y forma un inconveniente serio para su uso á bordo.

6. En las máquinas para el uso de tierra, en donde hay espacio para colocar calderas de mucho largo, las que á consecuencia de su longitud extraen de los flues todo el calor que es útil para formar vapor ántes que estos se unan á la chimenea; y tambien donde las calderas están encerradas en una capa de ladrillos para evitar en gran parte la irradiacion, no existen dos de las causas enumeradas que aumentan el consumo de combustible en la máquina de alta presion. Por esto se ha considerado la máquina de alta presion mas económica en tierra, y por lo tanto es mas generalmente usada en Estados Unidos. Es tambien menos complicada, y necesita ménos destreza para manejarlas y ménos costo para repararla. En tierra el agua para el condensador de una máquina de baja presion cuesta dinero, ya se extraiga de cañerias, ó de pozos. Esto da orígen à otros argumentos adicionales en favor de la màquina de alta presion para el uso en tierra.

MAQUINAS LOCOMOTRICES.

7. Las màquinas locomotrices que deben ser

ligeras y compactas, y usar el menor repuesto de agua posible, son necesariamente no-condensadoras. Las màquinas locomotrices se diferencian de las otras no-condensadoras que se ven comunmente en tierra, en que no tienen ni volante ni regulador, y en el mecanismo del tubo que lleva el vapor á los cilindros.

Este tubo de vapor no está visible en una locomotriz, sino enteramente dentro de la caldera y de la caja del humo. Se extiende desde cerca del tope de la *cúpula* por todo el largo del espacio del vapor, y atravesando el estremo de la caldera entra en la caja del humo, en donde se divide en dos ramas que llevan el vapor á los dos cilindros. Estos cilindros se ven generalmente en las locomotrices asegurados uno en cada lado. La cúpula està colocada sobre el estremo donde tiene la hornilla la caldera, porque forma una parte pesada de esta, y porque el mayor peso debe estar cerca de las *ruedas conductoras*, para que produzca una friccion que haga á éstas adherirse á los rieles. Las ruedas conductoras, y por tanto la cúpula, deben estar en el estremo de la caldera opuesta á aquel en que estàn los cilindros; por esto es que el tubo del vapor tiene que atravesar todo el largo de la caldera, y estar adentro en vez de afuera de ella, para evitar la pérdida de calor de este tubo por irradiacion, la que seria mui grande, especialmente en las corrientes ràpidas de aire frio á que están peculiarmente espuestas las máquinas locomotrices.

PODER DE LAS MAQUINAS.

8. La capacidad relativa de las máquinas

de vapor para trabajar se estima por su *fuerza de caballos*; esto es, si una máquina hace en un tiempo dado el trabajo que cien caballos deberian hacer en el mismo tiempo, se dice que la tal màquina tiene la fuerza de cien caballos. La máquina de vapor fue usada por primera vez en las minas inglesas con el objeto de elevar agua y otras substancias. Esta operacion se habia hecho hasta entónces por medio de caballos; y de aqui la comparacion y el establecimiento de la fuerza del caballo como unidad.

9. Segun el cálculo ordinario un caballo deberia levantar un peso de 33,000 libras à un pie de altura en un minuto de tiempo. El duplo de ese peso á medio pie de altura en un minuto, ó la mitad de ese peso á dos pies de altura, es la misma cosa. Si el producto del peso en libras por el número de pies por minuto fuere 33000, este representará la fuerza estimada de un caballo. Calcúlese la presion en el piston, multiplicando su área en pulgadas cuadradas por la presion efectiva en cada pulgada cuadrada (la cual es la presion indicada por el manómetro mas el vacio); multiplíquese el todo de esta presion por el número de pies que se mueve el piston en un minuto, y divídase el producto por 33000; del cuociente rebájese la quinta parte por el poder consumido en mover la bomba de aire y por la friccion, y el residuo serà el número de caballos de fuerza de la máquina.

10. Se calcula generalmente que un pie cúbico de agua, evaporada en una hora, producirà el efecto de un caballo de fuerza. Por esto algunos calculan el número de caballos de fuerza de una

màquina, determinando la cantidad de agua evaporada por hora para hacerla trabajar. Asi tambien calculò Watt que 8 piès de superficie de fuego eran bastantes para producir esta evaporacion de un pie cûbico de agua por hora; y por esto algunas personas averiguan la fuerza calculando el àrea de superficie de fuego, y dividiéndola por 8.

La evaporacion de un pié cûbico por hora puede tomarse como una causa que producirá uniformemente el efecto de la fuerza de un caballo. Pero pensar que 8 pies de superficie de fuego producirán bajo todas circunstancias aquella, y no mas que aquella cantidad de evaporacion, es indudablemente un error. Segun el tamaño y largo del flue, la intensidad de la corriente de aire, la clase del combustible usado; & la cantidad de superficie de fuego que evapore un pie cúbico de agua por hora, variará en calderas de diferente construccion, de *dos piés* à *sesenta piés cuadrados*!

Pero en los casos en que la construccion, la corriente de aire de la hornilla y el combustible, sean semejantes, como sucede en los rios del Oeste, el poder de las máquinas de vapores distintos se compara exactamente por la estension relativa de la superficie de fuego de sus calderas. De aqui nace la costumbre de comparar sus poderes, no por caballos, ó por cilindros, ó por otras partes de las màquinas, sino por el número de las calderas, pues las calderas y los flues son generalmente de un tamaño, y asi se dice, "vapor de dos calderas," "vapor de cuatro calderas," ó "vapor de seis calderas,"&.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CADA CABALLO DE FUERZA. MODO ECONOMICO DE QUEMAR EL COMBUSTIBLE.

11. En general se calcula que cuando el mecanismo de una caldera y la corriente de aire son medianamente perfectos, el consumo del carbon bituminoso en una hora será igual á casi diez libras por cada caballo de fuerza. Asi es que un buque de vapor cuya máqnina tenga 250 caballos de fuerza, consumirá 2500 libras de combustible por hora, ó 24 veces 2550= 60,000 libras, ó sean 26 toneladas por dia. El afan constante de los ingenieros, tanto constructores como los encargados del manejo de las máquinas, es producir tal economía en el consumo del combustible, que una cantidad menor de diez libras por hora produzca la fuerza de un caballo. Esta economía es especialmente deseable en vapores de mar.

Cuando las calderas se construyen con tales dimensiones y capacidad para formar vapor, que con apurar y atizar el fuego, pueda hacérseles producir mucho mas vapor del que se necesita de ordinario, se obtiene una grande economía de combustible, estendiendo el carbon y formando una cama espesa, y dejándolo consumirse poco á poco, porque entónces el consumo es mas próximamente perfecto, y se pierde menos en humo. Pero si se alimenta el fuego con frecuencia en pequeñas cantidades, y se mueve y se atiza á menudo, resulta que se escapa una gran cantidad de carbono y otras materias combustibles, perdiéndose en el aire.

12, Los buques de vapor para navegar en

la mar llevan generalmente dos, ó tres, ó cnatro calderas, cada una provista de válvulas para cerrar las comunicaciones del vapor con cualquiera de ellas que no se quiere usar. Por tanto, puede ponerse en reparo una ó mas calderas, en cualquiera tiempo, á juicio del jefe del buque. Probablemente puede mantenerse una moderada velocidad de seis millas con una caldera, cuando todas las cuatro no producirian arriba de diez ó á lo sumo doce millas. Una sola caldera consume muy poco mas de la cuarta parte del combustible que consumen las cuatro. Como la utilidad de los vapores, especialmente los de guerra, depende en gran parte de la economía del combustible, se ha sugerido la idea de que aun en los casos en que es muy necesario usar del vapor, lo que no sucede á menudo, y no existiendo una suma precision de obtener gran velocidad, debería tenerse presente que consumiendo cuatro veces el combustible escasamente se duplica la velocidad; y por tanto, si fuere posible, deberá usarse de ordinario una sola caldera ó cuando mas dos. No parece racional que porque se tiene capacidad para gran poder y velocidad, se esté de continuo, á todo riesgo y á todo costo, tanto de dinero, como de deterioro, dispuesto á usar de ese poder en su mayor grado.

LEVANTAR EL VAPOR--MODO DE MANEJAR ESTE Y LAS MAQUINAS.

13. Cuando se ordena á un ingeniero levantar vapor para ponerse en movimiento, estando sus calderas limpias y en buen estado; esto es, sin goteras ni fugas, en primer lugar las llena de agua

hasta la probeta superior, de modo que haya suficiente agua para consumir liberalmente en la evaporacion mientras se forma el vapor, y antes que puedan operar las bombas de agua alimenticia. Si el tubo de purga se dirige hácia el fondo del buque y la caldera està en la bodega, abriendo la llave de este tubo y levantando la válvula de seguridad, casi se llenarà la caldera, puesto que el agua correrà hacia adentro de ella en busca de su nivel; de otro modo debe llenarse enteramente con las bombas de mano de que están provistas las calderas.

14. En seguida el ingeniero enciende el fuego en las hornillas, cerrando el regulador de la chimenea, (si lo tubiere) para que puedan encenderse, y para que el calor aumente gradualmente, siendo el objeto de esto el que las partes de la caldera no sufran una espansion repentina é irregular; por que si se calientan los flues y se estiran mucho á causa de la espansion del metal, antes que se caliente tambien el casco ó parte esterior de la caldera, es probable que ocurra en alguna parte una tirantez de la cual resulte una gotera. Y si el flue fuere de cobre, se fundirà en la parte que sale del agua y pasa por entre el vapor, si se calienta demasiado antes que se forme el vapor y rodeandolo lo proteja contra la accion del fuego. Por estas razones, los ingenieros al formar vapor, toman mas tiempo del que sería necesario si el fuego pudiera elevarse á su mas alto grado inmediatamente despues de haberse encendido.

15. Durante la operacion de la formacion del vapor se mantiene abierta la válvula de seguridad para que escape el aire rarificado, el cual

si estuviera encerrado en la caldera; aumentaria la presion sobre la superficie del agua y retardaria la formacion del vapor para la proteccion del flue en donde sale del agua y pasa por entre el vapor. Sin embargo, la válvula se cierra tan luego que la emision del vapor por ella es tal, que produzca un ruido en el tubo de escape, porque entonces ha salido ya todo el aire, habiendo ocupado su lugar una atmósfera de vapor.

16. Cuando en una máquina de baja presion señala el manómetro unas pocas libras de vapor de exceso sobre la atmósfera, el ingeniero abre las válvulas de la màquina y deja entrar el vapor á los cilíndros y tubo para calentar dichas piezas y expeler el aire de ellas, de modo que cuando se pongan las máquinas en movimiento, no se condense el vapor. Cuando estas piezas se calientan, se dilatan; y para evitar sus esfuerzos por dilatacion y contraccion, están jeneralmente provistas de junturas elàsticas.

17. Cuando el manómetro señala à lo menos 4 ó 5 libras de vapor, suficiente para mover la bomba de aire y producir el vacío, puede el ingeniero avisar que la màquina está lista para ponerse en movimiento. Habièndose dado la órden para ponerla en movimiento, el ingeniero abre un poco la llave de inyeccion, mueve las válvulas del vapor y de educcion con el *mango de movimiento*, que encaja para ese objeto en el èje de las válvulas, las que producen un movimiento recíproco en el piston y revolucion en las ruedas. Y cuando se dà la órden de *enganchar el excéntrico*, el ingeniero engancha la barra en el manubrio del éje de las vàlvulas, quita el mango de

movimiento, abre mas la llave de inyeccion, arregla la válvula de cuello ó de corte, y la máquina continúa en movimiento sin mas asistencia que la de suplir combustible á las hornillas. Abre tambien el regulador de la chimenéa de modo que el fuego sea suficientemente activo para reponer el mayor consumo de vapor. Asi mismo, arregla la llave alimenticia y la de purga, de manera que se conserve una buena cantidad de agua en la caldera y se evite la formacion de costras de sal ó de tierra en los flues y hornillas (art. 40 sec. 1a.)

El ingeniero abre las llaves de inyeccion en proporcion á la cantidad y temperatura del vapor que se usa, y hasta que el agua de inyeccion entrante dé todo el vacío que la màquina es capaz de producir. Puede juzgar de esto por el manómetro del condensador, si lo tiene, y si no por el ruido repentino que produce el vacío.

Si el agua condensadora tuviere una temperatura próxima al punto de hielo, una cantidad de ella igual á 5 1[2 veces el agua evaporada, condensará el vapor formado (art. 6 sec. 2a.) pero entonces hervirá el agua de condensacion, y la condensacion no será repentina ó perfecta. Si el agua condensadora fuere de una temperatura mas alta, como sucede jeneralmente, (siendo á veces esta temperatura tan alta como 80. °), debe aumentarse la proporcion del agua condensadora; y si se desea hacer el vacío instantáneamente, debe aumentarse aun mas el agua condensadora, y en algunos casos puede llegar á una cantidad igual à setenta veces el agua evaporada. En jeneral, 24 veces la cantidad de agua necesaria para la evaporacion representa la necesaria para la condensacion.

Para condensar el vapor perfecta y repentinamente, el agua condensadora debe dejarse entrar por la llave de inyeccion en tan grandes cantidades en proporcion al vapor que se ha de condensar, que no sea elevada por este á una temperatura que exceda en mucho á 100.° Por otra parte, condensando el vapor imperfecta y pausadamente, el agua condensadora puede ser elevada al punto de hervor que son los 212°. En el un caso, el agua alimenticia và del recipiente á la caldera con solo la temperatura de 100°, y tiene que elevarse al punto de hervor á costa de combustible; en el otro caso, hay una pérdida de poder por la imperfeccion del vacio, y un ahorro de combustible. Sobre este principio algunos son de opinion de que el vacío puede ser demasiado perfecto para la economia del combustible y que puede perderse en combustible mas de lo que se gana en poder.

18. Cuando el ingeniero recibe la órden de parar la máquina, desengancha la barra del excéntrico del manubrio de las válvulas (lo que hace que las válvulas cesen de trabajar), cierra la llave de inyeccion y la válvula de cuello, levanta el mecanismo de la válvula de corte, cierra los reguladores y abre las puertas de las hornillas.

19. Cuando se hace parar una máquina temporalmente y lo permite la cantidad del vapor, levanta la válvula de seguridad y deja salir el vapor en cantidades casi iguales à aquellas en que se habia consumido en el cilindro, para conservar cuando està en descanso la misma ebullicion, y por consiguiente el mismo nivel del

agua que en movimiento (art. 33 sec. 1a.). Pero si la cantidad del vapor en la caldera fuera corta, y no se levantáre la válvula mientras la màquina está en descanso con el objeto de aumentarlo, un ingeniero atento examina el agua por medio de las probetas en el momento que para la màquina; porque aunque estas puedan haber señalado agua cuando sucedia la ebullicion, al cesar esta puede ser que el agua baje á un nivel inferior y queden los flues expuestos, (art. 33 sec. 1a.). En tal caso, levanta inmediatamente la válvula de seguridad, aun á costa de desperdiciar vapor, é introduce agua à las calderas, ó bien con las bombas de mano ó por medias revoluciones de la máquina.

20. La mayor parte de las explosiones de las calderas de los vapores de rio ocurren en el momento de partir de uno de aquellos lugares en donde se para por poco tiempo, á consecuencia del descuido en estas precauciones. Porque si el agua ha bajado en razon de la mayor presion y se han caldeado los flues al poner en movimiento la máquina se reproduce la ebullicion, se levanta el agua sobre los flues, y se forma vapor de una temperatura y elasticidad mayor de aquella que puede soportar la caldera, y en cantidades mucho mayores de las que pueden escapar por la válvula de seguridad. El resultado es una explosion.

21. Cuando el agua, ó por descuido en alimentarla ò por obstruccion de la bomba de fuerza ha bajado mas abajo de la probeta inferior, como sucede algunas veces, no puede conocerse con certeza si los flues están expuestos ó no, porque la probeta mas baja está jeneralmente un poco arriba

del nivel del tope de los flues, y entonces es altamente peligroso el abrir la llave alimenticia. El único paso seguro en tales circunstancias es apagar inmediatamente el fuego de las hornillas. Los ingenieros prefieren á menudo correr el riesgo de una explosion, á poner de manifiesto su neglijencia como tienen que hacerlo apagando el fuego. Semejante conducta es reprensible en el mas alto grado.

SECCION VII.

Construccion de los buques de vapor.-----Ruedas lateterales.--- Tornillos sumerjidos.

CONSTRUCCION DE VAPORES.

1. La primera condicion en la construccion un buque de vapor es obtener la menor resistencia posible en proporcion al desplazamento, que sea compatible con la fuerza y estabilidad necesaria para el servicio á que han de ser destinados. Si en este servicio se quiere solo velocidad, empleando únicamente el vapor y ha de hacerse, ademas, en mar llana, la resistencia proporcional puede conseguirse que sea pequeña dando al buque mucha eslora respecto de la manga. De este modo se duplicará el desplazamiento sin aumentar la resistencia; de otro modo puede obtenerse una menor resistencia haciendo mas fáciles las líneas de agua; esto es, reduciendo los ángulos dándole mas delgados á popa y á proa. En la construccion de los vapores para mar llana, escasamente hay límite alguno para la aplicacion de este principio, excepto en el caso de tener que

gobernar en canales de vueltas rápidas y virar en parajes comparativamente angostos.

2. Pero estos buques excesivamente largos son poco propios para la mar, porque estando el peso enorme de las máquinas y calderas reconcentrado en un espacio pequeño en el centro del buque cuando las dos estremidades estén sostenidas por dos mares, y el centro del buquo esté parcialmente suspendido en la cavidad que queda entre los dos mares, dicho centro bajará en razon del peso y descubrirá una agua, á ménos que el buque esté construido con un grado extraordinario de fuerza, que debe ser proporcionado á su lonjitud.

Asi mismo, si un buque muy largo, estando cabezeando en una mar gruesa recibe una mar alta que levanta su proa y pasa por debajo hasta el centro, sostendrà esta parte y dejará la proa en el aire, lo que ocasionarà un quebranto cuyo resultado puede ser aventarse la tablazon y descubrir una agua.

3. La clase y grado de fortaleza necesaria para evitar que las estremidades y el centro de un buque de vapor largo cedan alternativamente de la manera dicha, consiste principalmente en la tablazon de los costados. Si sus costados son gruesos, de modo que esta tablazon sea ancha, el buque será comparativamente fuerte; de otro modo serà débil. Muchos vapores largos de rio con sus costados poco gruesos se han quebrado é ido à pique en la mar.

4. La capacidad de un buque de vapor para llevar combustible, está en razon directa de su desplazamento. Su resistencia, á la cual debe ser proporcionado este poder, está en razon directa

del àrea de su mayor seccion transversal sumerjida. Pero al paso que aumentan los buques en dimensiones, siendo sus formas semejantes, aumentan su capacidad como el cubo de una dimension dada; y el área de la seccion sumerjida ó de resistencia aumenta solamente como el cuadrado de esa dimension. Por tanto, aumentado el porte de un buque de modo que se duplique su resistencia, así como el costo de hacerlo navegar duplicando la cantidad del combustible consumido en un tiempo dado, se aumenta mas que el duplo su capacidad para llevar combustible, flete &.; lo que explica por què los buques grandes de cualquiera clase dejan mas utilidad en donde hay suficiente tráfico para poder usar de ellos, y por què los buques de vapor grandes pueden estar en la mar mas tiempo y hacer viajes mas largos con el combustible que son capaces de llevar, que los buques de vapor pequeños.

Tómense como por ejemplo dos buques: uno de 30 pies de manga y 150 pies de eslora, que cale 10 pies de agua, y otro de 40 pies de manga, 200 de eslora y que cale tambien 10 pies de agua. El desplazamento ó capacidad para carga del uno está representado por 45,000, que es el producto de sus dimensiones; y el del otro por 96,000.

Las resistencias relativas están representadas por 300 y 400: esto es, la capacidad del buque mas grande es mas de un ciento por ciento mayor que la del pequeño; y su resistencia, y por consiguiente su poder y costo, son solamente un 33 por ciento mayores.

