

ideal que no viene determinada sino por el conjunto de valores. La completa realización en el primer caso determina la magnitud y el signo; en el segundo, es el valor absoluto el único conocido, quedando el signo y aun la dirección indeterminados; pero en los dos casos los valores absolutos son idénticos.

Estas consideraciones y las analogías anteriormente comprobadas inducen á generalizar la función f para los valores negativos de x asignándole un valor absoluto igual al de $f(-x)$; y en tal caso, si no se ha de salir del campo de las cantidades reales, como parece exigirlo el carácter aritmético de la función, sólo faltará escoger el signo. Dar el mismo signo $f(x)$ y á $f(-x)$ no estaría justificado por ninguna asimilación; supondría, además, una identidad que en la función analítica correlativa no existe entre los valores situados á derecha é izquierda del origen; el signo — parece preferible y entonces se tendría

$$f(x) = -f(-x)$$

La función sería entonces creciente en todo intervalo, como lo era ya para los valores positivos de la variable.

Fácilmente se ve, sin embargo, que esta generalización no es la única posible, siempre en toda generalización ocurre lo mismo; es un paso de lo definido á lo indefinido, y en el campo de la posibilidad los caminos son infinitos; pero hay soluciones más ó menos naturales que parecen venir impuestas por un proceso de evolución mental, cuyo valor será ó no confirmado por la futura fecundidad de los supuestos y por la sencillez ó comodidad de las notaciones. Otra generalización podría aceptarse, que tendría la ventaja de abarcar toda la función en una definición única, y es la siguiente: dadas las fracciones originales

$$-\frac{1}{k+1} \quad \text{y} \quad \frac{1}{-k},$$

y asignando la primera al valor -2^{k+1} de la variable y la segunda al valor 2^{k+1} , los valores restantes de la función serían los obtenidos por mediación, en la forma explicada con todo detalle en lo que antecede.

Esta generalización, sin embargo, no diferirá esencialmente de la anterior en lo que se refiere á la sucesión de valores de la función y á la distribución de las derivadas infinitas y nulas, objeto principal de nuestro estudio. Todo se reduciría á un cambio de escala para las variables negativas y á una variación de signo al paso por el valor que hace á la función infinita.

Podría, por último, prescindirse de los valores negativos de la variable, aceptando para ellos el imaginarismo ó la indefinición de la función, limitando el estudio á los valores positivos que son las más interesantes. En esta parte hemos visto que las funciones f y φ tienen infinitos valores comunes que corresponden á la fórmula

$$x = \frac{1}{2^r}$$

en la que r es un entero cualquiera positivo ó negativo. Estos valores no son, sin embargo, los únicos y la razón es obvia: para todos estos valores de x , la derivada de $f(x)$ se hace infinita, mientras que la de $\varphi(x)$ lo es sólo para $x = 0$ y para $x = 2$; y como f y φ son ambas crecientes y continuas, será forzoso que, entre cada dos de los valores definidos haya, por lo menos, uno para el cual vuelvan á igualarse f y φ . Esta consideración demuestra una vez más la existencia de valores de x en número infinito para los cuales $f(x)$ no es infinita.

Lo que acabamos de decir respecto á la función φ más sencilla es igualmente aplicable á las más complicadas definidas por

la expresión 5), aunque en éstas la comunidad de valores con f no se extiende sino al intervalo (a, b) , pues sólo para

$$\varphi(x) = \frac{\log 2}{\log 2 - \log x}$$

van las analogías más adelante, precisamente por haber servido esta función para la generalización aceptada de f .

PEDRO M. GONZÁLEZ QUIJANO.

(Continuará.)

