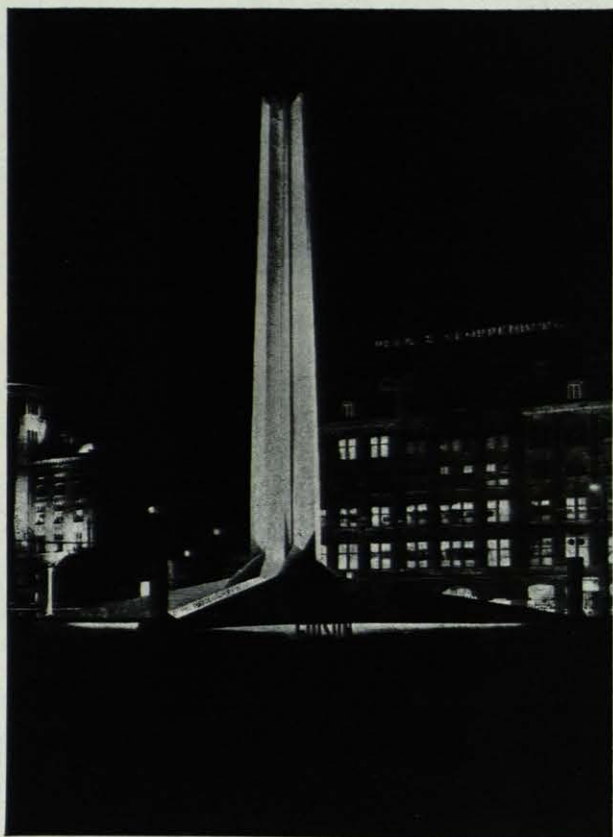


ALGUNOS DATOS SOBRE LUMINOTECNIA

por E. Carvajal, ingeniero.



AMSTERDAM.—Monumento a Edison.—Fiestas de la luz.

Indicábamos en nuestro anterior artículo "La luz en la Arquitectura moderna" lo indispensable que es para obtener un avance progresivo en el movimiento general que hoy se nota en favor de la luz, la estrecha colaboración entre el arquitecto y el técnico de la luz. Esta colaboración no está exenta de peligros, que a nuestro modo de ver pueden proceder muy especialmente en este caso de parte del técnico de la luz, ingeniero, instalador, o como queramos llamarle. En efecto, de todas las artes aplicadas, quizá sea la Arquitectura la que cuenta con mayor número de "aficionados" o "espontáneos" que se estiman capaces de resolver por sí mismos cualquier problema. No habían de sustraerse a esta mala influencia los que de la técnica de la luz se ocupan, y que careciendo en general de sólida preparación artística se han de limitar forzosamente a repetir, más o menos modificado, lo que vieron en sus viajes o en las revistas profesionales, con lo que, lejos de avanzar en el proceso general de la iluminación, se llega forzosamente a un estancamiento.

Para evitar esto, precisa que el arquitecto tenga los conocimientos técnicos indispensables para saber los elementos con que puede contar en sus creaciones y la forma en que puede emplearlos, dejando después al técnico de la luz el cuidado de adaptación y ejecución de todos los detalles, aplicando los últimos adelantos de su especialidad en la forma que proporcionen un máximo rendimiento.

Estos conocimientos técnicos elementales los consideramos tanto más indispensables para el arquitecto cuanto el problema económico juega siempre un papel definitivo en todos los proyectos. Evidentemente es necesario, al concebir un sistema nuevo de aplicación de la luz, tener una idea de su viabilidad económica; lo contrario no conduce más que a pérdidas de tiempo, por las necesarias reformas del proyecto cuando lo imponen las cifras de costo, o a que la aplicación excesivamente favorable de algunos coeficientes (los de "absorción", por ejemplo, en alumbrado indirecto) lleve a obtener en la práctica resultados mucho más desfavorables que los supuestos al estudiar el proyecto.

Siguiendo, pues, el plan que nos hemos trazado y que hemos intentado justificar en las líneas que anteceden, vamos a fijar algunas ideas fundamentales, huyendo en lo posible de complicaciones científicas, propias exclusivamente de los libros técnicos, que puede consultar el que quiera profundizar más en la materia.