5. La dificultad de dar suficiente fortaleza à los buques de una sola cubierta y muy largos, ta-

les como el "President" y el "British Queen" aun con costados gruesos para evitar que se quebranten y vayan á pique, constituye un obstáculo para el excesivo aumento de porte, y prescribe un límite á la aplicacion práctica del principio explicado en el capítulo precedente.

6. Al proporcionar las máquinas para buques que se intenta naveguen solamente por vapor, se acostumbra dar un caballo de fuerza para cada dos ó cuatro toneladas; dando la mayor proporcion de poder á los buques de ménos porte por las razones dichas en el artículo 4? En el dia va aumentando la preferencia por un poder proporcional mayor, especialmente para los buques que se emplean en trasportar pasajeros. Y para vapores de guerra se opina que de su poder para obtener una gran velocidad depende una parte esencial de su eficacia.

7. Pero tanto la experiencia como los argumentos han probado que ni los capitales privados, ni el tesoro público, pueden soportar el excesivo gasto de navegar constantemente por vapor, en cualquiera número de buques que hacen de ordinario en el Océano viajes mercantiles, ó que están empleados como cruceros de guerra. Ni es tampoco posible sostener de ordinario el gasto en los casos en que el vapor es el poder principal, y las velas el auxiliar. Además la experiencia ha demostrado que en muchos casos, si no en todos, la navegacion mercantil puede hacerse mas segura y mas provechosa, y el servicio de guerra mas seguro y mas eficaz manteniendo las velas como el poder principal é introduciendo el vapor como el auxiliar; modificando algun tanto las formas de los

buques para conservar la adaptacion de las velas y dejar algo para el nuevo poder auxiliar introducido.

8. Las formas de los buques que se intenta naveguen solamente por vapor, son enteramente diferentes de las de aquellos que han de navegar con velas altas. Las líneas de las proas de los vapores son muy delgadas ó finas; porque si fueran llenas, siendo aplicada la fuerza impulsiva cerca del agua por division de fuerzas, chocando el agua oblicuamente bajo de la proa, levantaria, y haría enterrarse la popa. Por otra parte, si esas líneas se hicieran delgadas en un buque de vela, estando aplicada la fuerza impulsiva en un punto elevado de la arboladura, enterraria la popa en el agua. Pero esta tendencia de la proa á enterrarse, en los buques de vela está contrarrestada por los llenos de la línea de esa parte.

Los buques que se construyen para navegar à la vela y por vapor, son en este respecto un problema de dificil solucion; pero es evidente que los llenos, que los harán aptos para navegar à la vela, los harán incapaces de mucha velocidad cuando naveguen solo por vapor, á menos que estén cargados con un enorme peso de calderas, máquiquinas y combustible, que no dejarian ni espácio ni capacidad para llevar ninguna otra cosa mas. Concluimos por tanto, que la fuerza calculada para dar gran velocidad, raras veces puede aplicarse con utilidad á buques que se intenta posean tambien cualidades esenciales y capacidades para navegar à la vela; excepto en el caso de los buques de guerra, los cuales podrian tener en reserva con ventaja un gran poder para usar de él en casos de urjencia.

DE LAS RUEDAS.

9. Para los buques que se construyen con el obgeto de que naveguen solo por vapor y en mares llanas, ningun plan ofrece las mismas ventajas que las ruedas laterales. Estas ruedas están generalmente en las estremidades de un eje que se estiende al traves del buque de uno á otro costado. Sin embargo, frecuentemente se divide el poder de dos màquinas, bien para ahorrar espacio á bordo de los vapores de rio que trasportan pasageros, ó bien para poder contar con una máquina en caso de cualquier accidente en la otra, en los vapores de mar. En tales casos, en vez de estar ambas ruedas en un eje y las dos màquinas unidas à ese eje, suele algunas veces tener cada rueda su eje independiente y mover cada màquina una rueda sola. La ventaja de este último plan para vapores de rio y de bahìas, es que estos viran mucho mas pronto y en un espacio mas corto, por que una rueda puede girar hàcia adelante y la otra hàcia atras.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

En los vapores de mar deben estar las ruedas en un solo eje y las dos máquinas unidas á él, porque si por un balance del buque sale una rueda fuera del agua, no ofrecerá resistencia al rápido y peligroso movimiento del piston; pero la otra rueda estando mas enterrada en el agua, compensará la resistencia necesaria en esta.

10. Con ruedas laterales raras ò ningunas veces se emplean juntas las velas y el vapor con ventaja, porque si el viento està de costado, las velas hacen tumbar el buque, se sumerje demasiado la de sotavento, y se suspende la de barlo-

vento; en cuyas circunstancias trabajan ambas desventajosamente y producen menos velocidad, quizás no mayor de la que resultaría usando las velas solamente, ó solo el vapor. En caso de navegar en popa esta ventaja podrá no ser mui grande tampoco. Por lo tanto, con buena brisa el buque puede andar igualmente ligero con solo las velas, ó con solo el vapor, ó con las velas y el vapor juntos. Pero si se hace uso de las velas no puede desecharse el vapor, á menos que se dejen sueltas las ruedas de modo que no ofrezcan impedimento á la marcha del buque mientras que las máquinas están en descanso.

11. Esta operacion sobre las ruedas se practica de dos modos: el uno es quitando la gasa que une la barra de conexion á las cigüeñas, y dejando á estas y á las ruedas dar vueltas independientemente de las máquinas; el otro, quitando una tercera parte de las paletas de las ruedas y virando las ruedas con los radios desnudos hácia adentro del agua, los que ofrecen mui poca resistencia. Para ejecutar cualquiera de estas operaciones es necesario trincar perfectamente las ruedas con cabos y cadenas, cuya maniobra es en estremo difícil, sino imposible de ejecutarse cuando hay mar gruesa.

Esta dificultad de desprender una rueda lateral ó de volverla á unir, segun se requiera en un caso de urjencia, con cualquiera tiempo, es el principal obstáculo para la introduccion del poder del vapor como auxiliar á bordo de los buques de vela. Las personas que conocen la incertidumbre de poder volver á unir las ruedas se hallan perplejas para desprenderlas, y por lo tanto emplean

el vapor á costa de un gran gasto de combustible. mientras si no fuera por esta dificultad é incertidumbre emplearian mas frecuentemente las velas y obtendrian una velocidad igual ó superior. Si se agregan ruedas laterales á los buques de vela, es pues indispensable hallar algun mecanismo, fuerte, simple y de fácil ejecucion para unir y desunir las ruedas de las máquinas, y esta necesidad estimula el ingenio de las personas que se emplean en las artes mecánicas.

TORNILLOS SUMERJIDOS O DE ARQUIMEDES.

12. La ventaja principal del tornillo de Arquímedes es, que estando sus paletas fuera de la accion de la mar, se pueden separar fácilmente aun en la mar mas ajitada, y asi está evitado el inconveniente que existe en las ruedas laterales. Por consiguiente, los buques que tienen tornillos pueden navegar mas á la vela y menos por vapor, haciendo uso del vapor tan solo cuando hai vientos de proa, calmas, ó casos de urjencia.

Otra ventaja que ofrecen los tornillos de Arquimedes para la navegacion del Oceano es que no salen fuera del agua cuando el buque tumba á causa del esfuerzo de las velas, y por tanto con ellos puede hacerse uso á la vez de las velas y el vapor, con gran ventaja y economia.

13. Puede tambien agregarse en favor de los tornillos, que no son afectados por el mayor ó menor calado del buque á causa del carbon, el cual al salir del puerto sumerje tanto las ruedas de un buque, que ocasiona mucha pérdida de por

der; asi como á la llegada al puerto, las deja tan poco sumerjidas, que produce por esa causa la misma desventaja. Agrégase ademàs el que estàn protejidas de las balas y otros peligros sobre la superficie.

En contra de los tornillos de Arquímedes puede decirse que son inaccesibles para reparos en caso de averias ó deterioros, á menos que se entre en los diques, que pocas veces están á la mano. Tambien se les atribuye generalmente una pérdida de poder, en comparacion con las ruedas en mar llana. Tal vez los tornillos que estàn en uso actualmente lleguen á ser accesibles por medio de algunos arbitrios que eviten la necesidad de ocurrir à los diques ; y quizá se introduzcan otros mecanismos libres de estos obstàculos. En todo caso, puede anunciarse con seguridad que la navegacion por vapor se harà en breve mui comun en el Oceano como auxiliar á las velas, y que este resultado se efectuará solo por medio de los tornillos.

FIN.

APÉNDICE.

Espansion del Vapor.

Requisitos para Ingenieros.

ESPANSION DEL VAPOR.

En la pàgina 54 y siguientes està esplicada la cantidad de combustible que evaporarà un pie cúbico de agua en una hora. El resultado de una exacta observacion en los vapores del rio Hudson durante una série de años es, que una líbra de carbon antrácito evaporarà ocho líbras de agua; y como un pie cúbico de agua pesa 62 1|2 libras, 8 libras de carbon evaporarán un poco mas de un pie cúbico de agua.

Asi mismo se ha dicho (página 53) que un pie cùbico de agua evaporado en una hora, producirá el efecto de un caballo de fuerza. Esto es verdad solo cuando se trabaja á *presion llena*. Pero cuando se *corta el vapor* y se le hace trabajar *espansivamente*, la misma cantidad de evaporacion producirá *mas de un caballo de fuerza*.. Procurarémos esplicar la causa de esta diferencia.

Supóngase un caso en el cual una cantidad dada de evaporacion produce en el cilindro de una máquina trabajando á presion llena, una presion de 20 líbras por pulgada cuadrada del piston durante todo el largo del golpe.

Supóngase en segundo caso, en que la misma cantidad de evaporacion que se tuvo en el primero, se hace trabajar en dos cilindros, cada uno de ellos igual en tamaño al mencionado en el primer caso; pero en este segundo caso, supóngase que el vapor se corta á la mitad del golpe, de modo que cada cilindro quede hasta la mitad lleno de vapor de 20 libras de presion, cuando se cierra la válvula de corte.

La cantidad de vapor usada en ambos casos es evidentemente la misma.

En el primer caso la presion es constantemente de 20 libras durante todo el golpe.

En el segundo caso, la presion es en cada uno de los dos cilindros, 20 libras durante la primera mitad del golpe; siendo entónces cortado el vapor, la presion disminuirá gradualmente durante la segunda mitad del golpe, de 20 libras á 10. Se sabe que la espansion de un cuerpo dado de vapor en un espacio aumentado es tal, que su elasticidad disminuye al paso que el espacio aumenta.

En cada uno de los dos cilindros supuestos en el segundo caso mencionado, la presion al fin del primer cuarto del golpe es 20 libras; al fin del segundo cuarto, 20 libras; al fin del tercer cuarto, habiéndose dilatado el vapor en un espacio un tercio mayor, su fuerza se ha disminuido de 1/3: esto es, á 13 1/2 libras; al fin del último cuarto, habiéndose dilatado en un espacio doble del original, se ha disminuido á 10 libras, y la presion média en el cilindro interceptado, como se ha dicho, es:

$$\frac{20+20+13\ 1/3+10}{4} = 15\ 5/6 \text{ libras.}$$

Por tanto, cuando se usa el vapor á presion

llena como en el primer caso, la presion durante todo el largo del cilindro es constantemente 20 líbras; y cuando se intercepta á la mitad del golpe como en el segundo caso, la presion média durante todo el largo de los dos cilindros, es dos veces 15 5|6 (15 5|6 en cju.) ó 31 2|3 líbras. Se dá esto como un ejemplo.

Cuanto mas corto sea interceptado el vapor, tanto mas se ganará en la espansion. Pero en la practica se ha encontrado, que en los buques de vapor de *un solo cilindro* no hay ventaja en interceptar el vapor á menos de un tercio del golpe, ó cuando hay *dos cilindros unidos al mismo eje*, á menos de una quinta parte del golpe.

Asi pnes, en la práctica puede hacerse que una cantidad de evaporacion menor que un pie cúbico de agua por hora, produzca el efecto de un caballo de fuerza; y se cree que los esperimentos hechos en el rio Hudson, han establecido en conclusion, que interceptando el vapor á la mitad del golpe, puede hacerse que *cinco libras* de carbon por hora, produzcan el efecto de un caballo de fuerza.

REQUISITOS PARA INGENIEROS,

Para el bien de aquellos que se preparen á entrar en la clase responsable de *ingenieros* abordo de los buques de vapor, y para que aquellos que los emplean puedan formar un juicio acerca de sus aptitudes, estractamos aquí los requisitos que se exijen en el Departamento de Ingenieros de la Marina de Guerra, por una órden firmada por el Secretario de Marina y fechada el 8 de Julio de 1845.

Los *terceros asistentes de ingenieros*, (cuartos ingenieros) ademas de poder escribir medianamente bien, saber aritmetica, y conocer las medidas de superficies y sólidos. "necesitan saber describir todas las diferentes partes de las máquinas comunes condensadora y no condensadora, y esplicar sus usos en sus operaciones mecanicas; asi tambien esplicar el modo de poner en movimiento las màquinas, de regular y modificar su accion, y de precaverse contra los riesgos de las calderas, por los medios que tienen generalmente á su disposicion para este objeto."

Los segundos asistentes de ingenieros, (terceros ingenieros,) despues de dos años de esperiencia en el manejo de las máquinas en el mar, "deben sufrir un examen satisfactorio sobre los puntos, y en la estencion descrita para los terceros asistentes; asi mismo deben ser capaces de esplicar las peculiaridades de las diferentes clases de válvulas; la construccion de las válvulas de espancion ò de corte; el modo como estas operan; los medios de que se hace uso generalmente para impedir la fermentacion en las calderas; deben tener conocimiento de las causas comunes del desarreglo en la operacion de las bombas de aire, de las bombas de fuerza, y de los tubos alimenticios; de los preservativos y remedios propios para estos casos, y del modo de limpiar las calderas cuando es necesario.

Los primeros asistentes de ingenieros, (segundos ingenieros), deben haber estado tres años empleados en el manejo de las máquinas; deben dar un exàmen satisfactorio sobre los puntos descritos para los terceros y segundos asistentes; sobre las

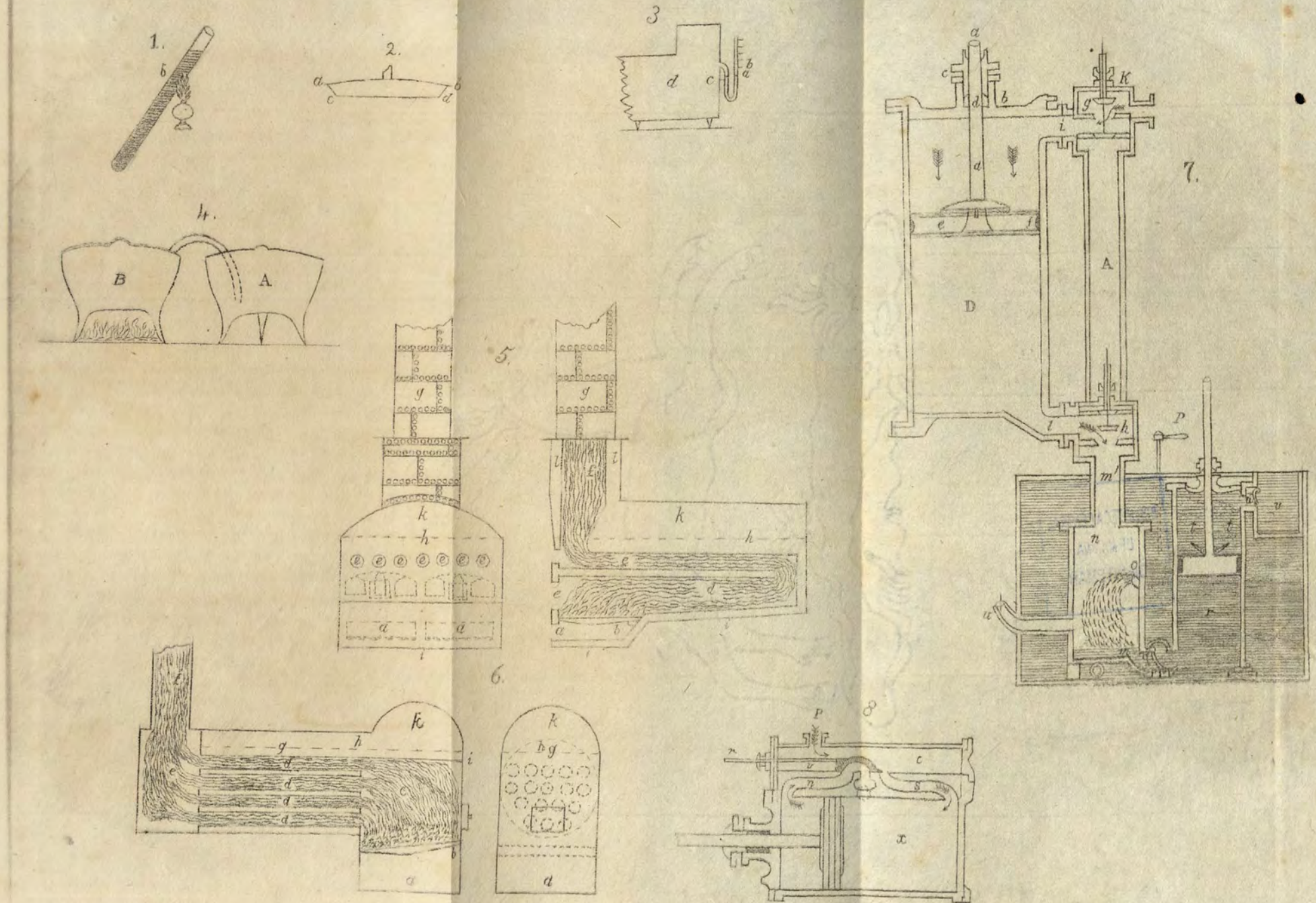
fuerzas mecanícas; sobre los principios generales de la operacion de las máquinas de vapor; sobre sus causas, y sobre los mejores medios para remover las diversas clases de depositos é incrustaciones à que estan espuestas las calderas; y depen ser capaces de dibujar las deferentes partes de las máquinas y calderas; y asi como dirijir su construccion, y juzgar sobre su exactitud y utilidad para el uso."

Jefes ingenieros (primeros ingenieros.) Las propuestas para el grado de jefe de ingenieros deben hacerse cuando los candidatos hayan servido dos años de primeros asistentes en el servicio de la marina de guerra, á bordo de los vapores de mar y que hayan sido examinados sobre uno ó todos los puntos establecidos para los asistentes, á juicio de una comision ó tribunal autorizado al efecto; y despues de que hayan satisfecho à dicha comision sobre su buena conducta y caràcter, sobre sus conocimientos èn Fisica, sobre las formas, mecanismos y principios de las diferentes clases de máquinas de vapor, calderas, tornillos de arquimedes, y sus varias dependencias aplicadas con buen suceso á los buques de vapor y las ventajas relativas que se supone tienen para el servicio de la mar ó de rios.

Tanto los ingenieros como los asistentes, se requiere que aprovechen toda oportunidad favorable para adquirir un conocimiento pràctico de la construccion de las diversas partes de las máquinas de vapor y sus dependencias, de modo que sean capaces de reparar ó cambiar aquellas partes que permita el espacio y medios que se cuente á bordo de los buques de vapor.

ERRATAS.

Página.	*Linea.*	*Dice.*	*Debe decir.*
14.	1.	repentinamente....	y repentinamente.
24.	23.	reasumira.....	reasumirán.
27.	8.	112. °	212. °.
27.	6.	poca espansion.....	poca su espansion.
36.	4.	origen.....	oxigeno.
37.	11.	fuego.....	juego.
39.	5.	gasta.....	gana.
44.	12.	esforzada.....	és forzada.
39.	18.	aplican.....	esplican.


1.
2.
3
4.
B
A
5.
6.
7.
8
D
A
P
x

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

TRATADO

SOBRE

MAQUINAS DE VAPOR.