LA LÁMPARA DE PENTANO ⁽¹⁾

III. Reglas generales para el empleo de las lámparas de Pentano.—

2. Preparación de la lámpara.—3. Funcionamiento.

IV. Pentano.—1. Preparación y ensayo.—2. Alteraciones que experimenta y corrección por la densidad.

V. Influencia de las condiciones atmosféricas.—1. Temperatura.—

2. Presión atmosférica.—3. Vapor de agua.—4. Cuadro gráfico.—5. Variaciones de la humedad en los Estados Unidos.

VI. Resumen.

(CONCLUSIÓN)

2. PREPARACIÓN DE LA LÁMPARA.

Al preparar la lámpara para experimentar con ella se observará la situación de la chimenea con relación al mechero, tanto vertical como horizontalmente; la posición de la ventana de mica, la cantidad de pentano en el depósito, la altura, orientación y verticalidad de la lámpara y, por último, su distancia al centro del banco fotométrico ó á cualquier punto bien definido de la escala del mismo. Es muy conveniente, sobre todo al principio, comprobar de una manera directa en la forma que se ha explicado anteriormente la verticalidad y la situación de la lámpara.

Al encender la lámpara habrá en el depósito una cantidad de pentano equivalente al tercio ó á los dos tercios de su capacidad total; la altura del combustible sobre el fondo de aquél nunca será inferior á tres milímetros. Como el pentano es muy volátil é inflamable y más pesado que el aire, resulta muy peligroso el verterle en el depósito cuando la lámpara está encendida; esta operación no se hará nunca, y por la misma razón se prescribirá de una manera terminante que cerca de cualquier llama estén abiertas las vasijas que contienen pentano.

Antes de encender la lámpara se comprobará la situación de la chimenea respecto del mechero con el calibre correspondiente, operación que se repetirá con alguna frecuencia mientras aquélla esté funcionando.

3. FUNCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA.

Para encender la lámpara se abre primero la llave del tubo para entrada del pentano en el depósito, se acerca después una cerilla encendida al mechero, y, por último, se abre poco á poco la llave de salida del depósito; cuando la lámpara tiene una llave reguladora cerca del mechero, las dos del depósito se abren por completo antes de encender, cuando no, la segunda de éste se utiliza para regular la llama. Por regla general, desde el momento que se abren las llaves pasa el vapor de pentano al mechero y forma la llama, pero algunas veces es necesario soplar por el tubo de entrada del depósito y otras aspirar por la parte

(1) Véase el número anterior.

alta de la chimenea, esto último cuando la llama es pequeña y azul, porque es debido á que el vapor de pentano, por su gran densidad, tiene tendencia á descender y dificulta la circulación del aire; al hacer la aspiración estarán cerradas las dos llaves del depósito y el observador se colocará más bajo que el mechero para evitar que pueda alcanzarle la llamarada que pudiera producirse en algún caso. Después de hecho todo lo dicho, es casi seguro que la lámpara funcionará regularmente. Una vez encendida se comprobará si la llama es visible por completo desde el disco del fotómetro.

La altura de la llama se medirá después de que hayan pasado quince, veinte ó treinta minutos á partir del momento en que se encendió, según que se trate de lámparas inglesas, de americanas modernas ó de americanas antiguas. Cuando no se hace advertencia alguna en los certificados de lámparas americanas es que la llama se enrasa con la barra de la ventana, mientras que en las inglesas la llama cubre la mitad inferior de la misma; ya se ha dicho antes que las lámparas americanas recientemente taradas en el Bureau of Standards tienen una línea de fe en la ventana con la cual se enrasa el borde superior de la llama. Desde que ésta lleva unos minutos formada sus variaciones de altura son graduales, y únicamente cuando se trata de trabajos delicados hace falta que se observe constantemente y se regule por una persona que sólo tenga esta misión.

Para apagar la lámpara basta cerrar las llaves del depósito, las cuales deben permanecer en esta situación mientras aquélla no está encendida; entonces es también muy conveniente cubrir el mechero, tanto para evitar su rotura, como para que no se deposite polvo en sus agujeros y se obstruyan. Todos los elementos de la lámpara estarán perfectamente pintados de negro.

IV.—Pentano.

1. PREPARACIÓN Y ENSAYO.

Las instrucciones de la Gas Referees para la preparación y el ensayo del pentano son las siguientes:

Preparación.—El petróleo americano ligero, llamado gasolina, se destila tres veces sucesivas á las temperaturas de 55, 50 y 45° C. Al producto obtenido en último término se le añade el 10 por 100 de ácido sulfúrico puro, se agita la mezcla de vez en cuando durante dos períodos de tiempo que no sean menores de tres horas cada uno, y después se repite la operación con sosa cáustica. Se destila de nuevo y se recogen los productos que se obtienen entre 25 y 40° C., constituidos principalmente por pentano mezclado con líquidos análogos, unos más ligeros y otros más pesados, pero sin influencia sobre la llama.

Ensayo.—La densidad del pentano líquido á 15° C. con relación á la del agua destilada á 4° C. ha de estar comprendida entre 0,6235 y 0,6260. La del pentano gaseoso con relación á la del hidrógeno en idénticas condiciones de temperatura y de presión estará comprendida entre 36 y 38; el método más rápido y más exacto para determinarla es el de Gay Lussac con presión de media atmósfera y temperatura de 25 á 35° C.

El pentano no contendrá hidrocarburos de otros grupos con mayor valor fotogénico que él, como son la bencina y el amileno, cuya presencia se puede averiguar por el procedimiento siguiente: en un frasco de vidrio con tapón se colocan 10 c. c. de ácido nítrico con densidad de 1,32, 1 c. c. de una solución diluída de permanganato potásico (1 por 2.000) y 50 c. c. de pentano y todo ello se agita fuertemente durante cinco períodos de tiempo de veinte segundos cada uno; cuando sólo hay parafinas el color oscuro, aunque más pálido, se percibe con toda claridad, pero

desaparece por completo con un 0,5 por 100 de amileno ó de bencina.

Antes de hacer este ensayo es preciso asegurarse de la pureza de los reactivos, porque el ácido nítrico impuro decolora al permanganato; conviene, además, conservarle en la oscuridad para que no se descomponga.

En el Bureau of Standards se comprueba la pureza y la densidad del pentano; esta última se determina con un densímetro que lleva un termómetro porque la corrección por la temperatura es de importancia, 0,001 por grado centígrado ó 0,00055 por grado Farenheit.

2. ALTERACIONES QUE EXPERIMENTA Y CORRECCIÓN POR LA DENSIDAD.

El pentano se suministra por los fabricantes en recipientes herméticamente cerrados en forma tal que se puede asegurar que el líquido recién sacado de ellos al abrirlos cumple con todas las condiciones establecidas, pero en cuanto ha pasado un poco tiempo la evaporación de las porciones más ligeras da por resultado que su densidad vaya aumentando á medida que la llama le va consumiendo. Es de todo punto imposible trabajar con pentano cuya densidad no pase del límite prescrito, habiendo la seguridad de que es excesiva antes de que se haya consumido la décima parte del líquido; llega á valer 0,635 cuando el consumo pasa un poco de la mitad.

Las instrucciones de la Gas Referees, de Londres, prescriben que se vacíe por completo el depósito de la lámpara una vez por mes, si diariamente se experimenta con ella plazo que parece un poco largo.

El residuo que queda en aquél tiene densidad mayor que el límite admitido y produce llamas con más potencia luminosa que el pentano fresco, por lo cual, si el depósito no se vacía por completo de vez en cuando y se va añadiendo combustible conforme va haciendo falta, al cabo de muy poco tiempo la variación de la potencia luminosa es apreciable. Parece, por lo tanto, conveniente que se vacíe el depósito de una manera completa tan pronto como se le ha llenado tres ó cuatro veces, sin que sea necesario perder los residuos que se obtengan cada vez, pues pueden reunirse y utilizarlos en la alimentación de la lámpara sin mezclarlos con pentano fresco, á condición de aplicar á los resul-