Guerra

BIBLIOTECA CENTRAL
DIRINTEMAR
Clasif. 623.8722/024
Nro. Inv.: 6644
Fecha: 18/1/80

TRATADO ELEMENTAL

DE LA NATURALEZA Y USO

DEL VAPOR,

Y DE

LOS PRINCIPIOS Y CONSTRUCCION DE LAS

MAQUINAS.

OBRA ANÓNIMA ESCRITA EN INGLÉS Y PUBLICADA EN

FILADELFIA EN 1847.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

Traducida por el Teniente 1.° de la Armada Nacional

D. R. Valle-Riestra,

É IMPRESA POR DISPOSICION SUPREMA.



BIBLIOTECA CENTRAL
DIRINTEMAR
Clasif. 623.8722/V24
Nro. Inv. 6644
Fecha: 18/V/80

LIMA,
IMPRENTA DE EUSEBIO ARANDA
1850.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINHA
DIRINTEMAR
5607

SECCION 1.ª

Orígen del Poder.

1. La eficacia de las máquinas de vapor depende de la cantidad y fuerza elástica del vapor que obra en ellas.

2. Las màquinas por sí mismas no crean poder: son un mero instrumento para comunicar el poder del vapor y aplicarlo al fin deseado, ya sea para extraer agua, ya para mover un molino ó para impeler un buque.

3. Generalmente se habla de una màquina como si ella poseyera el poder, siendo asi que el trabajo hecho por dicha máquina es un efecto causado por el poder del vapor; y este efecto es igual á la causa menos la pèrdida por friccion ó desperdicio. un poder

4. La mejor máquina es aquella que al conducir el poder de la caldera á la rueda, pierde lo ménos posible de esa fuerza, sea por desperdicio, por friccion ó por condensacion.

5. Si la máquina fuese mui pequeña para consumir el vapor tan ràpidamente como este se forma en la caldera empleando una juiciosa cantidad de fuego, ó si se condensáre mucho vapor en los tubos y en el cilindro, ó se escapase à consecuencia de la imperfeccion de las junturas; ó bien se ejerciese una fuerza que no sea impulsiva: en-

tónces la màquina obra imperfectamente.

6. Como la máquina deriva pues su accion del vapor, examinarémos la naturaleza de este elemento, el modo como se produce, y los varios fenómenos que en él se observan.

NATURALEZA DEL VAPOR.

7. El vapor es el resultado de la combinacion de una cierta cantidad de calor con el agua. Si, despues de formado el vapor, se le aplica una cantidad desmedida de fuego, no aumentará materialmente ni su presion ni su volùmen, porque faltará la necesaria cantidad adicional de agua para que el aumento de calor entre en combinacion con ella. Pero auméntese el agua en proporcion al calor; y ambos, entrando en combinacion, producirán un aumento de vapor.

EVAPORACION Y CONDENSACION.

8. La superficie del agua espuesta al aire produce siempre un vapor espontáneo, que es visible, ó invisible, segun la temperatura relativa del aire y del agua. Si el agua es tibia y el aire frio, como en las mañanas de otoño, el vapor, que tiene una temperatura igual á la del agua, se condensa en el aire frio y se hace visible en la forma de neblina.

9. Pero todo vapor, ya sea resultado de una evaporacion expontanea, ó sea de la mas alta temperatura producido en una caldera, es trasparente, á ménos que se condense por ser espuesto á una temperatura mas fria. Asi es, que si una caldera fuera de cristal, no se vería dentro de ella mas que el agua; pero levántese la válvula y dejese es-

capar el vapor à un aire mas frio, y aparecerà instantáneamente una nube de vapor.

10. Esto se esplica con el aliento, el cual aunque cargado siempre de humedad cuando se exhala, es generalmente visible tan solo en las mañanas frias, porque entònces la temperatura es bastante baja para producir la condensacion. Cuando respirámos sobre un sólido mas frio, la humedad se hace visible por la condensacion en una forma líquida.

11. Esto mismo se ve de manifiesto sobre la superficie de una jarra que contenga agua de hielo, cuyo contacto condensa la humedad que existe invisible en la atmósfera natural. Esta humedad se hace visible por la condensacion, en forma de niebla, en las inmediaciones de un banco de nieve en la mar: es la que forma el rocío que cae sobre la tierra en la noche y la que hace húmedos los vientos calientes del océano en ciertas latitudes.

12. Pero los vapores producidos por causas espontáneas y que vagan flotantes por el aire, no poseen la fuerza mecánica que estamos acostumbrados á ver en el vapor como lo empleamos en las artes. Esta fuerza del vapor resulta solo de la aplicacion que se hace al agua de un alto grado de calor producido por medios artificiales; y la cantidad y fuerza del vapor formado, dependerán de la intensidad del calor y de la estension de la superficie que está en contacto con este.

EBULLICION DEL AGUA Y FORMACION DEL VAPOR BAJO DIFERENTES PRESIONES.

13. *Superficie de fuego* de una caldera, es aquella que está rodeada de agua ó de vapor y recibe

la accion directa de un calor suficientemente alto en temperatura para producir el vapor.

14. Los sólidos trasmiten el calor por su poder conductor. Asi, calentada la superficie interior de un *flue* ó de una hornilla, este calor pasa à la superficíe esterior y de esta al agua.

15. Pero el calor no se distribuye en un cuerpo de agua por el poder conductor de esta, porque el agua no tiene esa propiedad. El calor se trasmite por la circulacion de las particulas del agua que trae à todas ellas succesivamente en contacto con la superficie caliente del metal.

16. Las corrientes producidas por esta circulacion se mueven principalmente en planos verticales, pasando el calor de la superficie de fuego hácia arriba. Por lo tanto, el agua hierve sobre el nivel de la superficie de fuego pero no bajo de ella, lo que se demuestra aplicando una làmpara á un tubo de cristal lleno de agua. Esta hervirá de 6 hácia arriba, y no por debajo. Veáse la figura 1a.

17. La teoría de la ebullicion es como sigue. La capa de agua mas inmediata à la superficie de fuego llega á ser calentada y rarificada, de modo que siendo mas lijera que el agua de encima, dicha capa calentada sube à la superficie; allì arroja una porcion de su calor en vapor, y adquiriendo con esto mayor gravedad especifica, vuelve á bajar: por el contacto con la superficie de fuego recibe nuevo calor y vuelve à subir; por cuya operacion de circulacion cada capa de agua se pone sucesivamente en contacto con la superficie de metal caldeada, y todo el cuerpo del agua se calienta. Si el fuego fuese tan activo, ó la superficie

de fuego tan estensa que el calor se comunicase al agua mas pronto de lo que sale en vapor, tendrá lugar una acumulacion de calor en el agua hasta que esta llegue á la temperatura de 212. ° ; y entónces la circulacion se habrá hecho tan rápida que producirá la ebullicion. Cuando tiene lugar esta ebullicion, el calor se escapa á la superficie del agua en vapor (si esa superficie está espuesta á la presion atmósferica estando el barómetro en 30 pulgadas) tan rápidamente como puede ser comunicado á la superficie de fuego y la temperatura no puede ser levantada á mas de 212. ° Por esto es que 212. ° es el término á que hierve el agua cuando el barómetro està en 30 pulgadas.

elevada

18. Siendo el vapor el resultado de la combinacion del calor con el agua, se sigue: que toda evaporacion absorve y se lleva el calor en grandes cantidades, reduciendo rápidamente la temperatura.

19. Bajo de una lijera presion atmosférica sobre la superficie del agua producida, ya sea estrayendo el aire de un recipiente, ò bien trasportándose á una posicion mucho mas elevada, el agua hervirá à una temperatura que se reduce con la presion; hasta que, cuando se halle como en el vacío donde se ha quitado enteramente la presion, la ebullicion tendrá lugar a la temperatura de 88. ° Colòquese una vasija con agua calentada á 88. ° bajo de un recipiente; extraigase el aire, y el hecho serà manifiesto. En la cima del "Monte Blanco» está la presion tan disminuida, que el agua hierve á los 187. ° : de cuya temperatura no podrá elevarse allí, mientras estè espuesta al aire.

trasportandolo

mas allá de cuya temperatura

20. Si, confinando y acumulando el vapor, se ha producido una presion superior á la de la atmósfera, aumentará la temperatura hasta el

grado en que hierve el agua. La temperatura del vapor formado es igual á la temperatura del agua de que se forma; y la fuerza elástica del vapor formado es igual á la presion bajo de la cual se forma. Por ejemplo, bajo de una atmósfera el agua hierve á los 212. ° ; el vapor formado es de esa temperatura y tiene una fuerza elástica igual á una atmósfera. Bajo dos atmósferas el agua hierve á los 250. ° de temperatura y produce vapor de 250. ° de temperatura y de una fuerza elástica igual á dos atmósferas.

LA ATMOSFERA ES LA UNIDAD DE MEDIDA PARA DETERMINAR LAS PRESIONES.

21. Se ha tomado la presion de la atmósfera al nivel del mar con el barómetro en 30 pulgadas, como la unidad para estimar y comparar las presiones y fuerzas elásticas.

22. Esta atmósfera es un fluido invisible que rodea la tierra, descansando sobre ella, y sobre todas las cosas que le pertenecen, con un peso igual, cerca del nivel del mar, á 14'7 libras en cada pulgada cuadrada de superficie. Nosotros, sin embargo, no conocemos este peso por nuestras sensaciones, porque esperimentamos un equilibrio de presion, siendo comprimidos del mismo modo en todas direcciones. Lo mismo se entiende de los objetos inanimados que intentamos mover. Ordinariamente son comprimidos del mismo modo por todos lados, y por lo tanto la atmósfera no opone resistencia efectiva á su movimiento. Pero extráigase el aire de un lado de alguna cosa; el quilibrio se destruirá y la cantidad de presion se manifestará inmediatamente por sus efectos.

23. Falta solo averiguar por qué la presion de la atmósfera es igual á 14'7 libras sobre cada pulgada cuadrada. La columna de atmósfera de 45 millas de altura y de una pulgada cuadrada de área exactamente balancéa, y por consiguiente pesa lo mismo que una columna de mercurio de la misma área y 30 pulgadas de altura. Esta columna de aire balancéa tambien à otra de 33'86 pies de agua. Por consiguiente, una columna de aire, 30 pulgadas de mercurio, y 33'86 pies de agua, pesan lo mismo; de aquí es que equivaliendo cada una de estas dos últimas á 14'7 libras, se sigue, que el peso ó presion de la atmósfera es igual á 14'7 libras sobre cada pulgada cuadrada de superficie.

PRESIONES EN UNA CALDERA, Y MÉTODO PARA DETERMINARLAS.

24. Teniendo el Vapor á los 212 ° una presion igual á la de la atmósfera, justamente la contrapesa, y no puede ejercer el menor efecto mecánico para vencer su resistencia. Por lo tanto, una atmósfera de vapor dentro de la caldera, ocupa el lugar del aire que existia allí ántes que se formase el vapor, y por consiguiente, tan solo balancéa la presion de la atmósfera exterior. Auméntese el vapor á 250 ° de temperatura y á dos atmósferas que es la presion correspondiente, y entónces la presion interna excederá á la externa en una atmósfera, y asi proporcionalmente.

25. Todo medio de medir la presion en una caldera, que no sea por un termómetro, determi-

na meramente este exceso de presion sobre aquella de la atmósfera externa. Estos mdios se consiguen generalmente, por la *válvula de seguridad* y el *manómetro.*

26. La válvula de seguridad es una plancha circular de una área determinada, acomodada à una abertura de la caldera, y cargada con un peso proporcionado á la presion del vapor que se ha de medir, y al área de la vàlvula. Si, por ejemplo, el vapor que puede llevarse con seguridad es igual al *exceso* de una atmósfera, ò sean 15 libras por pulgada cuadrada, y la válvula tiene una área de 10 pulgadas ; entónces un peso de 150 libras colocado sobre la vàlvula la conservará en su asiento, si la presion del vapor no es mas que una atmósfera. Si el vapor aumenta mas allá de ese punto, la válvula se levantará y escapará el vapor; y cuando la válvula esté abierta apesar de que no se levantó hasta que la presion habia aumentado sobre 15 libras, no volverá á bajar hasta que la presion no sea reducida considerablemente bajo de esas mismas 15 libras. Esto es debido principalmente á la forma cónica de la válvula, segun se explicará en seguida.

Cuando la válvula está sobre su asiento, el àrea sobre que hace su fuerza el vapor para levantarla es calculada por el diámetro *cd*, figura 2; pero cuando la válvula está levantada, el vapor obra sobre una àrea calculada por el diámetro mayor *ab*.

27. Este es el método practicado comunmente para determinar la presion en calderas de alta presion, que llevan de 3 à 20 atmósferas. El ma-

nómetro mercurial no se usa en esas calderas, por que la grande presion del vapor arrojaria el mercurio fuera de los tubos, à ménos que estos fueran de un largo poco conveniente.

28. El vapor que llevan las calderas de baja presion (de 3 à 25 libras) se mide por el manómetro mercurial del vapor. Este manòmetro es un tubo curvo ò sifón invertido, que tiene un brazo largo y otro corto, y que está en parte lleno de mercurio. La abertura del brazo corto se acomoda á otra abertura de la caldera, mas arriba del nivel del agua, con una juntura muy ajustada, y el brazo largo queda abierto al aire. El mercurio, cuando el vapor no ejerce su fuerza sobre él, puede subir en el brazo corto hasta cerca de la abertura de la caldera, y por supuesto estarà al mismo nivel en el otro brazo. Cuando una atmósfera de vapor haya ocupado el lugar del aire atmosférico que contenia la caldera, el mercurio continuará todavia al mismo nivel en los dos brazos; pero conforme aumente el vapor, este estrechará el mercurio en el brazo opuesto al vapor con mayor *fuerza* de aquella que ejerce la atmòsfera sobre el mercurio en el brazo abierto al aire; y por consiguiente el mercurio subirá en el brazo abierto, é indicará el exceso de presion del vapor sobre la presion del aire externo.

Las graduaciones en el manómetro son de una pulgada de largo. Quince libras de presion por pulgada cuadrada es igual al peso de cerca de treinta pulgadas de mercurio (Art. 23) ò lo que es lo mismo una libra de presion equivale al peso de dos pulgadas de mercurio. Cada pulgada que se

levanta el mercurio en el tubo indica una alteracion de dos pulgadas en el nivel de la columna soportada dentro del tubo curvo. Por consiguiente, una pulgada de mercurio en la escala indica una libra de presion del vapor. Y por esto, en el lenguaje vulgar se usan indistintamente los términos, *pulgadas de vapor y libras de vapor.*

Asi, sea d, (figura 3), una caldera en cuyo frente esté colocado un manòmetro segun se ha descrito. Echese mercurio dentro de este tubo hasta que suba en ambos brazos al nivel d, cerca de la abertura de la caldera. Cuando aumenta el vapor, y la presion dentro de la caldera excede á la de la atmósfera en una libra, el mercurio descenderá en el brazo de vapor del manòmetro una libra, hasta c, y por consiguiente subirá una pulgada en el brazo abierto hasta b, produciendo una diferencia de dos pulgadas en los niveles c y b, que es la columna sostenida por una libra de vapor. Por lo tanto, cuando el mercurio sube en el brazo abierto una pulgada, marcando en la escala una pulgada, indica una alteracion de dos pulgadas en el nivel, y por consiguiente un aumento de una libra en la presion del vapor que está dentro de la caldera.

29. Un método indirecto de determinar la presion del vapor en la caldera, es obtener su temperatura por un instrumento termométrico ó por el punto de fusion de ligas metálicas que se sabe son convertidas en líquidos á cierto grado de calor. Si la temperatura del vapor puede obtenerse exactamente por algunos de estos medios, y el vapor estuviese saturado (Art. 34) se conocerán con certeza las presiones correspondientes.

Así una temperatura de	212 °	indica una presion de	1 atmósf.		
,,	,,	242	,,	,,	1 1|2 ,,
,,	,,	252	,,	,,	2 ,,
,,	,,	264	,,	,,	2 1|2 ,,
,,	,,	277	,,	,,	3 ,,
,,	,,	285	,,	,,	3 1|2 ,,
,,	,,	294	,,	,,	4 ,,
,,	,,	301	,,	,,	4 1|2 ,,
,,	,,	308	,,	,,	5 ,,
,,	,,	314	,,	,,	5 1|2 ,,
,,	,,	320	,,	,,	6 ,,
,,	,,	326	,,	,,	6 1|2 ,,

DE LA ESPUMA EN UNA CALDERA,

SU CAUSA Y MODO DE EVITARLA.

30. El vapor no se forma del agua, hasta tanto no haya llegado ésta al punto de una moderada ebullicion, y la temperatura del agua hirviendo de ese modo es semejante á la del vapor que se forme de ella. Por lo tanto, (Art. 29.) el agua bajo la presion de una atmósfera hierve à los 212 °; bajo 1 y 1\|2 atmósferas á los 242 °; bajo 2 atmósferas á los 250 °; bajo 2 y 1\|2 atmósferas á los 264 °; y asi en adelante segun la tabla.

31. Segun esto descubrirémos que existe establecida en la naturaleza cierta relacion entre la presion sobre la superficie del agua y la temperatura bajo la cual hierve esta moderadamente y forma vapor. Si la temperatura del agua excede á esta relacion, tendrá lugar una violenta ebullicion con espumaje, y continuará con una violencia proporcionada al exceso, hasta que se restablezca la relacion natural. Por ejemplo, si el agua, bajo una presion de 1 y 1\|2 atmósferas de vapor en la caldera está á la temperatura de 242 ° (Art.

29 y 30) repentinamente se reduce la presion á una atmósfera, por consumirse el vapor mucho mas rápidamente de lo que se forma, la temperatura del agua, continuando á los 242 ?, excederá la relacion natural establecida con la presion, y la consecuencia será una violenta ebullicion y espumaje. Esta operacion puede explicarse así: calientese una vasija de agua de á los 212 ? expuesta al aire libre, y el agua hervirá moderadamente. Colóquese esta vasija de agua á los 212 ? bajo el recipiente de la bomba de aire; y extrayendolo parcialmente, redúzcase la presion á la 1|2 ó 3|4 de una atmósfera; el efecto será un violento espumaje en el agua, por haberse perturbado la relacion natural entre la presion y la temperatura. Reprodúzcase la presion confinando el vapor formado ó volviendo á admitir aire dentro del recipiente, y la espuma cesará. Asi pues, en una caldera que produzca esta, ciérrese la válvula del cuello para reproducir la presion del vapor en la superficie del agua; entónces la reduccion de temperatura por la evaporacion (Art. 48) y el aumento de presion, conspirando juntos, restablecerán pronto la relacion natural entre la temperatura del agua y la presion en su superficie, y cesará la espuma. Esta repentina reduccion de presion, y el consiguiente espumaje, ocurre mas facilmente en calderas que tienen poco espacio para el vapor en comparacion á la capacidad del cilindro; porque, tomando un extremo, si se supone un cilindro que consuma 24 pies cúbicos de vapor á cada golpe, y que solo existe tres veces esa cantidad formada en la caldera, la consecuencia debe ser que á cada golpe del piston la presion se reduce repentinamente en 1|3; y debe suceder un continuo espumaje,

á consecuencia de esta reduccion en la presion, y del vapor que se necesita formar para los golpes siguientes. De aqui resulta que al construir una caldera debe consultarse que el espacio para el vapor sea bien grande y en proporcion á la capacidad del cilindro.

BIBLIOTECA CENTRAL DE MARINA DIRINTEMAR

EFECTOS DE UNA REDUCCION DE TEMPERATURA EN EL AGUA SIN UNA CORRESPONDIENTE REDUCCION DE PRESION.