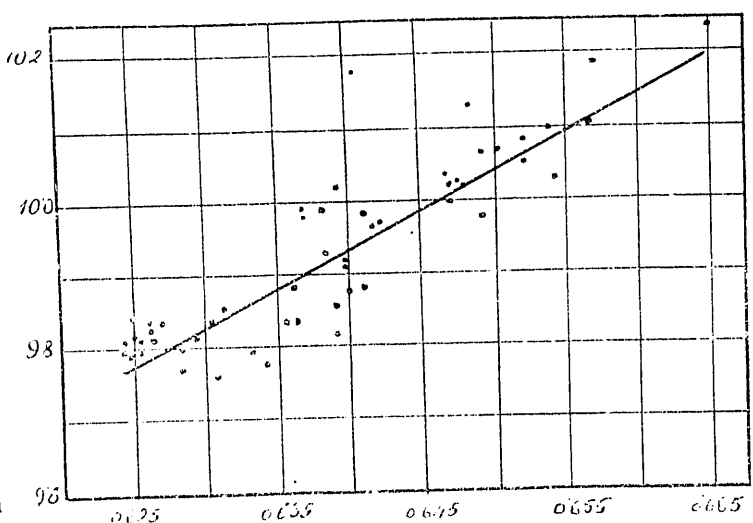


Fig. 2.ª

tados obtenidos una corrección para tener en cuenta la influencia de la densidad.

Se han hecho trabajos experimentales muy concienzudos para determinar la relación entre la densidad del pentano que queda como residuo en el depósito y la potencia luminosa correspondiente con los resultados que figuran en la figura 2.ª; aunque

dicha relación no está representada por una recta, para el objeto de que se trata se admitirá que lo es. La variación de la potencia luminosa es el 1 por 100 por cada aumento de 0,01 en la densidad del combustible, regla que es aplicable á los pentanos de otras procedencias, que cuando frescos tienen densidades altas. Es indudable que no hay inconveniente en emplear aquel factor de corrección en los casos en que conviene reducir el gasto de pentano sin perjuicio alguno para la exactitud de los resultados.

En la tura de lámparas el Bureau of Standards emplea siempre pentano cuya densidad es inferior á 0,635; los valores que figuran en los certificados se pueden considerar como corregidos para la densidad 0,630, no siendo necesaria corrección alguna mientras la densidad del pentano es inferior á 0,635, pero sí cuando es superior á este número. Así, por ejemplo, si la densidad del pentano ha llegado á 0,650 la potencia luminosa que se obtenga será, probablemente, un 2 por 100 mayor que la que figura en el certificado de la lámpara, densidad que alcanza aquel combustible cuando se han consumido 4,5 litros sin vaciar el depósito por completo una sola vez.

No se olvidará que todo lo dicho en los párrafos que anteceden se refiere al pentano puro según los resultados del ensayo con el permanganato; si contiene impurezas éstas se concentran por virtud de la destilación fraccionada que tiene lugar en la lámpara, y entonces puede suceder que el aumento de potencia luminosa sea mayor que el de que antes se ha hablado.

V.—Influencia de las condiciones atmosféricas.

Se supone, generalmente, que la influencia de todas las condiciones atmosféricas es la misma sobre las distintas llamas, y que, por lo tanto, queda corregida automáticamente cuando se comparan llamas entre sí, pero es necesario tenerla en cuenta y hacer las correcciones correspondientes cuando los patrones de llama se comparan con lámparas eléctricas candentes. Es tan complicada la relación entre la potencia luminosa de una llama y la composición del aire que no es posible determinar con exactitud los valores de los factores de corrección correspondientes, razón por la cual, cuando hay que referir las observaciones fotométricas á condiciones atmosféricas normales, es absolutamente indispensable establecer un buen sistema de ventilación para que no sean necesarios aquellos factores. Sin embargo, aunque el aire sea puro, se pueden producir variaciones de consideración en la potencia luminosa de las llamas por la influencia de la humedad y presión atmosféricas.

1. TEMPERATURA.

Es indudable que la temperatura ejerce alguna influencia sobre la lámpara de pentano, y están conformes todos los que se han ocupado de esta cuestión en que no hay que tenerla en cuenta, dada su importancia relativamente muy pequeña, cuando los límites entre que varía son los corrientes en todos los laboratorios. En el Bureau of Standards no se ha podido encontrar un medio que permita modificar con completa independencia una de otra la temperatura y la humedad, así es que no se ha podido determinar con exactitud la influencia que corresponde á cada una de ellas. Se puede admitir que la relativa á la primera es nula, ó también adoptar un factor pequeño para ella y otro distinto para la humedad; en uno y otro caso se llega á resultados idénticos. De acuerdo con la costumbre generalmente establecida se hará caso omiso de la influencia de la temperatura y se estudiarán únicamente las de la presión y de la humedad atmosféricas.

2. PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Por regla general la potencia luminosa de las lámparas de llama varía con la presión atmosférica en el mismo sentido que ésta, aunque no en igual grado en todos los tipos de lámpara. La potencia luminosa de la lámpara de pentano de 10 bujías varía un 0,6 por 100 por centímetro de mercurio según resulta de los experimentos hechos en el Physikalisch-Technische Reichsanstalt (1), mientras que en el National Physical Laboratory (2), se ha encontrado que dicha variación es del 0,8 por 100; en estudios más recientes hechos en Inglaterra (3) se ha comprobado que el segundo valor conviene para presiones poco diferentes de la normal. Las determinaciones hechas en el Bureau of Standards no han dado resultados concordantes, principalmente, porque los límites entre que se varió la presión eran muy próximos; las más dignas de confianza dieron valores comprendidos entre 0,6 y 0,8 por 100, debido á lo cual se adoptó el valor inglés 0,8 por 100 (4). El gráfico de la figura 3.^a se ha trazado con este último.

3. VAPOR DE AGUA.

La potencia luminosa de una lámpara de llama es inversamente proporcional á la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, cantidad que se evalúa en litros (*h*) por metro cúbico de aire. La presión (*e*) del vapor de agua se determina con higrometro de ventilación, si es posible, aplicando las tablas correspondientes á cada tipo. Si *b* representa la presión atmosférica:

$$h = \frac{e}{b - e} \times 1.000.$$

Para la cantidad normal de vapor de agua se fijará, de una manera más ó menos arbitraria, un cierto valor (*n*), y entonces, si *I_n* representa la intensidad normal de una llama (la intensidad correspondiente á *n* litros de vapor de agua por metro cúbico de aire), *eI* la relativa á una humedad cualquiera,

$$I = I_n [1 + (n - h) \alpha].$$

La dosis normal de vapor de agua se ha fijado en 8 litros para las lámparas de pentano; el factor de corrección (*α*) se ha determinado varias veces, pero los resultados obtenidos en laboratorios distintos no concuerdan entre sí. Tales determinaciones han sido discutidas con todo detalle en uno de los artículos que se ha mencionado anteriormente (5), siendo ahora suficiente recordar que el National Physical Laboratory encontró para *α* el valor 0,0066, el Reichsanstalt 0,0055, el Bureau of Standards 0,0057, y los últimos experimentos ingleses 0,00625.

El procedimiento que se sigue en el Bureau of Standards para tarar lámparas proporciona continuamente elementos para la re-determinación del factor de corrección, habiéndose hecho los cálculos completos con los resultados obtenidos hasta la fecha con todas aquellas lámparas que han funcionado con cinco ó más litros de vapor de agua. Con objeto de disminuir algo el trabajo se han agrupado los valores que corresponden á las observaciones