32. Si la temperatura del agua y la presion se mantienen en una caldera en sus relaciones naturales, y repentinamente se inyecta una porcion de agua alimenticia mas fria, en cantidades tan grandes, proporcionalmente á la cantidad de agua contenida en la caldera, que reduzca sensiblemente su temperatura continuando lo mismo la presion, la temperatura del agua llega á reducirse bajo la relacion natural entre presion y temperatura; y en consecuencia, el agua cesará de hervir ó de hacer vapor, y quedará con una superficie tan llana y tan quieta como la del plomo derretido, hasta que el fuego vuelva á levantar la temperatura, y que por haberse hecho uso del vapor se reduzca la presion y se restablezca la relacion natural. Por esto es necesario evitar la desventaja de una demasiada reduccion del espacio para agua en las calderas, al tiempo de construirlas.

EFECTOS DE LA EBULLICION EN EL NIVEL DEL AGUA.

33. Cuando el vapor se forma en una caldera bajo una moderada ebullicion, y es consumido

por la màquina en cantidades cuasi iguales á las que se forman, la superficie del agua, á consecuencia de la ebullicion uniforme, se levanta y aparece constantemente por las probetas á mayor altura que aquella que conservaria invariablemente con la misma cantidad de agua sin hervir. Por esto, si se detiene la máquina, y el vapor se acumula de modo que aumente la presion mas allá de la relacion natural (Artículos 31 y 32) el agua cesará de hervir, y su superficie se aquietará colocàndose á un nivel mas bajo que el que conservaba mientras hervia. Por lo tanto, aunque las probetas puedan haber señalado una cantidad aparentemente suficiente de agua en la caldera, cuando la máquina estaba en movimiento, el agua puede bajar cuando esta se detenga, y exponer los fiues á la accion destructiva del fuego. Para evitar esto, los injenieros vijilantes, cuando la màquina se detiene momentáneamente, dejan escapar el vapor por la válvula de seguridad cuasi tan ligero como habia sido consumido por la máquina. El descuido de esta precaucion ha sido indudablemente á menudo causa de esplosiones; y una mediana atencion á ella puede considerarse como una prueba del cuidado con que el ingeniero atiende á su deber.

VAPOR SATURADO Y SOBRECARGADO.

34. Cuando la temperatura que posee el vapor ha sido obtenida tan solo por medio del agua, el calor ha llevado consigo de ésta, una debida porcion de humedad, que es toda la que puede contener; y el vapor existente de este modo se denomina *vapor saturado*. Pero si el vapor recibe el calor de cualquiera otro manantial, se carga con

una temperatura desproporcionada á su humedad, y se denomina entonces *vapor no saturado ó sobrecargado*. Vapor sobrecargado, es por lo tanto, aquel que ha sido elevado à una temperatura mas alta de la correspondiente á su presion, como se representa en el artículo 29. Así, el vapor de dos atmósferas de presion, tiene una temperatura de 250 ° cuando no está sobrecargado. Caliéntese este vapor à una temperatura mas alta, como se dijo en el art. 7 °, y entónces se dice que es vapor sobrecargado. Mr. Perkins fué de la opinion, y esta prevaleció últimamente, de que echando agua entre el vapor sobrecargado altamente, aquella se convertiria repentinamente en vapor de una alta elasticidad y causaria el riesgo de una esplosion. Sin embargo, algunos experimentos hechos por el Instituto de Franklin en Filadelfia en 1836, demostraron con alguna certeza que no resulta semejante efecto; sino que al contrario se produce una pequeña reduccion de la fuerza elàstica inyectando agua dentro del vapor sobrecargado.

COMO SE INDICA EL VAPOR SOBRECARGADO. ÉL ES UNA CAUSA PROMINENTE DE EXPLOSION.

35. El vapor sobrecargado no se indica por la válvula de seguridad ó el manómetro, los cuales señalan solamente la presion; sino por el manómetro termomètrico y por la plancha de ligas metàlicas (Art. 29.). Muchas de las desastrosas explosiones que ocurren, son causadas por el vapor sobrecargado. Por esto el manómetro termométrico y las planchas de ligas metálicas se estiman como precauciones de gran valor contra las explosiones de las calderas.

36. Si la presion del vapor se aumenta gradualmente hasta un punto mayor del que puede resistir la caldera, se levantará la válvula de seguridad y aliviará la presion. Algunas veces cuando una caldera está muy trabajada puede reventar una parte débil de ella antes que se levante la válvula de seguridad y producir algun daño. Pero cuando á consecuencia del flue que pasa por entre ella hácia arriba, el vapor llega á calentarse mucho y, estando en contacto con el casco de la caldera, calienta tambien á esta; una cabezada del buque, ó el repuesto del agua alimenticia, levantando el agua hasta el metal calentado, formará vapor instantàneamente, en cantidades mayores de las que pueden escapar por la válvula de seguridad, y de una presion mayor que la que puede resistir la caldera. Por consiguiente la caldera cede haciendo una tremenda explosion. Tambien cuando, á consecuencia de una inadecuada cantidad de agua alimenticia, quedan expuestos los flues y se caldean, y una cabezada del buque ó el agua introducida de repuesto hace subir á la que está adentro sobre los flues caldeados, se forma vapor repentinamente y produce asìmismo explosion.

PLANCHAS DE LIGAS METALICAS.

37. Las planchas de ligas metalicas, (Art. 35,) se hacen de una mezcla de estaño, bismuto y plomo, las cuales, segun la proporcion de cada metal, se derriten á unas temperaturas que varian de los 212.° à los 350.° Este principio ha sido aplicado estensivamente por Mr. Evans en los vapores de alta presion en los rios Ohio y Mississippi,

donde se dice que ninguna caldera provista de este aparato de seguridad propiamente usado, ha reventado jamas. En Francia deben por ley tener las calderas una de estas planchas colocada en el casco, la cual se derretirà á una temperatura señalada, y por consiguiente evitarà la explosion. Uno de los defectos de este método es, que hallándose el buque en un temporal y con una tierra cerca por sotavento, la plancha metálica podria derretirse, inutilizar la caldera, y causar un naufragio. En el Mecanismo de Mr. Evans no existe este riesgo.

ALTURA DEL AGUA DENTRO DE UNA CALDERA Y METODO PARA DETERMINARLA.

38. Para conocer el nivel del agua dentro de una caldera, y poder juzgar el ingeniero cuándo se necesita mas agua alimenticia para evitar el riesgo de los flues, están las calderas generalmente provistas de cuatro probetas; la mas alta de estas se halla á un punto sobre el cual no se puede dejar subir el agua sin apropiarse el espacio dejado como recipiente del vapor; y la mas baja está á un punto bajo del cual no se puede dejar pasar el agua, sin exponer los flues. Las dos probetas intermedias son convenientes para señalar niveles intermedios. Si cuando se da vuelta á una de estas llaves deja salir vapor, por supuesto el agua estará bajo del nivel de ella; y si deja salir agua, entonces se hallarà esta sobre ese nivel. Generalmente se colocan estas probetas en el frente de cada caldera.

39. En adicion á estas probetas, tienen tambien algunas calderas otras de cristal para in-

dicar la altura del agua. La probeta de cristal es un tubo hecho de este material, y bien templado, de modo que no se quiebre muy facilmente. Este tubo está unido à la caldera por medio de otros dos tubos metálicos; el uno que sale del estremo superior del de cristal y se comunica con el interior de la caldera sobre el nivel propio del agua, y el otro, del estremo inferior del dicho tubo y se comunica con la caldera bajo dicho nivel. El agua se sostiene al mismo nivel dentro de la caldera y dentro del tubo; por consiguiente una sola mirada sobre éste manifiesta á que altura està el agua dentro de la caldera. Estas probetas resisten muy bien, pero los cambios repentinos de temperatura las hacen quebrarse.

ARROJAR SEDIMENTO, Ó SEA PURGAR LAS CALDERAS.

40. El agua alimenticia tomada de los rios de agua dulce, contiene materias vejetales y minerales. Estas materias, á menos que el agua de las calderas no se cambie de cuando en cuando, depositarán sobre la hornilla y los flues una costra terrosa, la que no solamente obstruirá la comunicacion del fuego al agua, sino que tambien privarà à los flues de la proteccion del agua, y causará el que se fundan. El desperdicio de combustible es tambien otra consecuencia de esto. Por lo tanto, con el objeto de cambiar el agua, se ponen *tubos de purga* que parten del fondo de la caldera. Cuando se abre la *llave de purga*, la presion del vapor sobre la superficie del agua fuerza á esta por entre el tubo con gran violencia. Esta operacion de purgar es la que se ejecuta á bordo de los buques de

vapor, cuando vemos salir una nube de vapor por debajo de los tambores de las ruedas acompañados de un ruido fuerte. Las calderas alimentadas con agua salada requieren un cambio de agua muy frecuente, por medio de la purga.

ARROJAR AGUA SATURADA.

41. Cuando tiene lugar la evaporacion de un cuerpo de agua salada en una caldera, nada de la sal sale con el vapor, el cual es enteramente dulce. Se vé pues de manifiesto que admitiendo constantemente en una caldera sal, con el agua alimenticia, y no saliendo nada de ella en vapor, la acumulacion de la sal continuará, y por último se llenará la caldera con esa substancia, á menos que se adopten medios para librarse de ella. Por lo tanto, para este objeto, en calderas marinas, el tubo de purga pasa por el costado ó el fondo del buque desde el fondo de la caldera, donde se reune el agua mas salada porque es la mas pesada.

42. Arrojando por este tubo aquella agua salina en alto grado, se hace salir el exceso de sal; pero tambien pasa una cantidad considerable de calor que se pierde; y para conservar el nivel del agua en la caldera, el agua arrojada debe ser repuesta por otra que se introduce por medio de las bombas de fuerza, la cual necesitará mas combustible para calentarse. Por lo tanto, para evitar una perdida inútil de calor y desperdicio de combustible por la operacion de purgar las calderas, debe tenerse cuidado de no hacer esta operacion mas á menudo ni en mas cantidad, de lo necesario para evitar un depósito de sal.

43. Para determinar cuando existe la nece-

sidad de purga, los ingenieros atentos sacan de cuando en cuando del fondo de la caldera, una pequeña cantidad de agua, y prueban su gravedad específica con un hidrómetro.

El agua, conteniendo toda la sal posible en solucion, llamada *solucion saturada*, ó mas familiarmente *agua saturada*, cuando está próxima à depositar la sal sòlida, contiene 36'37 partes de sal en 100 partes de agua (por peso). Si al probar el agua sacada de la caldera, se encontrase que se aproxima á ese grado de gravedad especìfica, será inseguro el diferir por mas tiempo la operacion de purgar. Los ingenieros aprenden à calcular el tiempo de intervalo necesario entre estas operaciones, por medio de observaciones y experimentos, para evitar por una parte desperdicio de combustible y el deposito de sal por la otra.

44. Si por no arrojar freuentemete agua saturada, se forma en los flues un depósito de sal en la forma de una costra dura, la cual es *no conductora*, producirá un aumento de consumo de combustible sin el correspondiente aumento de vapor, y será causa de que se fundan los flues.

45. Finalmente, los daños que resultan de la poca atencion á la llave de purga en calderas marítimas son los siguientes; primero, el fundirse y debilitarse los flues, especialmente si son de cobre, y por consiguiente un riesgo inminente de explosion, y segundo, un desperdicio de combustible lo cual en viajes largos, ó para buques cruceros, es manifiestamente de la mayor consecuencia. Como el purgar hace necesario un copioso repuesto de agua alimenticia, y como esta agua alimenticia es de una temperatura baja, y por consiguiente

siende à reducir la del agua de la caldera con la cual se mezcla, puede ser necesario algunas veces purgar y reponer agua abundantemente, para moderar la formacion del vapor. Por lo comun es evidente que en semejantes casos, debe sacrificarse este al bien de la preservacion de las calderas. En las largas navegaciones resulta una verdadera economia en purgar con abundancia; pero mui à menudo prevalece lo contrario, y à consecuencia de esto, viene la necesidad de emplear alguna gente con cinceles y barras, à bordo de los vapores de mar, rompiendo las costras de los flues de las calderas, que se han formado por la falta de purga.

BIBLIOTECA CENTRAL DE MARINA DIRINTEMAR

46. No deja de ser con frecuencia un motivo justo de queja, el que los injenieros fijen á menudo su atencion enteramente al *mango de partida*, llaves de inyeccion, válvulas de cuello y á otras partes de la máquina; y dejen las probetas de agua, la llave alimenticia, y las llaves de purga de las calderas enteramente al juicio y manejo de los fogoneros; cuando en realidad las calderas son el manantial, del poder á la vez que del peligro, y deberian por lo tanto ser atendidas frecuentemente por el oficial mas inteligente en el departamento de la máquina de un buque.

SECCION II.

TEORÍA DEL CALÓRICO LATENTE Y SENSIBLE COMO SE APLICA AL VAPOR.

1. En la formacion y condensacion del vapor, se producen otras clases de fenómenos, los cuales, aunque menos notables en apariencia, son de gran consecuencia, tanto por su inmediata co-

nexion pràctica con el uso que del vapor se hace, cuanto por su gran interès filosófico. Aludimos à aquellos fenómenos que se esplican por la teoria del calor latente y sensible. El primero que enseñó esta teoria fué el Dr. Black de Edimburgo, el año anterior á aquel en que el célebre James Watt comenzó sus trabajos sobre la màquina de vapor, y sirvió para esplicar las dificultades que el último encontrò desde el principio de su trabajo.

2. La palabra calor, en su acepcion comun, espresa alguna cosa que es *sensible*, que se percibe por el sentido del tacto, ó por el de la vista en sus efectos sobre el termómetro. Pero el Dr. Black descubrió, que el principio del calor existia en un estado no sensible, del mismo modo que en el sensible. Para evitar ambigüedades, este principio se denomina calórico.

Por lo tanto, el calórico, es, ò bien libre y sensible, ò bien latente ó insensible. Sabemos que la presencia del calórico en los cuerpos es la causa de su fluidez, asi como la ausencia lo es de su solidez. Caliéntese el hielo ó el hierro, y se harán fluidos; enfriénse, y recuperará su forma sólida.

3. La teoria es, que todo cuerpo sólido se compone de partículas de materia que se conservan unidas por la atraccion de cohesion, pero que hay una porcion de calórico interpuesto entre estas partículas, de manera que nunca llegan à tocarse, aunque al parecer asi lo hacen; que cuando se aplica mas calórico, las partículas se separán, lo que causa una expansion, como que todos los cuerpos sufren expansion por el calor, y contraccion por el frio; que cuando por una mayor aplicacion de calórico, las partículas se han separado tanto para recibirlo, que debiliten suficientemente

la atraccion de cohesion, el cuerpo cesa de ser sólido, y pasa al estado de fluido, en el cual cada partícula se mueve libremente entre las otras.

4. Se ha tomado al agua como un ejemplo de la teoría del Dr. Black, sobre el calórico latente y sensible, porque es la mas conveniente, y por que tiene una relacion mas íntima con el asunto de que se trata.

La sustancia de que se compone el agua, existe bajo tres diferentes formas: el sólido, el líquido y el aeriforme. Como sólido, es hielo; como líquido, es agua; y como aeriforme, es vapor.

5. Si al hielo, que contiene una temperatura como de 32. ° se le aplica un calor de 140. ° se convertirá en agua, con una temperatura de poco mas de 32. °. El todo de los 140. ° de calor aplicado en este caso para producir fluidez habrá desaparecido. Este calor está en el agua, pero existe allí en el estado latente.

Para demostrar esto, tómese una libra de agua á la temperatura de 172. ° y échese dentro de ella una libra de hielo á la temperatura de 32. ° El hielo se derretirá, y el resultado será, dos libras de agua á poco mas de 32. ° de temperatura. Por lo tanto, el hielo habrá absorvido 140. ° de calor para convertirse en líquido, y el todo de este calor habrá pasado al estado de latente ó insensible.

6. El agua se convierte en vapor, bajo la presion de una atmosfera, á la temperatura de 212. °; pero al convertirse en vapor absorve unos 990. ° adicionales de calor; de modo que contiene 1202. °, de los cuales solo 212. ° quedan sensibles.

Para demostrar esto, unánse dos basijas con

un tubo de vapor que pase desde el tope de la una hasta cerca del fondo de la otra. En la vasija A. (figura 4) póngase 5 1|2 libras de agua á 32. ° de temperatura, y en la vasija B. póngase una cantidad indefinida. Hiérvase la de la vasija B. y su vapor á 212. °, pasando á la vasija A. y condensándose allí, dará suficiente calor para hacer hervir el agua que ella contiene. Cuando se haya hecho hervir el agua de la vasija A, se encontrará que ha aumentado su peso hasta 6 1|2 libras; haciendo ver que ha pasado de B. para A. una libra de agua convertida en vapor, y que, en tal estado, tenia esta libra de agua bastante calórico para hacer subir 180. ° la temperatura de una cantidad de agua cinco y media veces mayor que ella. De aquí resulta que ha dado al agua 5 1|2 veces 180. °, ó 990. ° y retiene 212. °; por consiguiente debe haber contenido una suma de calórico, latente y sensible, igual á 1202. °

Este experimento demuestra tambien, que 5 1|2 libras de agua á los 32. °, condensarán el vapor producido por la evaporacion de una libra; y nos servirá para esplicar en adelante, porqué se necesita tanta agua en el condensador de una máquina para condensar el vapor y producir el vacío.

7. En general toda reduccion de volumen ó aumento de densidad, es acompañada de una exhibicion de calor sensible. El mas directo y vivo ejemplo de esto ocurre cuando se comprime el aire atmosférico repentina y poderosamente, en cuyo caso exhibe un calor luminoso ó produce combustion.

8. Asi tambien un aumento de volumen ó diminucion de densidad viene ordinariamente acompañado de una absorcion de calor del estado

sensible al latente. Un ejemplo sorprendente de esto se halla en el hecho de que el vapor emitido de una caldera à los 212. ° quema ó escalda; lo que no sucede con el vapor á los 350. °, bajo las mismas circunstancias. En el primer caso es tan poca expansion al salir del confinamiento en la caldera, que absorve y hace latentes mui pocos grados de los 112. °; en el otro caso la expansion es inmensa y ràpida, absorviendo y haciendo latentes mas de 150. ° de calor sensible, reduciéndolo asì bajo de la temperatura en que escalda.

SECCION III ª.

Construccion de las calderas.---Superficie de fuego.---Espacio del agua y espacio del vapor.---Formas de las calderas, y clases de metales usados en su construccion.

CONSTRUCCION DE LAS CALDERAS.

SUPERFICIE DE FUEGO Y FLUES.

1. La accion de una màquina depende de la cantidad y fuerza elástica del vapor (Sec. 1. art. 1). Si el efecto calculado de una màquina se basare sobre la hipótesis de 20 revoluciones ó un consumo de 40 cilindros de vapor por minuto, con una presion igual à 10 libras por pulgada cuadrada, y la caldera prueba no ser adecuada para suplir vapor de esta presion media en el cilindro mas que á razon de 10 revoluciones por minuto, se sigue que la máquina operarà con menos efecto del propuesto, y hará imperfectamente el trabajo para que se habia calculado.

3. Por lo tanto, la exactitud en las proporcio-

nes y construccion de una caldera es de grande importancia; y su primer requisito es suplir vapor à la máquina en razon al número de revoluciones calculado.

Para efectuar esto deben tener las hornillas una buena corriente de aire, de modo que produzca una combustion vigorosa y dé intensidad al calor; y la caldera debe ser construida con la extension suficiente de superficie de fuego (Sec. 1. art. 13); porque guardando proporcion las demas partes, las calderas produciràn vapor de una fuerza y con una brevedad proporcionada á la estension de la superficie de fuego.

La intensidad de la corriente de aire depende de la altura de la chimenea, y tambien del *área* y *colocacion* de los flues.

4. Por *área* de un flue se entiende el área de una seccion transversal, ó cuando hay muchos flues, la suma de las àreas de todas las secciones. Jeneralmente se deja que esta àrea sea tal como resulte de la colocacion del flue para producir una suficiente estension de superficie de fuego; porque, una vez obtenida esta, la experiencia ha probado que el àrea del flue es tambien suficiente.