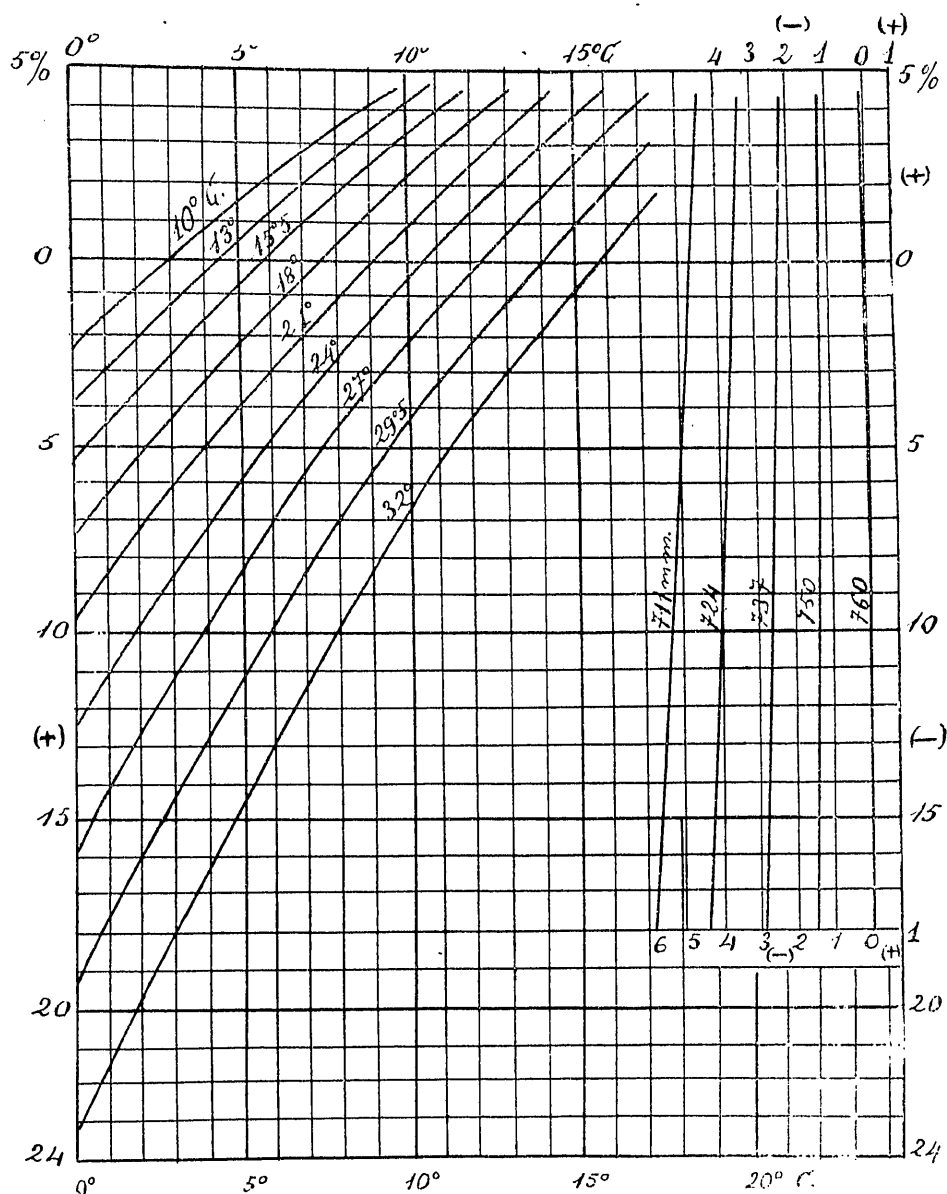
(1) *J. f. Gas. u. Wasser*, 49, pág. 561, 1906.

(2) *Electrician* (Londres), 53, pág. 751, 1904; *J. Inst. of Elect. Eng.*, 38, pág. 271, 1906-7; *J. Gas Light.*, 99, pág. 232, 1907; N. P. L., *Collected Researches*, 3, pág. 49, 1908.

(3) Butterfield, Haldane y Trotter, *J. Gas Light.*, 115, pág. 290, 1911; *Amer. Gas Light. J.*, 95, pág. 145, 1911.

(4) En los *Anales de Illuminating Engineering Society*, 5, pág. 776, 1910, se dice inadvertidamente que se empleó el factor 0,6, cuando lo cierto es que dicho factor se obtuvo de los resultados que se consignaban.

(5) *Trans. Ill. Eng. Soc.*, 5, pág. 766, 1910.

Fig. 3.^a

que se hacen con cada lámpara sin retirarla del banco una vez puesta en él. Se han modificado un poco los números publicados en 1910, que eran erróneos por causa del barógrafo que se empleaba entonces; los corregidos son los que figuran en la primera parte de la Tabla que sigue y que son el resultado de unas 30.000 observaciones individuales en el banco fotométrico; la segunda parte de la misma se ha formado con los experimentos hechos recientemente, que representan 75.000 observaciones individuales.

Factores de corrección para el vapor de agua.

I. Observaciones de 1910.

LÁMPARAS	Grupos de observaciones.	Peso.	Factor α .
Chance 116.....	74	174	0,00568
Chance 118.....	23	22	0,00565
Sugg 171.....	62	130	0,00565
Americana 25.....	16	11	0,00584
Americana 74.....	19	48	0,00564
Americana 157.....	11	8	0,00581
Americana 162.....	7	9	0,00572
VALOR MEDIO.....			0,00567

II. Observaciones de 1911-12.

LÁMPARAS	Grupos de observaciones.	Peso.	Factor α .
Chance 116.....	135	226	0,00586
Chance 118.....	177	339	0,00552
Veinticinco lámparas.....	264	269	0,00569
VALOR MEDIO.....			0,00567

En la asignación del peso a cada lámpara se han tenido en cuenta el número de veces que ha estado en el fotómetro y el grado de humedad correspondiente. Como se han incluido humedades de 5 litros á las que corresponde una variación del 3 por 100 y como por otra parte algunas lámparas sólo han estado seis veces en el fotómetro, no es de esperar una gran concordancia entre los resultados individuales, y, sin embargo, sólo en dos lámparas el valor encontrado para α ha sido inferior á 0,0050, habiendo sido 0,0066 el mayor. El resultado medio se diferencia del primero mucho menos de lo que era de esperar, de manera que parece indudable que para dicho factor α debe adoptarse el valor 0,57 por 100 por litro de vapor de agua, á lo menos, en las condiciones del Laboratorio del Bureau of Standards. Con él se ha trazado el gráfico de la figura 3.^a

4. CUADRO GRÁFICO.

Este cuadro gráfico se ha trazado en forma tal, que la desviación del valor actual de una lámpara con relación al normal se puede leer directamente en él cuando se conocen la presión atmosférica y las temperaturas indicadas por los termómetros de un higrómetro con ventilación. Este aparato puede ser el psicrómetro que emplea el Instituto Meteorológico de los Estados Unidos ó el Asmann, que tiene ventilación mecánica. De emplear un higrómetro ordinario, se procurará que sea pequeño el espesor de la sustancia que cubre el depósito del termómetro húmedo, y se hará la lectura en éste cuando, después de agitar enérgicamente el aire, se observe que ya no desciende más la columna.

Las curvas de la izquierda del gráfico dan el tanto por ciento de la desviación antes indicada que corresponde á una temperatura y á un descenso del termómetro húmedo dados cuando la presión atmosférica es la normal, 760 milímetros. Si es diferente de ésta el incremento de aquella desviación, se obtiene de la manera siguiente: se lee, en primer lugar, la desviación para la presión normal y se anota; se lleva su valor horizontalmente hacia la derecha hasta la curva de la presión actual, y la abscisa del punto de encuentro será lo que hay que agregar á la desviación que se leyó á la izquierda del gráfico. Tal incremento representa, principalmente, la influencia de la presión atmosférica en la potencia luminosa, y en segundo término la que ejerce la misma presión en la cantidad de vapor de agua.

El gráfico se ha preparado para la lámpara de pentano, pero no hay inconveniente alguno en aplicarle á otras llamas en la seguridad de que los errores que se cometan han de ser muy pequeños. Parece racional, por ejemplo, comparar los mecheros de gas con patrones eléctricos y aplicar á los valores obtenidos el gráfico para reducirlos á las condiciones normales de presión y humedad.