5. La *colocacion del flue* deberá hacerse de tal modo que trasmita al agua que lo rodea todo el calor producido, hasta una temperatura bastante alta para formar vapor. Esta es la regla, aunque la práctica no puede estar siempre conforme á ella: pero deberia hacerse un esfuerzo para aproximársele tanto cuanto fuera posible; porque está probado que el permitir que una gran porcion de este calor pase al aire por entre la chimenéa contribuiria á un desperdicio de calor, *que es un desperdicio de combustible*.

Este desperdicio se evita con estender la superficie de fuego, bien haciendo pasar la llama y aire caliente por entre un crecido número de flues angostos y cortos, ó bien por entre un pequeño número de flues anchos y de mayor longitud.

6. Es mejor, especialmente para objetos marítimos, tener flues anchos, no menores que de 8 á 12 pulgadas de diámetro; con tal que haya lugar para calderas bastante largas en proporcion á la longitud que deben tener los flues grandes; ó bastante altas ó anchas para producir esta longitud retornando los flues.

El flue grande es preferible, porque está menos sujeto á obstruirse con el hollin, cenizas, cernadas ó sal. Pero en situaciones que limitan el largo, altura y ancho de la caldera, el único medio de producir aquella estension de superficie de fuego capaz de extraer todo el calor que puede usarse con ventaja en la formacion del vapor, es el de reducir el tamaño y multiplicar el número de flues; dejando en tal caso, como inevitable, el defecto que resultaria de la facilidad para obstruirse. Aquellas calderas en que el diámetro de los flues se reduce à 3 ó 4 pulgadas, se denominan calderas *tubulares*; y en razon à su reducido tamaño y peso, están universalmente en uso para producir el poder locomotor en caminos de hierro.

7. Las figuras 5 y 6 ilustran casi todo lo que se ha dicho ó se dirà en esta seccion con respecto á la forma y construccion de las calderas.

La figura 5 es una seccion longitudinal y transversal de una caldera rectangular comun americana de baja presion; en la cual a, es el cenízero; b, la posicion de las parrillas; c, las hornillas; d, los flues; e, el flue de retorno; f, los

flues unidos; g, la chimenea; h, el nivel del agua; i, el fondo del agua que protege al fondo de la caldera evitando el que se funda, y ademas hace útil algun calor que de otro modo irradiaria y seria perdido; k, el espacio del vapor; y l, la chimenea ó tambor del vapor, en la cual está el vapor sobrecargado à un alto grado.

La figura 6 representa una seccion longitudinal y vista del frente de una caldera tubular cilíndrica de alta presion; en la cual a, es el cenicero; b, la posicion de las parrillas; c, la hornilla; d, los tubos que corresponden con los flues de la figura 5; e, la caja del humo ó base de la chimenea en donde terminan los tubos; f, la chimenea; g, el nivel del agua; h, el espacio del vapor; i, la línea del tope de la hornilla y los flues; y k, la cúpula de donde se saca el vapor.

ESPACIO DEL AGUA Y ESPACIO DEL VAPOR.

8. El objeto que sigue en importancia para la construccion de las calderas es su capacidad para contener agua y vapor. Esta, por supuesto, depende del tamaño de la caldera y de la proporcion del espacio interior ocupado por los flues; porque si dicho espacio estuviera casi lleno con los flues, quedaria demasiado poco para el agua.

La caldera representada en la figura 6, siendo tubular, contiene mas superficie de fuego en el mismo tamaño de caldera, pero el espacio del agua se reduce sumamente con amontonar los flues unos sobre otros, como se vé en la figura.

9. En tierra escasamente hay límite alguno, si no es el costo, para el gran tamaño ó peso de una caldera, y por lo tanto es fácil construirla para

una màquina de uso terrestre, con todo el flue necesario y con abundante capacidad para el agua y el vapor. Pero al diseñar una caldera que ha de ser puesta á flote, el ingeniero tiene que ser económico en el espacio y en el peso; porque si un buque queda ocupado y cargado con sus calderas y máquinas, no tendrà lugar ni fuerza para cargar otra cosa.

10. Por tanto, es esencial la reduccion del agua que ha llevar una caldera à flote, y solo se conforma esta reduccion por las siguientes reglas que son importantes.

Primera. La cantidad de agua que se lleva debe ser mayor que la evaporada en un tiempo dado, para que el repuesto del agua fria alimenticia en el mismo tiempo, no reduzca mucho la temperatura, y de consiguiente no reprima repentinamente la formacion del vapor. El agua contenida en la caldera debe ser tambien en cantidad proporcional al agua saturada que se forma y que se arroja por el tubo de purga, á fin que el indispensable repuesto de agua fria alimenticia no reduzca mucho repentinamente la temperatura de la que està dentro.

Segunda. Debe haber una altura tal de agua sobre los flues mas altos, que un pequeño descuido en alimentar la caldera no exponga á esos flues á quedar descubiertos del agua; y la altura del agua deberia tambien ser tal, que cuando el buque tumbe de un lado, los flues de los costados no queden expuestos al buscar el agua su nivel.

11. La altura de la caldera necesaria para dar el competente *espacio del vapor*, como se llama el espacio que hay en el casco de la caldera sobre el agua, deberia tambien ser tan reducida

como lo permitan las consideraciones siguientes.

Primera: la necesidad de sacar el vapor de un punto tan distante sobre la superficie del agua, que no pueda salir agua alguna junto con el vapor que entra al cilindro; porque siendo el agua incomprimible, cualquiera cantidad de ella entre la tapa del cilindro y el piston haria saltar aquella; y segunda, la necesidad que existe de dar al vapor una acumulacion en cantidad, igual cuando menos á diez veces la capacidad del cilindro; porque si la acumulacion fuere menor, el vapor seria consumido en tan gran proporcion, que aliviaria repentinamente la presion de la superficie y produciria una violenta ebullicion y espumaje, (Art. 33. Sec. 1,) lo cual causaria engaño con respecto á la altura del agua en la caldera y podria conducir á la explosion.

La tendencia del agua á pasar al cilindro junto con el vapor es mui grande, aun en caso de tomar el vapor mui arriba del nivel del agua. La causa es el repentino alivio de presion en una parte de la superficie, mientras que la presion continùa en todo el resto de ella.

12. Cuando las calderas son construidas con una altura tan limitada que el vapor no puede ser sacado de bastante altura sobre el nivel del agua, para evitar el riesgo de que esta entre al cilindro, se eleva sobre la caldera, un tambor ó cúpula, de la cual se saca el vapor. Algunas calderas tienen una chimenea de vapor, que es un tambor construido al rededor de esta que se extiende unos pocos pies sobre el casco de la caldera. En esta clase de chimeneas llega á encontrarse el vapor en cierto modo sobrecargado por el calor que adquiere de la chimenea del humo. El objeto de dar al vapor este calor adicional, es que

si pierde alguna parte del que tiene por irradiacion en su paso á lo largo del tubo del vapor, no pueda condensarse.

FORMAS DE CALDERAS Y CLASES DE METALES USADOS EN SU CONSTRUCCION.

13. Por supuesto las calderas deben tener resistencia en proporcion á la fuerza elástica del vapor que se intenta encerrar en ellas. Con una sola atmósfera de vapor dentro, contrapesada por la presion de la atmósfera natural afuera, no es necesaria una fuerza extraordinaria en la construccion. Pero cuando se forma vapor, como sucede no con poca frecuencia, de seis y ocho atmósferas de presion, ó mas de 100 libras por pulgada cuadrada, manifiestamente es necesaria la mayor resistencia de forma y construccion posible.

14. Las calderas de baja presion, que raras veces llevan vapor que exceda de 25 libras, se hacen por lo comun de una forma angular, que es favorable para la economía y para el espacio, y cuando están bien amarradas con tirantes interiores, se encuentran suficientemente fuertes.

15. Pero la caldera de alta presion, que lleva 100 libras y aun mas, debe ser de la forma cilíndrica que excede en fuerza á todas las otras y no necesita abrazaderas interiores. Y como su fuerza está en razon inversa de su diámetro, las calderas para vapor de mui alta presion no deben tener mas de 5 ó 6 pies de diámetro. En tales casos se obtiene una gran capacidad de caldera aumentando el número de ellas, y uniéndolas con comunicaciones para la agua y el vapor, de modo

que se conserve un equilibrio del agua y del vapor en toda la série.

El riesgo de este mecanismo consiste en la posible obstruccion de estas comunicaciones, y en la facilidad de que cuando están á flote, la caldera de barlovento tenga expuesto algun flue á cada pequeño balance del buque. Esto sucede á menudo en los botes de vapor del Oeste que llevan poca agua en las calderas, y tumban mucho en las vueltas de los rios.

16. Las calderas se construyen con planchas de metal, hechas de cobre ó hierro por medio de rodillos, y remachadas unas con otras. Las calderas de cobre son, en comparacion con las de hierro, mas costosas, no tan fuertes, y mas sugetas á dañarse ó fundirse cuando quedan expuestas al fuego sin la proteccion del agua. Por otra parte, menos expuestas á oxidarse, especialmente si se usan con agua salada, y son atendidas con esmero, pueden durar mucho mas largo tiempo. Ademas ya inutilizadas, las calderas de cobre tienen valor como metal viejo, mientras que las de hierro en el mismo estado son casi inútiles.

SECCION IV.

Combustion, corriente de aire, insuflacion, combustible, humo.

COMBUSTION.

1.° Combustion es una rápida oxidacion y descomposicion de algunas substancias, acompañada de gran exhibicion de un calor, en general luminoso aunque no es necesario que lo sea. Esta descomposicion resulta de la afinidad que la substancia

combustible tiene con el oxìgeno. Cuanto mayor sea esta afinidad, tanto mas combustible será la substancia. Algunas veces es tan grande que produce una combustion expontánea; pero en general, no sucede la combustion á menos que se exite con la aplicacion de un calor artificial de alto grado.

2. En donde es mas rápido el repuesto de oxígeno, lo es tambien mas la combustion, y el consiguiente desarrollo de calor. Y como el repuesto natural de oxìgeno se obtiene directamente del aire atmosférico, 20 por ciento del cual es oxígeno, se sigue, que cuanto mas rápido sea el repuesto de aire dado á una hornilla donde tiene lugar la combustion, tanto mas vigorosa serà esa combustion.

CORRIENTE DEL AYRE.

3. Este repuesto de aire depende de la corriente; la cual, siendo iguales las otras partes, es proporcionada dentro de la extension de sus límites á la altura de la chimenéa. Si la columna de aire que hay dentro de una chimenéa no se calienta, su peso serà igual al de una columna de aire de igual área, cuya base este fuera de la chimenéa; por tanto , las dos columnas se contrapesan entre sí, y no se percibe movimiento ó corriente. Pero si esa porcion de la columna atmosférica, cuya base está dentro de la chimenéa, se calienta, serà rarificada, y se hará mas lijera que las otras columnas que la rodean; y como el aire se mueve siempre en la direccion de la menor resistencia, se levantará inmediatamente en la chimenéa una corriente mas ó ménos ràpida. Cuanto mas alta sea la chimenéa, tanto mas rarificada serà la porcion de la

columna atmosférica que descansa dentro de ella, y por consiguiente tanto mayor y mas poderosa será la corriente. Y si esta corriente pasa por entre las parrillas de la hornilla, comunica su oxígeno al fuego que existe allí, y produce un vigor de combustion proporcionado á dicha corriente.

INSUFLACION.

4. Algunos de los combustibles de que se usa comunmente necesitan mas aire del que puede obtenerse cómodamente por la altura de la chimenéa en los buques de vapor. En tales casos se recurre al medio de formar artificialmente una corriente de aire; y esta corriente se produce jeneralmente por medio de un abanico ó *soplador*, el cual hace muchos ciento de revoluciones por minuto y arroja aire atmosférico bajo de las parrillas de una hornilla, y hácia arriba por entre el combustible extendido sobre ellas.

COMBUSTIBLE.

5. Las clases de combustible en uso comun son: carbon bituminoso, carbon antràcito, leña de pino y leña dura.

6. Los ingredientes esenciales en el combustible para la combustion son hidrógeno y carbon. Hidrógeno es el principio que produce la llama; carbon es el que produce la escoria ó cama de carbon que irrádia el calor despues que el principio inflamable ha sido agotado. Por lo tanto, aquel combustible que contiene la mayor proporcion de hidrógeno, como el carbon bituminoso, la leña de pino y la resina, hará el fuego mas capaz de extension, pero tambien ménos durable; y aquel

que contiene la mayor proporcion de carbono, como el carbon antrácito, produce el fuego mas durable, pero de ménos extension, es decir, de ménos llama. Asi es que, cuando se desea producir un calor repentino é intensamente difundido, se acostumbra echar resina en las hornillas; pero es evidente que esta no hará un fuego durable. Por otra parte, el fuego del carbon antrácito es de mucha duracion; pero operando con una corriente de aire natural, aunque posee un alto calor local, no lo esparce por entre un fuego de flues extensos. El combustible en que mejor se combinan los principios inflamables y durables, es el carbon bituminoso, que por tanto es jeneralmente preferido.

7. Siempre que se escoja la leña por combustible, tómese aquella que esté sólida y seca. Cuando se escoja el carbon, tómese aquel que esté mas libre de contener pizarra y otras materias terrosas, las que se combinan siempre con el carbon en mayor ó menor grado, y forman el residuo incombustible que se denomina *cernada*. Como esta materia terrosa se compra como si fuera carbon, pesa y ocupa espacio á bordo de un buque, obstruye las parrillas y da trabajo para limpiar, izar las cenizas y arrojarlas al agua; es claro que cuanta ménos cantidad de ella contenga un cuerpo de carbon, tanto mejor será éste.

8. El carbon de muchas minas contiene azufre. El efecto del azufre, debido á su mucha afinidad con el hierro y el cobre, es destruir las parrillas y dañar las hornillas y flues en donde se quema el carbon que lo contiene. Por tanto, el carbon mas libre de azufre es el mejor para usar en las calderas.

9. Otra razon importante por que deberia evi-

tarse el uso del carbon que contiene azufre, á bordo de los buques de vapor , es que el azufre es el principio que combinado con el hierro formando el sulfurato de hierro ó pirites de hierro, ocasiona la combustion espontánea. Esta es una verdad importante, porque muy á menudo ha tenido lugar la combustion espontánea á bordo de los buques de vapor, formando una causa prominente de peligro en ellos , si no se cuida de evitarlo. Siendo las pirítes un mineral de un color pardo claro, se descubren facilmente por un exámen prolijo.

HUMO.

10. El producto de un consumo perfecto de los ingredientes que contiene el combustible (Art. 6.) son àcido carbónico y vapor acuoso; produciendo el oxígeno combinado con el carbon, ácido carbónico, y combinado con el hidrógeno, vapor. Estos productos, que son ambos incombustibles é invisibles son llevados por la corriente hàcia la chimenéa. Pero lo imperfecto de la combustion deja salir libremente de todas las clases de combustible en uso comun, excepto del carbon antrácito, grandes cantidades de materia combustible, principalmente carbono, las cuales se escapan en la forma de humo por la chimenéa hácia el aire, y son perdidas. Se han hecho frecuentes experimentos para quemar el humo, pero todos sin resultados hasta ahora poco. El mejor método, y que en el dia està en uso á bordo de algunos de los vapores ingleses, es admitir dentro de los flues una nueva corriente de aire por detras de la plancha divisoria que separa la hornilla de los flues. El oxígeno de esta

nueva cantidad de aire combinándose con todas las partículas de naturaleza combustible que existen en el humo, consume este, y al mismo tiempo desenvuelve un nuevo repuesto de calor. Pero se cree que es menor la cantidad de calor que se gasta por esta combustion, que la que se pierde admitiendo en los flues el aire frio que entra á producir la combustion.

11. Pero aunque no se gane nada en la economía de combustible consumiendo el humo del carbon bituminoso, el verse libre del humo solamente, es grande conveniencia. Para los vapores de guerra podria ser de una importancia esencial el no tener sobre sí una columna de humo que descubra su posicion.

Estos principios de la corriente de aire para perfecta é imperfecta combustion, y de la consiguiente presencia ó ausencia del humo, se aplican en las lámparas solar y astral del uso comun.

Enciéndase la làmpara astral sin el tubo ó chimenéa, y la combustion será imperfecta à consecuencia de lo imperfecto de la corriente de aire, y la lámpara arderà con una llama triste y roja, arrojando humo en abundancia. Póngase la chimenéa, y sin alterar la mecha, la corriente de aire mejorada hará que la llama asuma una apariencia blanquizca y brillante sin humo alguno, manifestando una combustion perfecta. Sáquese mas la mecha; la llama rojiza y el humo apareceràn de nuevo, porque se ha aumentado el combustible en desproporcion al repuesto del oxígeno, y en consecuencia la combustion es otra vez imperfecta.

En la lámpara solar hay una segunda cantidad de aire de repuesto que se admite por sobre la mecha, el cual consume el humo produciendo una luz mas intensa; del mismo modo que el repuesto de oxìgeno admitido por detras de la plancha divisoria de la hornilla de una caldera quema el humo produciendo un aumento de llama.

SECCION V.

De la màquina de vapor.----Construccion interior del cilindro.----Nombres y usos de las partes de una màquina.--- Comparacion de los golpes largos y cortos. Màquinas americanas é inglesas.---Màquinas de alta y baja presion.----Accion expansiva del vapor.

DE LA MÁQUINA DE VAPOR.

1. La màquina trabaja por medio del vapor que corre de la caldera hácia adentro del cilíndro, en donde obra sobre el piston y produce el movimiento. El vapor es admitido en el cilíndro por una válvula, y cuando ha ejercido la accion impeliendo al piston hácia arriba ó abajo, se abre otra válvula, y deja que se escape del cilindro. En unas máquinas como en las de alta presion, este escape se hace al aire; en otras como en las de baja presion, se hace hácia dentro de un vaso llamado condensador, en donde el vapor se mezcla con agua fria y se condensa.

El escape hácia el aire es simple y directo; pero el que se efectúa hàcia el condensador, y las operaciones hechas allí necesitan explicacion.

CONSTRUCCION INTERIOR DEL CILINDRO Y APARATO DE CONDENSACION.

2. La construccion interior del cilindro, piston, condensador y bomba de aire, y su modo de operar estàn representados en la figura 7. Comenzando por el tope de la figura, a. es el *vástago del piston* que atraviesa la tapa del cilindro b. por una abertura, que se hace impenetrable al vapor por medio de una *caja de estopa* c. la cual ajusta hácia abajo con tornillos y comprime en d. una cantidad de cáñamo ajustado al rededor del vástago. El piston e. tiene tambien una guarnicion impenetrable al vapor, hecha con cáñamo ó con anillos metálicos en f. la que impide que el vapor pase entre el piston y el cilindro. *La válvula alta del vapor* g. y la *válvula baja de educcion* h. se hallan abiertas al mismo tiempo; y entónces el vapor entra por la parte alta del cilindro i. de la caja del vapor k. Esta caja se mantiene constantemente llena de vapor por un tubo que viene de la caldera. Cuando el vapor entra por la parte i. fuerza al piston hàcia abajo en la direccion de las flechas, y al mismo tiempo el vapor que està debajo del piston, sale del cilindro por la parte l. la válvula de educcion h. y el tubo de educcion m. hácia adentro del condensador n. Aquí se encuentra el vapor con el agua de inyeccion que entra por el *tubo de inyeccion* o. y es condensado por esta agua al mismo tiempo que la calienta. La condensacion de este vapor produce un vacío casi perfecto debajo del piston; por consiguiente, hay en esta parte muy poca ó ninguna resistencia para el movimiento del piston hácia abajo, y el total de la presion del vapor sobre la superficie

superior del piston, es presion *efectiva*. Cuando ha llegado al fondo del cilindro, se cierran las válvulas g. y h. y abren otras, (que tambien se ven en la figura, proyectadas detras de aquellas). Entonces el vapor entra al cilindro por la porta C. y fuerza al piston hácia arriba, mientas que el vapor, que está en la parte superior del cilindro, se escapa por la porta i. por entre el *tubo lateral de educcion*, hácia el condensador. De este modo se produce el movimiento alternado del piston y de su vástago a. el cual está unido á una balanza ú otra parte movible de la máquina, como se hará ver mas adelante.

El agua condensadora se reune en el fondo del condensador y de la *plataforma*, y es extraida de allí por entre el canal de la plataforma y la *válvula del fondo* q, hácia el cilindro r. de la bomba de aire por medio del movimiento del *émbolo* s. de dicha bomba. Este émbolo tiene unas válvulas t. t que se abren hácia arriba cuando desciende, y se cierran cuando el émbolo asciende; levantando el agua y forzándola por entre la *válvula de entrega* u. hácia el pozo caliente ó recipiente v. Los mecanismos del condensador, de la bomba de aire y del pozo caliente son distintos; pero todos sobre el mismo principio general y con el mismo objeto, esto es: producir un vacío en el condensador y en aquella parte del cilindro que está abierta hácia él

3. Las válvulas g. y h. que se ven en la figura, son de la clase llamada *válvulas cónicas*. La válvula cónica es una plancha cónica que se levanta de un asiento circular.

La admision alternada del vapor sobre el piston y debajo de él, se efectúa tambien por medio de

una *válvula* D· ò sea de tirador. La válvula de tirador se usa en todas las máquinas de alta presion; pero en Inglaterra se usa tambien en las de baja presion ó condensadoras. Sea X. un cilindro, (figura 8) c. la caja del vapor; p. el tubo del vapor; e. el tubo de educcion, n. y s. unos canales que unen las portas de las extremidades del cilindro con la caja del vapor; y V. la válvula D. ó de tirador que se mueve alternadamente de extremo á extremo de la caja de vapor, por medio del vástago r. En la posicion que representa la figura, la abertura ò canal n. se comunica con el tubo de educcion e. y por èl escapa el vapor de la parte superior del cilindro; mientras que el canal s. que está abierto á la caja del vapor, recibe y lleva el vapor al otro extremo del cilindro. En la posicion inversa, el canal s. se uniría con el tubo de educcion E. y el canal n. estaria abierto para recibir el vapor de la caja del vapor C.

DESCRIPCION JENERAL DE LA MÁQUINA.

4. El lector està ahora preparado para comprender la accion completa de una máquina. La figura representa la forma de una máquina condensadora, tal como las que se usan mas comunmente en nuestros vapores de pasage. Las partes tomadas en detal y en el òrden que llega à ellas el vapor de las calderas, son como sigue.--*El tubo del vapor* saca el vapor de un punto elevado del *tambor* ó *chimenea del vapor* (seccion 3a. art. 12) y lo lleva al *tubo lateral* A. de donde pasa á las *cajas del vapor*; una de las cuales se vé en *g.* y la otra en *h.*; D. es el cilindro, *e. f.* es el piston; *a.* el vástago del piston; E. el tubo de educ-

cion, que no se vè en la figura por estar detras del tubo lateral del vapor; *n.* el condensador; *o.* el tubo de inyeccion; P. la llave de inyeccion; *m.* el canal de comunicacion del condensador con la bomba de aire; q, la válvula del fondo; *r.* la bomba de aire; *t,t* las válvulas del èmbolo, y *v.* el pozo caliente. Las operaciones que se hacen en estas partes se han explicado ya en el artículo 2. El agua que se necesita para alimentar la caldera y reponer la que ha salido de ella en vapor, se toma del pozo caliente por entre el tubo de la *bomba de fuerza*, y por medio de esta bomba esforzada hácia adentro de la caldera por entre el *tubo alimenticio y la válvula de detencion* de este tubo. Esta vàlvula se levanta cuando baja el *buzo* ó embolo de la bomba de fuerza, y abre el paso al agua hàcia la caldera. Pero cuando el buzo de la bomba de fuerza sube, cae la vàlvula de detencion è impide que la presion que está dentro de la caldera empuje al agua hàcia afuera por entre el tubo alimenticio. La mayor parte del agua del pozo caliente sale hácia afuera por entre el *tubo de desague.* atravesando, bien el fondo ó bien el costado del buque.

Esta circulacion de la caldera al pozo caliente y de este otra vez á aquella, sigue continuamente cuando una màquina està en operacion. Y cuando una nueva cantidad de vapor está entrando al cilindro sobre el piston, el vapor que está debajo y que ya ha hecho su oficio, está en el mismo instante pasando hácia adentro del condensador. De manera que abren casi en el mismo instante, una válvula del vapor arriba, y una válvula de educcion abajo; ó nna vàlvula de educcion arriba y otra del vapor abajo.

6. El movimiento recíproco del piston, obrando sobre un extremo de la balanza por medio del vástago del piston *r*, produce un movimiento vibratorio en los dos estremos de aquella; y por consiguiente la *barra de conexion t.* operando sobre la cigüeña *u.* produce un movimiento de rotacion en ella y en la rueda de agua.

El movimiento rectilíneo del vástago del piston se conserva por medio de una *cruz del cilindro* y de unos guias: el cual es un movimiento simple, que se encuentra en casi todos nuestros vapores de rio. Los ingleses usan el paralelismo inventado por Mr. Watt, el cual sirve para cilindros de golpe corto, pero no para los de golpe largo que se usan en Estados Unidos.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

7. En el eje principal cerca de la cigüeña hai un disco *excéntrico v.* que estando unido por un *anillo* y su *mango* al pequeño *manubrio* del eje de las válvulas, hace que estas trabajen y que la màquina puesta una vez en operacion, continúe asi sin la ayuda de ningun otro agente, excepto para atizar y conservar el fuego. El *mango de inyeccion* sirve para abrir ó cerrar la *llave de inyeccion* cuando es necesario. La union del mango con la llave se vé de manifiesto en la figura. La *válvula de cuello* que está en el tubo del vapor sirve, cerrándose ò obriéndose por medio de un cierto mecanismo, para regular el repuesto del vapor que se consume.

8. Cada màquina condensadora tiene todas estas varias partes que hacen los oficios descritos en la representada aqui, sin escepcion alguna. Algunas máquinas no tienen balanza, pero la barra de conexion une directamente el vástago del piston con la cigüeña. Las formas de

las màquinas son tan variadas, que á ménos que se estudien sistemáticamente, confundirán con facilidad à una imajinacion no familiarizada con el asunto. Por tanto, al observar una màquina nueva, cualquiera que sea su forma, comiéncese su exàmen por el gran tubo que viene siempre de la caldera, y sígase en el órden dicho antes, y de este modo no dejarán de comprenderse sus peculiaridades esenciales.

9. La forma de la máquina representada en la figura, es la de las comunes de balanza que se usan á bordo de la mayor parte de los vapores de rio que condensan el vapor en los Estados Unidos. Pero esta forma tan elevada no es adaptable á la mar por la ventola que ofrece, haciendo tambien inseguro el buque.

Por tanto la balanza de las máquinas, si es que la tienen, está colocada abajo cerca del fondo del buque, y se une con las cigüeñas hácia arriba, en vez de unirse hácia abajo.

10. Las máquinas de cilindros verticales, colocadas debajo de la cubierta tienen necesariamente golpes cortos del piston, y por consiguiente cigüeñas cortas; pero con cilindros inclinados ú horizontales, pueden tener golpes mas largos. Las ventajas comparativas de las máquinas de golpes cortos y largos, han sido mui discutidas: esto es, si será mejor disponer una capacidad cûbica dada, ó el cilindro en poco largo y mucho diàmetro; ó en mayor largo y menor diàmetro: la cantidad de vapor consumido será en ambos casos la misma. Pero ofreciendo la màquina de golpe corto mas pulgadas cuadradas de piston al vapor que opera sobre él, ejercerà mas fuerza sobre el perno de una cigüeña corta, de la que una mà-

quina de golpe largo con menor área de piston ejercerá sobre el perno de una cigüeña mas larga. Esta mayor fuerza sobre el perno de la cigüeña produce mas friccion alli, y por consiguiente mayor propension á calentarse. Por esto, la máquina de golpe corto pierde mas fuerza por la friccion que la máquina de golpe largo, y es por lo tanto (árt. 4, sec. 1.ª) la máquina ménos perfecta.

ALTA Y BAJA PRESION.

11. Cuando una màquina está arreglada de modo que el vapor del cilindro se escapa al aire, tal màquina es *no condensadora*, ó como se denomina mas comunmente *máqnina de alta presion*. Y cuando está arreglada de modo que el vapor escapa à un condensador, como la que se describió en el art. 2, dicha máquina es condensadora, ó como se denomina mas comunmente màquina de *baja presion*.

Produciendo un vacío en el extremo del cilindro abierto al condensador, no solamente el *exceso* de presion en la caldera (art. 24 y 25 sec. 1.ª) sino la atmósfera de vapor que contrapesa al aire externo, se hace eficaz como fuerza efectiva sobre el piston. Por consiguiente, cuando la máquina de baja presion trabaja con vapor de diez libras de presion por pulgada cuadrada, segun la indicacion del manómetro, la presion efectiva por pulgada cuadrada ejercida sobre el piston, es de mas de veinte libras.

12. Pero sin el aparato de condensacion unido, la máquina seria no condensadora ó máquina de alta presion; en la cual el tubo de edue-

cion llevaria y descargaria el vapor al aire libre. Por consiguiente, en vez de un vacío (art. 2, sec. 5) existiria siempre en el cilindro una fuerza igual á una atmósfera para oponerse al movimiento del piston; y por esto, la presion *efectiva* sobre el piston seria igual solamente al *exceso* de vapor en la caldera, indicado por la válvula de seguridad (art. 25, sec. 1.ª)

13. La máquina de alta presion y sus ventajas y desventajas en diversas circunstancias, comparada con la de baja presion, será explicada extensamente en la siguiente seccion.

ACCION ESPANSIVA DEL VAPOR.

14. La experiencia ha probado que la economia de combustible se obtiene incuestionablemente sosteniendo el vapor comparativamente alto, y haciéndolo trabajar espansivamente.

El vapor se usa expansivamente admitiéndolo al cilindro en donde dá movimiento el piston; y cuando este ha pasado de 1/4, 1/3 ó una mitad del largo del cilindro (cualquiera de estos puntos en que se desee interceptarlo) cerrar repentinamente la comunicacion entre el cilindro y la caldera por medio de una válvula de cuello. Entónces el piston es impelido en todo el resto de su golpe por la fuerza espansiva del vapor que estaba dentro del cilindro en el momento en que se cortó la comunicacion. La teoria de este mecanismo es la siguiente. En el primer instante en que se larga el vapor, el piston permanece al fin de su golpe en reposo. El vapor de alta elasticidad dá un golpe fuerte al piston; cuyo golpe vence su inercia y le imprime repentinamente una

estando — se halla en reposo

alta velocidad. La inercia del piston y de otras partes de la màquina cuando se hallaban estas en reposo, estaba en *oposicion* á la accion del vapor; pero ahora ya en movimiento, está en armonia con aquella. Es evidente que se necesita ménos presion para obrar en union de las partes de una máquina ya en movimiento y hacerlas continuar en él, de la que seria necesaria para obrar en oposicion á ellas y ponerlas en movimiento cuando se hallen en reposo. Asi es que el vapor usado espansivamente en el cilindro, aunque va disminuyendo en fuerza, tiene la suficiente para ejecutar el resto del golpe, cuando en circunstancias en que el vapor fuese tan alto como 12 ó 16 libras, se corta à un cuarto y aun á ménos del golpe.

Pero si la presion del vapor fuere baja, y el piston que està en reposo recibiese un golpe comparativamente lijero, mui poca fuerza se derivaria entónces de la inercia de las partes en movimiento; y por consiguiente el vapor bajo no se puede interceptar tan corto como el vapor de alta presion, ni puede obtenerse tanta ventaja del principio espansivo al hacer trabajar el vapor.

15. La accion del vapor sobre el piston puede ser propiamente comparada con la accion de la pólvora sobre la bala. La pòlvora inflamada se asemeja al vapor en cuanto es un fluido altamente elástico. Asi como se desea que la pólvora obre sobre la bala con una fuerza grande y casi instantánea, y continúe su accion aunque en menor grado, por todo el largo del ànima del cañon, del mismo modo se trata que el vapor obre sobre el piston por todo el largo del cilindro. Y esto es lo que sucede en realidad cuando se usa el vapor de alta presion trabajando expansivamen-

te. Si se admite en un cilindro una cuarta parte de él llena de vapor antes que se cierre la válvula de corte, cuando el piston llega á la mitad, el vapor verificando su expansion, llena el doble del espacio que ocupó al principio y por supuesto trabaja con una elasticidad reducida. A los tres cuartos del largo del cilindro, el vapor ocupa tres veces su espacio orijinal, y entónces trabaja con una presion mas reducida; pero con la ayuda del ímpetu de las partes que se mueven, esta presion reducida es suficiente para llevar al piston por todo su golpe con una fuerza compuesta de dicha presion mas el ímpetu; la cual es casi equivalente á la mayor presion orijinal, menos la inercia de la máquina al principio del golpe.

En realidad, si se hace trabajar el vapor sin las válvulas de corte y operar con toda su fuerza en todo el largo del golpe, se hace uso de mayor potencia, y por tanto se produce mayor efecto, con tal que las calderas puedan conservar la misma presion del vapor cuando se hace trabajar à razon de todo el cilindro en cada golpe. Pero esto sucede raras veces; y pocas calderas calculadas para conservar una presion dada, como por ejemplo 16 libras de vapor, cuando este es interceptado á un cuarto del golpe, pueden formar mas de 8 libras trabajando á presion llena, cuyas 8 libras consumirán mas combustible y harán menos trabajo que las 16 libras usadas expansivamente. De aqui nace la economia del vapor de alta presion usado expansivamente.

16. En el artículo 14 se dijo que usandose el vapor expansivamente, debe darse una fuerza inicial efectiva que obre sobre el piston casi ins-

tantáneamente. Con este objeto, especialmente en las máquinas americanas, se hacen grandes las válvulas y tubos del vapor, de manera que cuando se abren, el vapor entra de golpe en gran cantidad. Las máquinas inglesas tienen por lo general las aberturas y tubos pequeños. Por esto es que en ellas se oye al vapor pasar á lo largo de su curso, tanto hácia el cilindro como hácia el condensador con un ruido áspero. Con mayores aberturas el ruido es mas repentino y bronco. Esta es (siguiendo el paralelo entre la pólvora y el vapor) la diferencia entre la accion pausada de la pólvora dañada y la accion repentina y eficaz de la pólvora buena.

17. El único inconveniente para usar expansivamente é interceptar corto el vapor, es que se necesita hacer uso de vapor de alta presion, el cual produce mucha irradiacion. El calor perdido por la irradiacion, es otro tanto desperdicio que debe ser repuesto por el combustible. Tanto para ahorrar aquel, cuanto para evitar el que las càmaras de las màquinas en los buques de vapor se calienten con exceso, se forran con lona las calderas, los tubos del vapor, las cajas del vapor y los cilindros, ò bien con un género mui grueso hecho al intento. Pero aun con esta cubierta es excesiva la irradiacion de las calderas que llevan vapor de alta elasticidad.

18. Los buques de vapor ingleses evitan en gran parte este excesivo calor en la càmara de la màquina, porque raras veces llevan mas de 4 ó 5 libras de vapor, el que entonces tiene una temperatura de poco mas de 214. °. Los buques de vapor americanos se construyen generalmente para

llevar 20 libras de vapor, que á esta presion tiene una temperatura de cerca de 260. °. A consecuencia de esto, la temperatura de sus cámaras de máquinas, producida por la irradiacion de un vapor comparativamente alto, excede en mucho á la de los vapores ingleses, cuyas calderas irradian menos calor.

SECCION VI.

Máquinas de alta presion----Ventajas y desventajas relativas de las máquinas de alta y baja presion---Máquinas locomotrices---Poder de las máquinas---Consumo de combustible por cada caballo de fuerza, y método económico de quemar el combustible---Formacion del vapor y modo de manejar este y las máquinas.

DE LAS MAQUINAS DE ALTA PRESION.

1. La máquina de alta presion, mas propiamente llamada *no condensadora*, inventada por Oliver Evans de Filadelfia, difiere principalmente de la máquina de baja presion, ó *condensadora* inventada pon el célebre James Watt, en no tener condensador ni bomba de aire, y dirijir el tubo de educcion al aire libre, en vez de dirijirlo al condensador. La resistencia que el vapor agotado, esto es, el vapor que ya ha trabajado en el cilindro, encuentra en el aire, obra contra el piston, y este se opone y resiste á la accion del vapor que en ese momento trabaja en la extension de esa reaccion. Para vencer esta resistencia y producir una presion efectiva útil, el vapor que tra-

baja debe ser de una temperatura y elasticidad mayor de la necesaria para producir una presion efectiva igual sobre el piston de una máquina de baja presion. Asi, cuando la válvula de seguridad ó el manòmetro señalan 10 libras de vapor (Art. 25, Sec 1.ª) que en una màquina condensadora producen una presion efectiva en cada pulgada cuadrada del piston, igual à 10 libras mas el vacio 14 libras, total 24 libras; para obtener una presion igual que obre con la misma eficacia sobre el piston de una màquina no-condensadora, se necesitará de un vapor que señale por la válvula de seguridad ó el manómetro, el total de 24 libras ademas de la presion del aire externo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS RELATIVAS DE LAS MAQUINAS DE ALTA Y DE BAJA PRESION.

2. Las principales ventajas de la màquina de alta presion son: su poco peso, el poco espacio que ocupa y el poco costo en su construccion; y estas ventajas provienen principalmente de no tener bomba de aire, ni balanza de dicha bomba, ni condensador; las cuales aumentan el costo, son de gran peso, producen friccion y ocupan espacio.

3. El mecanismo de alta presion, comparado con el de baja presion, es mas costoso en cuanto al consumo de combustible, aunque no tanto como algunos suponen. Las causas que obran para ocasionar mucho consumo de combustible en la máquina de alta presion y no en la de baja presion, son: primera, la atmósfera de vapor que debe crearse para vencer la resistencia de la atmósfera natural sobre el piston; segunda, la mayor pérdida

de calor por irradiacion; y tercera, el mayor escape de calor por la chimenea. Por otra parte, las causas que obran en la de baja presion y no en la de alta presion para ocasionar consumo de combustible, son: 1.º, el poder necesario para hacer trabajar la bomba de aire; 2.º, el que se gasta en vencer la mayor friccion de una máquina condensadora, provenida del mayor número de partes y puntos de friccion y el mayor peso de estas partes; y 3.º la baja temperatura del agua alimenticia de la màquina condensadora en comparacion á la comun temperatura del agua alimenticia de la máquina de alta presion. Comparando entrambas causas de consumo de combustible resulta álgo mayor el de la máquina de alta presion.

4. Asi es que siendo el mecanismo de alta presion ligero, mas sencillo, mas compacto y menos costoso en su construccion, se usa en los rios del Oeste en E. U., en donde el poco fondo hace importante el poco calado, donde se necesita à bordo de los botes de mayor espacio posible para el flete, donde los botes se deterioran ó destruyen tan pronto, que no indemnizan el gasto de las máquinas condensadoras: donde lo turbio de las aguas pronto llenaria de lodo el condensador y gastaria la válvula del fondo, y donde en fin el capital es comparativamente escaso para construir màquinas costosas, siendo el combustible barato. Por otra parte, en el Este, donde el calado es de menos consecuencia; donde los botes llevan menos flete y duran mucho mas tiempo; y donde el peso, espacio y costo de construccion, son de menos importancia que el ahorro de combustible, se vé que todos los botes de vapor tienen máquinas condensadoras.

5. En buques de vapor marítimos que hacen viajes largos, la economia en el consumo de combustible es el todo; y por tanto el combustible ahorrado por la condensacion del vapor constituye un argumento en favor del uso de las màquinas de baja presion. Ademas de esto, la mayor irradiacion de calor de las calderas de alta presion hace casi intolerable la temperatura de la bodega y forma un inconveniente serio para su uso á bordo.