5. VARIACIONES DE LA HUMEDAD EN LOS ESTADOS UNIDOS.

Con objeto de que se tenga alguna idea sobre la importancia de la variación del vapor de agua con las estaciones, se ha dibujado el gráfico de la figura 4.^a con los datos publicados por el Instituto Meteorológico de los Estados Unidos. En general la humedad es menor en invierno que en verano, siendo las medias de Mayo y Octubre iguales á la correspondiente al año entero. Las diferencias entre las humedades de días consecutivos son á veces bastante grandes, sobre todo en la primavera y otoño, pero las medias mensuales varían poco de un año á otro. Las curvas dibujadas se refieren á un período de cinco años.

Los valores normales de la humedad que se adoptan en Europa son un poco más pequeños que los aceptados en los Estados Unidos de una manera general, razón por la cual las potencias luminosas medias sin corregir de los patrones de llama son en este país algo menores que las normales. En la tabla que sigue figuran los valores medios de la humedad en algunas poblaciones durante los mismos cinco años de la figura 4.^a, y el tanto por ciento de la diferencia entre la potencia luminosa nominal y la media actual de cualquier foco que se compare con la lámpara de pentano.

Humedad media en algunas poblaciones de los Estados Unidos.

POBLACIONES	Humedad media. — Litros por m ³ .	Tanto por ciento de la desviación de la lámpara de pentano de su valor normal.
Boston.....	9,9	1,1
Omaha.....	10,8	1,3
Chicago.....	10,6	1,5
Filadelfia.....	11,2	1,8
San Francisco.....	11,3	1,9
Washington.....	12,0	2,3
Nueva Orleans.....	19,1	6,3

VI.—Resumen.

En el presente trabajo se ha procurado describir de la manera más completa posible el procedimiento que se sigue en el Bureau of Standards para tarar las lámparas de pentano, exponer

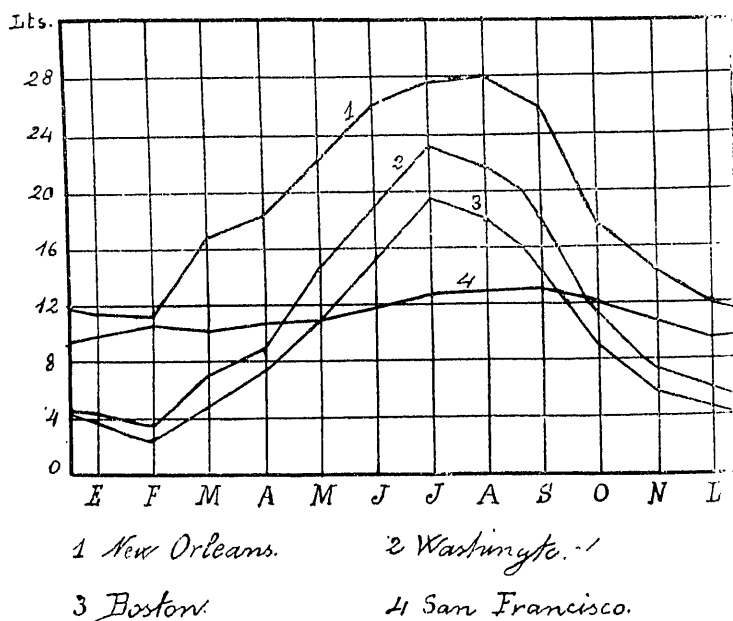


Fig. 4.^a

las instrucciones generales para su empleo, discutir las condiciones del combustible y consignar datos sobre la influencia de la presión y humedad atmosféricas en forma que puedan ser utilizados por todas aquellas personas que han de deducir por las observaciones experimentales los valores normales de las potencias luminosas. Todos los trabajos y estudios á que se ha hecho referencia en las páginas anteriores se han realizado en los laboratorios del Bureau of Standards bajo la dirección del Dr. Rosa y con la colaboración de Mr. G. J. Schladt.

Ω

Washington 2 de Agosto de 1913.