6. En las máquinas para el uso de tierra, en donde hay espacio para colocar calderas de mucho largo, las que á consecuencia de su longitud extraen de los flues todo el calor que es útil para formar vapor ántes que estos se unan á la chimenea; y tambien donde las calderas están encerradas en una capa de ladrillos para evitar en gran parte la irradiacion, no existen dos de las causas enumeradas que aumentan el consumo de combustible en la máquina de alta presion. Por esto se ha considerado la máquina de alta presion mas económica en tierra, y por lo tanto es mas generalmente usada en Estados Unidos. Es tambien menos complicada, y necesita ménos destreza para manejarlas y ménos costo para repararla. En tierra el agua para el condensador de una máquina de baja presion cuesta dinero, ya se extraiga de cañerias, ó de pozos. Esto da orígen á otros argumentos adicionales en favor de la màquina de alta presion para el uso en tierra.

MAQUINAS LOCOMOTRICES.

7. Las màquinas locomotrices que deben ser

ligeras y compactas, y usar el menor repuesto de agua posible, son necesariamente no-condensadoras. Las màquinas locomotrices se diferencian de las otras no-condensadoras que se ven comunmente en tierra, en que no tienen ni volante ni regulador, y en el mecanismo del tubo que lleva el vapor á los cilindros.

Este tubo de vapor no está visible en una locomotriz, sino enteramente dentro de la caldera y de la caja del humo. Se extiende desde cerca del tope de la *cúpula* por todo el largo del espacio del vapor, y atravesando el estremo de la caldera entra en la caja del humo, en donde se divide en dos ramas que llevan el vapor á los dos cilindros. Estos cilindros se ven generalmente en las locomotrices asegurados uno en cada lado. La cúpula està colocada sobre el estremo donde tiene la hornilla la caldera, porque forma una parte pesada de esta, y porque el mayor peso debe estar cerca de las *ruedas conductoras*, para que produzca una friccion que haga á éstas adherirse á los rieles. Las ruedas conductoras, y por tanto la cúpula, deben estar en el estremo de la caldera opuesta á aquel en que estàn los cilindros; por esto es que el tubo del vapor tiene que atravesar todo el largo de la caldera, y estar adentro en vez de afuera de ella, para evitar la pérdida de calor de este tubo por irradiacion, la que seria mui grande, especialmente en las corrientes ràpidas de aire frio á que están peculiarmente espuestas las máquinas locomotrices.

PODER DE LAS MAQUINAS.

8. La capacidad relativa de las máquinas

de vapor para trabajar se estima por su *fuerza de caballos*; esto es, si una máquina hace en un tiempo dado el trabajo que cien caballos deberian hacer en el mismo tiempo, se dice que la tal màquina tiene la fuerza de cien caballos. La máquina de vapor fue usada por primera vez en las minas inglesas con el objeto de elevar agua y otras substancias. Esta operacion se habia hecho hasta entónces por medio de caballos; y de aqui la comparacion y el establecimiento de la fuerza del caballo como unidad.

9. Segun el cálculo ordinario un caballo deberia levantar un peso de 33,000 libras à un pie de altura en un minuto de tiempo. El duplo de ese peso á medio pie de altura en un minuto, ó la mitad de ese peso á dos pies de altura, es la misma cosa. Si el producto del peso en libras por el número de pies por minuto fuere 33000, este representará la fuerza estimada de un caballo. Calcúlese la presion en el piston, multiplicando su área en pulgadas cuadradas por la presion efectiva en cada pulgada cuadrada (la cual es la presion indicada por el manómetro mas el vacio); multiplíquese el todo de esta presion por el número de pies que se mueve el piston en un minuto, y divídase el producto por 33000; del cuociente rebájese la quinta parte por el poder consumido en mover la bomba de aire y por la friccion, y el residuo serà el número de caballos de fuerza de la máquina.

10. Se calcula generalmente que un pie cúbico de agua, evaporada en una hora, producirà el efecto de un caballo de fuerza. Por esto algunos calculan el número de caballos de fuerza de una

màquina, determinando la cantidad de agua evaporada por hora para hacerla trabajar. Asi tambien calculò Watt que 8 piès de superficie de fuego eran bastantes para producir esta evaporacion de un pie cùbico de agua por hora; y por esto algunas personas averiguan la fuerza calculando el àrea de superficie de fuego, y dividiéndola por 8.

La evaporacion de un pié cûbico por hora puede tomarse como una causa que producirá uniformemente el efecto de la fuerza de un caballo. Pero pensar que 8 pies de superficie de fuego producirán bajo todas circunstancias aquella, y no mas que aquella cantidad de evaporacion, es indudablemente un error. Segun el tamaño y largo del flue, la intensidad de la corriente de aire, la clase del combustible usado; & la cantidad de superficie de fuego que evapore un pie cúbico de agua por hora, variará en calderas de diferente construccion, de *dos piés* à *sesenta piés cuadrados*!

Pero en los casos en que la construccion, la corriente de aire de la hornilla y el combustible, sean semejantes, como sucede en los rios del Oeste, el poder de las máquinas de vapores distintos se compara exactamente por la estension relativa de la superficie de fuego de sus calderas. De aqui nace la costumbre de comparar sus poderes, no por caballos, ó por cilindros, ó por otras partes de las màquinas, sino por el número de las calderas, pues las calderas y los flues son generalmente de un tamaño, y asi se dice, "vapor de dos calderas," "vapor de cuatro calderas," ó "vapor de seis calderas,"&.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CADA CABALLO DE FUERZA. MODO ECONOMICO DE QUEMAR EL COMBUSTIBLE.

11. En general se calcula que cuando el mecanismo de una caldera y la corriente de aire son medianamente perfectos, el consumo del carbon bituminoso en una hora será igual á casi diez libras por cada caballo de fuerza. Asi es que un buque de vapor cuya máqnina tenga 250 caballos de fuerza, consumirá 2500 libras de combustible por hora, ó 24 veces 2550= 60,000 libras, ó sean 26 toneladas por dia. El afan constante de los ingenieros, tanto constructores como los encargados del manejo de las máquinas, es producir tal economía en el consumo del combustible, que una cantidad menor de diez libras por hora produzca la fuerza de un caballo. Esta economía es especialmente deseable en vapores de mar.

Cuando las calderas se construyen con tales dimensiones y capacidad para formar vapor, que con apurar y atizar el fuego, pueda hacérseles producir mucho mas vapor del que se necesita de ordinario, se obtiene una grande economía de combustible, estendiendo el carbon y formando una cama espesa, y dejándolo consumirse poco á poco, porque entónces el consumo es mas próximamente perfecto, y se pierde menos en humo. Pero si se alimenta el fuego con frecuencia en pequeñas cantidades, y se mueve y se atiza á menudo, resulta que se escapa una gran cantidad de carbono y otras materias combustibles, perdiéndose en el aire.

12, Los buques de vapor para navegar en

la mar llevan generalmente dos, ó tres, ó cnatro calderas, cada una provista de válvulas para cerrar las comunicaciones del vapor con cualquiera de ellas que no se quiere usar. Por tanto, puede ponerse en reparo una ó mas calderas, en cualquiera tiempo, á juicio del jefe del buque. Probablemente puede mantenerse una moderada velocidad de seis millas con una caldera, cuando todas las cuatro no producirian arriba de diez ó á lo sumo doce millas. Una sola caldera consume muy poco mas de la cuarta parte del combustible que consumen las cuatro. Como la utilidad de los vapores, especialmente los de guerra, depende en gran parte de la economía del combustible, se ha sugerido la idea de que aun en los casos en que es muy necesario usar del vapor, lo que no sucede á menudo, y no existiendo una suma precision de obtener gran velocidad, debería tenerse presente que consumiendo cuatro veces el combustible escasamente se duplica la velocidad; y por tanto, si fuere posible, deberá usarse de ordinario una sola caldera ó cuando mas dos. No parece racional que porque se tiene capacidad para gran poder y velocidad, se esté de continuo, á todo riesgo y á todo costo, tanto de dinero, como de deterioro, dispuesto á usar de ese poder en su mayor grado.

LEVANTAR EL VAPOR--MODO DE MANEJAR ESTE Y LAS MAQUINAS.

13. Cuando se ordena á un ingeniero levantar vapor para ponerse en movimiento, estando sus calderas limpias y en buen estado; esto es, sin goteras ni fugas, en primer lugar las llena de agua

hasta la probeta superior, de modo que haya suficiente agua para consumir liberalmente en la evaporacion mientras se forma el vapor, y antes que puedan operar las bombas de agua alimenticia. Si el tubo de purga se dirige hácia el fondo del buque y la caldera està en la bodega, abriendo la llave de este tubo y levantando la válvula de seguridad, casi se llenarà la caldera, puesto que el agua correrà hacia adentro de ella en busca de su nivel; de otro modo debe llenarse enteramente con las bombas de mano de que están provistas las calderas.

14. En seguida el ingeniero enciende el fuego en las hornillas, cerrando el regulador de la chimenea, (si lo tubiere) para que puedan encenderse, y para que el calor aumente gradualmente, siendo el objeto de esto el que las partes de la caldera no sufran una espansion repentina é irregular; por que si se calientan los flues y se estiran mucho á causa de la espansion del metal, antes que se caliente tambien el casco ó parte esterior de la caldera, es probable que ocurra en alguna parte una tirantez de la cual resulte una gotera. Y si el flue fuere de cobre, se fundirà en la parte que sale del agua y pasa por entre el vapor, si se calienta demasiado antes que se forme el vapor y rodeandolo lo proteja contra la accion del fuego. Por estas razones, los ingenieros al formar vapor, toman mas tiempo del que sería necesario si el fuego pudiera elevarse á su mas alto grado inmediatamente despues de haberse encendido.

15. Durante la operacion de la formacion del vapor se mantiene abierta la válvula de seguridad para que escape el aire rarificado, el cual

si estuviera encerrado en la caldera; aumentaria la presion sobre la superficie del agua y retardaria la formacion del vapor para la proteccion del flue en donde sale del agua y pasa por entre el vapor. Sin embargo, la válvula se cierra tan luego que la emision del vapor por ella es tal, que produzca un ruido en el tubo de escape, porque entonces ha salido ya todo el aire, habiendo ocupado su lugar una atmósfera de vapor.

16. Cuando en una máquina de baja presion señala el manómetro unas pocas libras de vapor de exceso sobre la atmósfera, el ingeniero abre las válvulas de la màquina y deja entrar el vapor á los cilíndros y tubo para calentar dichas piezas y expeler el aire de ellas, de modo que cuando se pongan las máquinas en movimiento, no se condense el vapor. Cuando estas piezas se calientan, se dilatan; y para evitar sus esfuerzos por dilatacion y contraccion, están jeneralmente provistas de junturas elàsticas.

17. Cuando el manómetro señala à lo menos 4 ó 5 libras de vapor, suficiente para mover la bomba de aire y producir el vacío, puede el ingeniero avisar que la màquina está lista para ponerse en movimiento. Habièndose dado la órden para ponerla en movimiento, el ingeniero abre un poco la llave de inyeccion, mueve las válvulas del vapor y de educcion con el *mango de movimiento*, que encaja para ese objeto en el éje de las válvulas, las que producen un movimiento recíproco en el piston y revolucion en las ruedas. Y cuando se dà la órden de *enganchar el excéntrico*, el ingeniero engancha la barra en el manubrio del éje de las vàlvulas, quita el mango de

movimiento, abre mas la llave de inyeccion, arregla la válvula de cuello ó de corte, y la máquina continúa en movimiento sin mas asistencia que la de suplir combustible á las hornillas. Abre tambien el regulador de la chimenéa de modo que el fuego sea suficientemente activo para reponer el mayor consumo de vapor. Asi mismo, arregla la llave alimenticia y la de purga, de manera que se conserve una buena cantidad de agua en la caldera y se evite la formacion de costras de sal ó de tierra en los flues y hornillas (art. 40 sec. 1a.)

El ingeniero abre las llaves de inyeccion en proporcion á la cantidad y temperatura del vapor que se usa, y hasta que el agua de inyeccion entrante dé todo el vacío que la màquina es capaz de producir. Puede juzgar de esto por el manómetro del condensador, si lo tiene, y si no por el ruido repentino que produce el vacío.

Si el agua condensadora tuviere una temperatura próxima al punto de hielo, una cantidad de ella igual á 5 1|2 veces el agua evaporada, condensará el vapor formado (art. 6 sec. 2a.) pero entonces hervirá el agua de condensacion, y la condensacion no será repentina ó perfecta. Si el agua condensadora fuere de una temperatura mas alta, como sucede jeneralmente, (siendo á veces esta temperatura tan alta como 80. °), debe aumentarse la proporcion del agua condensadora; y si se desea hacer el vacío instantáneamente, debe aumentarse aun mas el agua condensadora, y en algunos casos puede llegar á una cantidad igual à setenta veces el agua evaporada. En jeneral, 24 veces la cantidad de agua necesaria para la evaporacion representa la necesaria para la condensacion.

Para condensar el vapor perfecta y repentinamente, el agua condensadora debe dejarse entrar por la llave de inyeccion en tan grandes cantidades en proporcion al vapor que se ha de condensar, que no sea elevada por este á una temperatura que exceda en mucho á 100.° Por otra parte, condensando el vapor imperfecta y pausadamente, el agua condensadora puede ser elevada al punto de hervor que son los 212°. En el un caso, el agua alimenticia và del recipiente á la caldera con solo la temperatura de 100°, y tiene que elevarse al punto de hervor á costa de combustible; en el otro caso, hay una pérdida de poder por la imperfeccion del vacio, y un ahorro de combustible. Sobre este principio algunos son de opinion de que el vacío puede ser demasiado perfecto para la economia del combustible y que puede perderse en combustible mas de lo que se gana en poder.

18. Cuando el ingeniero recibe la órden de parar la máquina, desengancha la barra del excéntrico del manubrio de las válvulas (lo que hace que las válvulas cesen de trabajar), cierra la llave de inyeccion y la válvula de cuello, levanta el mecanismo de la válvula de corte, cierra los reguladores y abre las puertas de las hornillas.

19. Cuando se hace parar una máquina temporalmente y lo permite la cantidad del vapor, levanta la válvula de seguridad y deja salir el vapor en cantidades casi iguales à aquellas en que se habia consumido en el cilindro, para conservar cuando està en descanso la misma ebullicion, y por consiguiente el mismo nivel del

agua que en movimiento (art. 33 sec. 1a.). Pero si la cantidad del vapor en la caldera fuera corta, y no se levantáre la válvula mientras la màquina está en descanso con el objeto de aumentarlo, un ingeniero atento examina el agua por medio de las probetas en el momento que para la màquina; porque aunque estas puedan haber señalado agua cuando sucedia la ebullicion, al cesar esta puede ser que el agua baje á un nivel inferior y queden los flues expuestos, (art. 33 sec. 1a.). En tal caso, levanta inmediatamente la válvula de seguridad, aun á costa de desperdiciar vapor, é introduce agua à las calderas, ó bien con las bombas de mano ó por medias revoluciones de la máquina.

20. La mayor parte de las explosiones de las calderas de los vapores de rio ocurren en el momento de partir de uno de aquellos lugares en donde se para por poco tiempo, á consecuencia del descuido en estas precauciones. Porque si el agua ha bajado en razon de la mayor presion y se han caldeado los flues al poner en movimiento la máquina se reproduce la ebullicion, se levanta el agua sobre los flues, y se forma vapor de una temperatura y elasticidad mayor de aquella que puede soportar la caldera, y en cantidades mucho mayores de las que pueden escapar por la válvula de seguridad. El resultado es una explosion.

21. Cuando el agua, ó por descuido en alimentarla ò por obstruccion de la bomba de fuerza ha bajado mas abajo de la probeta inferior, como sucede algunas veces, no puede conocerse con certeza si los flues están expuestos ó no, porque la probeta mas baja está jeneralmente un poco arriba

del nivel del tope de los flues, y entonces es altamente peligroso el abrir la llave alimenticia. El único paso seguro en tales circunstancias es apagar inmediatamente el fuego de las hornillas. Los ingenieros prefieren á menudo correr el riesgo de una explosion, á poner de manifiesto su neglijencia como tienen que hacerlo apagando el fuego. Semejante conducta es reprensible en el mas alto grado.

SECCION VII.

Construccion de los buques de vapor.-----Ruedas laterales.--- Tornillos sumerjidos.

CONSTRUCCION DE VAPORES.

1. La primera condicion en la construccion un buque de vapor es obtener la menor resistencia posible en proporcion al desplazamento, que sea compatible con la fuerza y estabilidad necesaria para el servicio á que han de ser destinados. Si en este servicio se quiere solo velocidad, empleando únicamente el vapor y ha de hacerse, ademas, en mar llana, la resistencia proporcional puede conseguirse que sea pequeña dando al buque mucha eslora respecto de la manga. De este modo se duplicará el desplazamiento sin aumentar la resistencia; de otro modo puede obtenerse una menor resistencia haciendo mas fáciles las líneas de agua; esto es, reduciendo los ángulos dándole mas delgados á popa y á proa. En la construccion de los vapores para mar llana, escasamente hay límite alguno para la aplicacion de este principio, excepto en el caso de tener que

gobernar en canales de vueltas rápidas y virar en parajes comparativamente angostos.

2. Pero estos buques excesivamente largos son poco propios para la mar, porque estando el peso enorme de las máquinas y calderas reconcentrado en un espacio pequeño en el centro del buque cuando las dos estremidades estén sostenidas por dos mares, y el centro del buquo esté parcialmente suspendido en la cavidad que queda entre los dos mares, dicho centro bajará en razon del peso y descubrirá una agua, á ménos que el buque esté construido con un grado extraordinario de fuerza, que debe ser proporcionado á su lonjitud.

Asi mismo, si un buque muy largo, estando cabezeando en una mar gruesa recibe una mar alta que levanta su proa y pasa por debajo hasta el centro, sostendrà esta parte y dejará la proa en el aire, lo que ocasionarà un quebranto cuyo resultado puede ser aventarse la tablazon y descubrir una agua.

3. La clase y grado de fortaleza necesaria para evitar que las estremidades y el centro de un buque de vapor largo cedan alternativamente de la manera dicha, consiste principalmente en la tablazon de los costados. Si sus costados son gruesos, de modo que esta tablazon sea ancha, el buque será comparativamente fuerte; de otro modo serà débil. Muchos vapores largos de rio con sus costados poco gruesos se han quebrado é ido à pique en la mar.

4. La capacidad de un buque de vapor para llevar combustible, está en razon directa de su desplazamento. Su resistencia, á la cual debe ser proporcionado este poder, está en razon directa

del àrea de su mayor seccion transversal sumerjida. Pero al paso que aumentan los buques en dimensiones, siendo sus formas semejantes, aumentan su capacidad como el cubo de una dimension dada; y el área de la seccion sumerjida ó de resistencia aumenta solamente como el cuadrado de esa dimension. Por tanto, aumentado el porte de un buque de modo que se duplique su resistencia, así como el costo de hacerlo navegar duplicando la cantidad del combustible consumido en un tiempo dado, se aumenta mas que el duplo su capacidad para llevar combustible, flete &.; lo que explica por què los buques grandes de cualquiera clase dejan mas utilidad en donde hay suficiente tráfico para poder usar de ellos, y por què los buques de vapor grandes pueden estar en la mar mas tiempo y hacer viajes mas largos con el combustible que son capaces de llevar, que los buques de vapor pequeños.

Tómense como por ejemplo dos buques: uno de 30 pies de manga y 150 pies de eslora, que cale 10 pies de agua, y otro de 40 pies de manga, 200 de eslora y que cale tambien 10 pies de agua. El desplazamento ó capacidad para carga del uno está representado por 45,000, que es el producto de sus dimensiones; y el del otro por 90,000.

Las resistencias relativas están representadas por 300 y 400: esto es, la capacidad del buque mas grande es mas de un ciento por ciento mayor que la del pequeño; y su resistencia, y por consiguiente su poder y costo, son solamente un 33 por ciento mayores.

5. La dificultad de dar suficiente fortaleza à los buques de una sola cubierta y muy largos, ta-

les como el "President" y el "British Queen" aun con costados gruesos para evitar que se quebranten y vayan á pique, constituye un obstáculo para el excesivo aumento de porte, y prescribe un límite á la aplicacion práctica del principio explicado en el capítulo precedente.

6. Al proporcionar las máquinas para buques que se intenta naveguen solamente por vapor, se acostumbra dar un caballo de fuerza para cada dos ó cuatro toneladas; dando la mayor proporcion de poder á los buques de ménos porte por las razones dichas en el artículo 4? En el dia va aumentando la preferencia por un poder proporcional mayor, especialmente para los buques que se emplean en trasportar pasajeros. Y para vapores de guerra se opina que de su poder para obtener una gran velocidad depende una parte esencial de su eficacia.

7. Pero tanto la experiencia como los argumentos han probado que ni los capitales privados, ni el tesoro público, pueden soportar el excesivo gasto de navegar constantemente por vapor, en cualquiera número de buques que hacen de ordinario en el Océano viajes mercantiles, ó que están empleados como cruceros de guerra. Ni es tampoco posible sostener de ordinario el gasto en los casos en que el vapor es el poder principal, y las velas el auxiliar. Además la experiencia ha demostrado que en muchos casos, si no en todos, la navegacion mercantil puede hacerse mas segura y mas provechosa, y el servicio de guerra mas seguro y mas eficaz manteniendo las velas como el poder principal é introduciendo el vapor como el auxiliar; modificando algun tanto las formas de los

buques para conservar la adaptacion de las velas y dejar algo para el nuevo poder auxiliar introducido.

8. Las formas de los buques que se intenta naveguen solamente por vapor, son enteramente diferentes de las de aquellos que han de navegar con velas altas. Las líneas de las proas de los vapores son muy delgadas ó finas; porque si fueran llenas, siendo aplicada la fuerza impulsiva cerca del agua por division de fuerzas, chocando el agua oblicuamente bajo de la proa, levantaria y haria enterrarse la popa. Por otra parte, si esas líneas se hicieran delgadas en un buque de vela, estando aplicada la fuerza impulsiva en un punto elevado de la arboladura, enterraria la popa en el agua. Pero esta tendencia de la proa á enterrarse, en los buques de vela está contrarrestada por los llenos de la línea de esa parte.

Los buques que se construyen para navegar à la vela y por vapor, son en este respecto un problema de dificil solucion; pero es evidente que los llenos, que los harán aptos para navegar à la vela, los harán incapaces de mucha velocidad cuando naveguen solo por vapor, á menos que estén cargados con un enorme peso de calderas, máquiquinas y combustible, que no dejarian ni espácio ni capacidad para llevar ninguna otra cosa mas. Concluimos por tanto, que la fuerza calculada para dar gran velocidad, raras veces puede aplicarse con utilidad á buques que se intenta posean tambien cualidades esenciales y capacidades para navegar à la vela; excepto en el caso de los buques de guerra, los cuales podrian tener en reserva con ventaja un gran poder para usar de él en casos de urjencia.

DE LAS RUEDAS.

9. Para los buques que se construyen con el obgeto de que naveguen solo por vapor y en mares llanas, ningun plan ofrece las mismas ventajas que las ruedas laterales. Estas ruedas están generalmente en las estremidades de un eje que se estiende al traves del buque de uno á otro costado. Sin embargo, frecuentemente se divide el poder de dos màquinas, bien para ahorrar espacio á bordo de los vapores de rio que trasportan pasageros, ó bien para poder contar con una máquina en caso de cualquier accidente en la otra, en los vapores de mar. En tales casos, en vez de estar ambas ruedas en un eje y las dos màquinas unidas à ese eje, suele algunas veces tener cada rueda su eje independiente y mover cada màquina una rueda sola. La ventaja de este último plan para vapores de rio y de bahìas, es que estos viran mucho mas pronto y en un espacio mas corto, por que una rueda puede girar hàcia adelante y la otra hàcia atras.

BIBLIOTECA CENTRAL
DE MARINA
DIRINTEMAR

En los vapores de mar deben estar las ruedas en un solo eje y las dos máquinas unidas á él, porque si por un balance del buque sale una rueda fuera del agua, no ofrecerá resistencia al rápido y peligroso movimiento del piston; pero la otra rueda estando mas enterrada en el agua, compensará la resistencia necesaria en esta.

10. Con ruedas laterales raras ò ningunas veces se emplean juntas las velas y el vapor con ventaja, porque si el viento està de costado, las velas hacen tumbar el buque, se sumerje demasiado la de sotavento, y se suspende la de barlo-

vento; en cuyas circunstancias trabajan ambas desventajosamente y producen menos velocidad, quizás no mayor de la que resultaría usando las velas solamente, ó solo el vapor. En caso de navegar en popa esta ventaja podrá no ser mui grande tampoco. Por lo tanto, con buena brisa el buque puede andar igualmente ligero con solo las velas, ó con solo el vapor, ó con las velas y el vapor juntos. Pero si se hace uso de las velas no puede desecharse el vapor, á menos que se dejen sueltas las ruedas de modo que no ofrezcan impedimento á la marcha del buque mientras que las máquinas están en descanso.

11. Esta operacion sobre las ruedas se practica de dos modos: el uno es quitando la gasa que une la barra de conexion á las cigüeñas, y dejando á estas y á las ruedas dar vueltas independientemente de las máquinas; el otro, quitando una tercera parte de las paletas de las ruedas y virando las ruedas con los radios desnudos hácia adentro del agua, los que ofrecen mui poca resistencia. Para ejecutar cualquiera de estas operaciones es necesario trincar perfectamente las ruedas con cabos y cadenas, cuya maniobra es en estremo dificil, sino imposible de ejecutarse cuando hay mar gruesa.

Esta dificultad de desprender una rueda lateral ó de volverla á unir, segun se requiera en un caso de urjencia, con cualquiera tiempo, es el principal obstáculo para la introduccion del poder del vapor como auxiliar á bordo de los buques de vela. Las personas que conocen la incertidumbre de poder volver á unir las ruedas se hallan perplejas para desprenderlas, y por lo tanto emplean

el vapor á costa de un gran gasto de combustible. mientras si no fuera por esta dificultad é incertidumbre emplearian mas frecuentemente las velas y obtendrian una velocidad igual ò superior. Si se agregan ruedas laterales á los buques de vela, es pues indispensable hallar algun mecanismo, fuerte, simple y de fàcil ejecucion para unir y desunir las ruedas de las máquinas, y esta necesidad estimula el ingenio de las personas que se emplean en las artes mecánicas.

TORNILLOS SUMERJIDOS O DE ARQUIMEDES.

12. La ventaja principal del tornillo de Arquímedes es, que estando sus paletas fuera de la accion de la mar, se pueden separar fàcilmente aun en la mar mas ajitada, y asi está evitado el inconveniente que existe en las ruedas laterales. Por consiguiente, los buques que tienen tornillos pueden navegar mas á la vela y menos por vapor, haciendo uso del vapor tan solo cuando hai vientos de proa, calmas, ó casos de urjencia.

Otra ventaja que ofrecen los tornillos de Arquimedes para la navegacion del Oceano es que no salen fuera del agua cuando el buque tumba á causa del esfuerzo de las velas, y por tanto con ellos puede hacerse uso á la vez de las velas y el vapor, con gran ventaja y economia.

13. Puede tambien agregarse en favor de los tornillos, que no son afectados por el mayor ò menor calado del buque à causa del carbon, el cual al salir del puerto sumerje tanto las ruedas de un buque, que ocasiona mucha pérdida de por

der; asi como á la llegada al puerto, las deja tan poco sumerjidas, que produce por esa causa la misma desventaja. Agrégase ademàs el que estàn protejidas de las balas y otros peligros sobre la superficie.

En contra de los tornillos de Arquímedes puede decirse que son inaccesibles para reparos en caso de averias ó deterioros, á menos que se entre en los diques, que pocas veces están á la mano. Tambien se les atribuye generalmente una pérdida de poder, en comparacion con las ruedas en mar llana. Tal vez los tornillos que estàn en uso actualmente lleguen á ser accesibles por medio de algunos arbitrios que eviten la necesidad de ocurrir à los diques ; y quizá se introduzcan otros mecanismos libres de estos obstàculos. En todo caso, puede anunciarse con seguridad que la navegacion por vapor se harà en breve mui comun en el Oceano como auxiliar á las velas, y que este resultado se efectuará solo por medio de los tornillos.

FIN.

APÉNDICE.

Espansion del Vapor.

Requisitos para Ingenieros.

ESPANSION DEL VAPOR.

En la pàgina 54 y siguientes està esplicada la cantidad de combustible que evaporarà un pie cúbico de agua en una hora. El resultado de una exacta observacion en los vapores del rio Hudson durante una série de años es, que una líbra de carbon antrácito evaporarà ocho líbras de agua; y como un pie cúbico de agua pesa 62 1|2 libras, 8 libras de carbon evaporarán un poco mas de un pie cúbico de agua.

Asi mismo se ha dicho (página 53) que un pie cùbico de agua evaporado en una hora, producirá el efecto de un caballo de fuerza. Esto es verdad solo cuando se trabaja á *presion llena*. Pero cuando se *corta el vapor* y se le hace trabajar *espansivamente*, la misma cantidad de evaporacion producirá *mas de un caballo de fuerza*.. Procurarémos esplicar la causa de esta diferencia.

Supóngase un caso en el cual una cantidad dada de evaporacion produce en el cilindro de una máquina trabajando á presion llena, una presion de 20 líbras por pulgada cuadrada del piston durante todo el largo del golpe.

Supóngase en segundo caso, en que la misma cantidad de evaporacion que se tuvo en el primero, se hace trabajar en dos cilindros, cada uno de ellos igual en tamaño al mencionado en el primer caso; pero en este segundo caso, supóngase que el vapor se corta á la mitad del golpe, de modo que cada cilindro quede hasta la mitad lleno de vapor de 20 libras de presion, cuando se cierra la válvula de corte.

La cantidad de vapor usada en ambos casos es evidentemente la misma.

En el primer caso la presion es constantemente de 20 libras durante todo el golpe.

En el segundo caso, la presion es en cada uno de los dos cilindros, 20 libras durante la primera mitad del golpe; siendo entónces cortado el vapor, la presion disminuirá gradualmente durante la segunda mitad del golpe, de 20 libras á 10. Se sabe que la espansion de un cuerpo dado de vapor en un espacio aumentado es tal, que su elasticidad disminuye al paso que el espacio aumenta.

En cada uno de los dos cilindros supuestos en el segundo caso mencionado, la presion al fin del primer cuarto del golpe es 20 libras; al fin del segundo cuarto, 20 libras; al fin del tercer cuarto, habiéndose dilatado el vapor en un espacio un tercio mayor, su fuerza se ha disminuido de 1/3: esto es, á 13 1/2 libras; al fin del último cuarto, habiéndose dilatado en un espacio doble del original, se ha disminuido á 10 libras, y la presion média en el cilindro interceptado, como se ha dicho, es:

$$\frac{20+20+13\ 1/3+10}{4} = 15\ 5/6 \text{ libras.}$$

Por tanto, cuando se usa el vapor á presion

llena como en el primer caso, la presion durante todo el largo del cilindro es constantemente 20 líbras; y cuando se intercepta á la mitad del golpe como en el segundo caso, la presion média durante todo el largo de los dos cilindros, es dos veces 15 5|6 (15 5|6 en cju.) ó 31 2|3 líbras. Se dá esto como un ejemplo.

Cuanto mas corto sea interceptado el vapor, tanto mas se ganará en la espansion. Pero en la practica se ha encontrado, que en los buques de vapor de *un solo cilindro* no hay ventaja en interceptar el vapor á menos de un tercio del golpe, ó cuando hay *dos cilindros unidos al mismo eje*, á menos de una quinta parte del golpe.

Asi pnes, en la práctica puede hacerse que una cantidad de evaporacion menor que un pie cúbico de agua por hora, produzca el efecto de un caballo de fuerza; y se cree que los esperimentos hechos en el rio Hudson, han establecido en conclusion, que interceptando el vapor á la mitad del golpe, puede hacerse que *cinco libras* de carbon por hora, produzcan el efecto de un caballo de fuerza.

REQUISITOS PARA INGENIEROS,

Para el bien de aquellos que se preparen á entrar en la clase responsable de *ingenieros* abordo de los buques de vapor, y para que aquellos que los emplean puedan formar un juicio acerca de sus aptitudes, estractamos aquí los requisitos que se exijen en el Departamento de Ingenieros de la Marina de Guerra, por una órden firmada por el Secretario de Marina y fechada el 8 de Julio de 1845.

Los *terceros asistentes de ingenieros*, (cuartos ingenieros) ademas de poder escribir medianamente bien, saber aritmetica, y conocer las medidas de superficies y sólidos. "necesitan saber describir todas las diferentes partes de las máquinas comunes condensadora y no condensadora, y esplicar sus usos en sus operaciones mecanicas; asi tambien esplicar el modo de poner en movimiento las màquinas, de regular y modificar su accion, y de precaverse contra los riesgos de las calderas, por los medios que tienen generalmente á su disposicion para este objeto."

Los segundos asistentes de ingenieros, (terceros ingenieros,) despues de dos años de esperiencia en el manejo de las máquinas en el mar, "deben sufrir un examen satisfactorio sobre los puntos, y en la estencion descrita para los terceros asistentes; asi mismo deben ser capaces de esplicar las peculiaridades de las diferentes clases de válvulas; la construccion de las válvulas de espancion ó de corte; el modo como estas operan; los medios de que se hace uso generalmente para impedir la fermentacion en las calderas; deben tener conocimiento de las causas comunes del desarreglo en la operacion de las bombas de aire, de las bombas de fuerza, y de los tubos alimenticios; de los preservativos y remedios propios para estos casos, y del modo de limpiar las calderas cuando es necesario.

Los primeros asistentes de ingenieros, (segundos ingenieros), deben haber estado tres años empleados en el manejo de las máquinas; deben dar un exámen satisfactorio sobre los puntos descritos para los terceros y segundos asistentes; sobre las

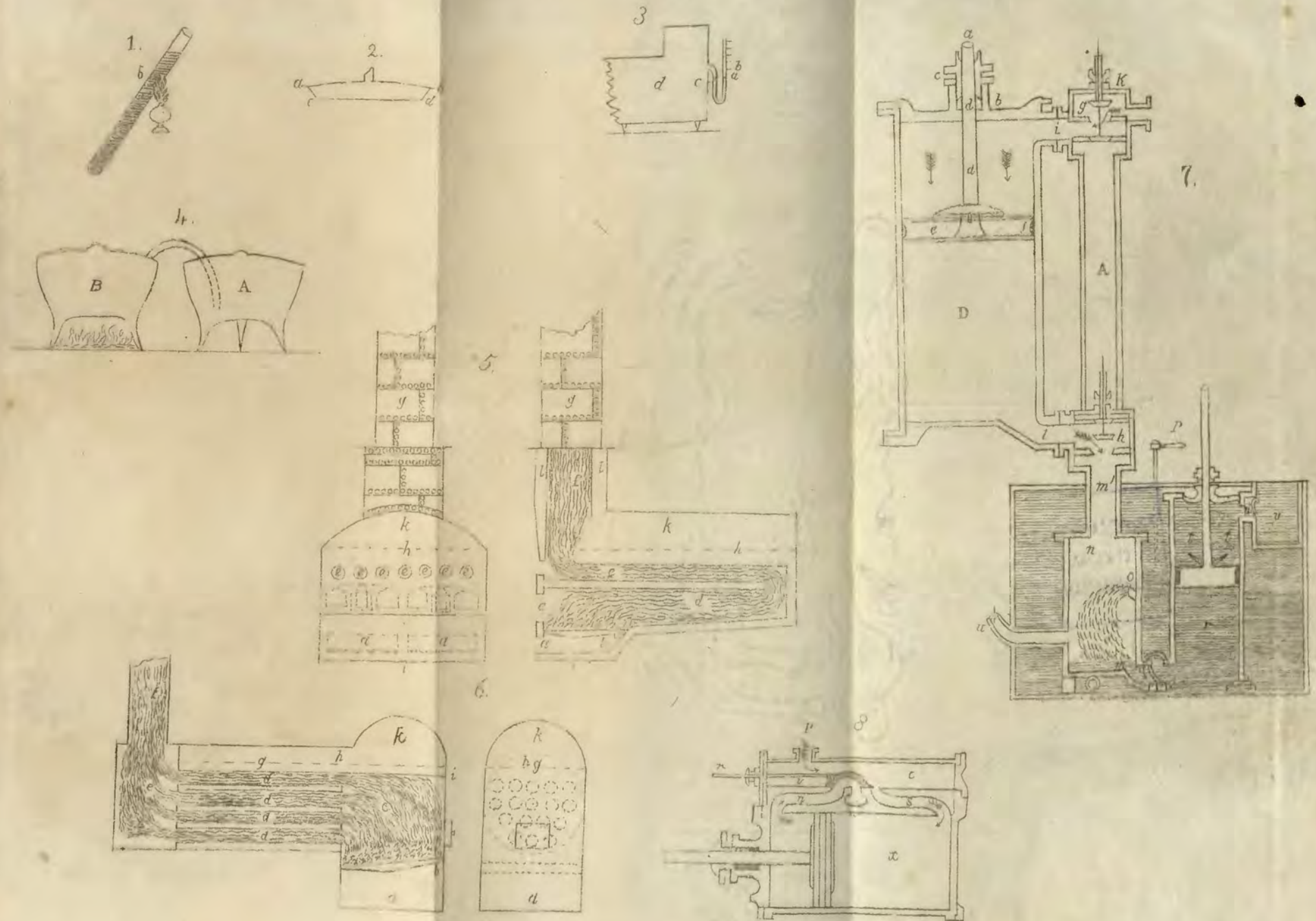
fuerzas mecanícas; sobre los principios generales de la operacion de las máquinas de vapor; sobre sus causas, y sobre los mejores medios para remover las diversas clases de depositos é incrustaciones à que estan espuestas las calderas; y depen ser capaces de dibujar las deferentes partes de las máquinas y calderas; y asi como dirijir su construccion, y juzgar sobre su exactitud y utilidad para el uso."

Jefes ingenieros (primeros ingenieros.) Las propuestas para el grado de jefe de ingenieros deben hacerse cuando los candidatos hayan servido dos años de primeros asistentes en el servicio de la marina de guerra, á bordo de los vapores de mar y que hayan sido examinados sobre uno ó todos los puntos establecidos para los asistentes, á juicio de una comision ó tribunal autorizado al efecto; y despues de que hayan satisfecho à dicha comision sobre su buena conducta y caràcter, sobre sus conocimientos èn Fisica, sobre las formas, mecanismos y principios de las diferentes clases de máquinas de vapor, calderas, tornillos de arquimedes, y sus varias dependencias aplicadas con buen suceso á los buques de vapor y las ventajas relativas que se supone tienen para el servicio de la mar ó de rios.

Tanto los ingenieros como los asistentes, se requiere que aprovechen toda oportunidad favorable para adquirir un conocimiento pràctico de la construccion de las diversas partes de las máquinas de vapor y sus dependencias, de modo que sean capaces de reparar ó cambiar aquellas partes que permita el espacio y medios que se cuente á bordo de los buques de vapor.

ERRATAS.

Página.	*Linea.*	*Dice.*	*Debe decir.*
14.	1.	repentinamente....	y repentinamente.
24.	23.	reasumira.....	reasumirán.
27.	8.	112. °	212. °.
27.	6.	poca espansion.....	poca su espansion.
36.	4.	origen.....	oxigeno.
37.	11.	fuego.....	juego.
39.	5.	gasta.....	gana.
44.	12.	esforzada.....	és forzada.
39.	18.	aplican.....	esplican.


1.
2.
3
4.
B
A
5.
6.
7.
8
D
A