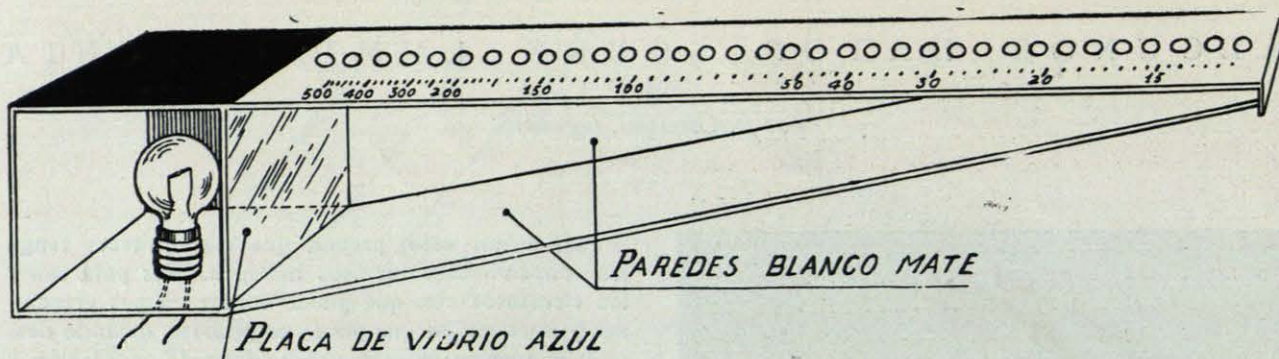
Flujo luminoso. Intensidad. Iluminación. Brillo.—Son estos conceptos a los que hemos de aludir continuamente y que conviene fijar desde el principio.

Un cuerpo luminoso puede serlo, bien porque produzca luz por sí mismo o porque refleje o difunda la luz que recibe de otro.

Por flujo luminoso se entiende la cantidad de luz radiada por un punto luminoso "en todas direcciones, en un segundo"; la medida del flujo da, por tanto, idea de la "potencia" del punto luminoso, pero no da idea del "reparto" de la luz en una dirección definida que pueda interesarnos; para caracterizar esta repartición según diferentes direcciones, hemos de considerar otra magnitud que se llama "intensidad del punto luminoso en una dirección dada" y que no nos da, por tanto, idea ni de la cantidad total ni de tiempo.

La unidad de medida de la intensidad luminosa es la "bujía internacional", definida actualmente por lámparas tipo, de filamento de carbón, dispuesto en una forma especial, depositadas en los tres laboratorios oficiales internacionales de Francia, Inglaterra y Norteamérica.

Consideremos una esfera de un metro de radio, en cuyo centro luce una bujía internacional; si sobre



esta esfera marcamos una superficie de un metro cuadrado mediante cuatro arcos de círculo y unimos los puntos en que se cortan estos arcos con el centro de la esfera, habremos determinado un "ángulo sólido unidad". La cantidad de flujo luminoso emitido por la bujía e interceptado en un segundo por el ángulo sólido unidad, es lo que se llama "lumen", siendo la unidad de medida del flujo luminoso.

Siendo la superficie total de la esfera de un metro de radio, igual a 12,57 metros cuadrados, si un punto luminoso colocado en su centro emitiera luz en todas direcciones con intensidad de una bujía, el flujo luminoso total emitido por ese punto sería de 12,57 lúmenes.

La "iluminación" puede definirse como el efecto útil de la luz, viniendo determinada por el resultado de dividirse el flujo luminoso por la superficie que lo recibe. Su unidad de medida es el "lux", o sea la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe un flujo luminoso de un lumen.

Por último, se entiende por "brillo" de una superficie en una dirección dada al cociente de la intensidad luminosa emitida en la dirección considerada por el área aparente en dicha dirección, siendo el área aparente de la superficie el resultado de su proyección sobre un plano perpendicular a la dirección que consideramos. La unidad de medida del brillo será, pues, la "bujía por centímetro cuadrado de superficie aparente".

De todos los aparatos empleados para las medidas de estas diversas magnitudes, el único que debe interesar vivamente al arquitecto y familiarizarse con su uso es el "luxómetro" portátil, que permite medir la iluminación en diferentes puntos rápidamente y con la aproximación necesaria en la práctica.

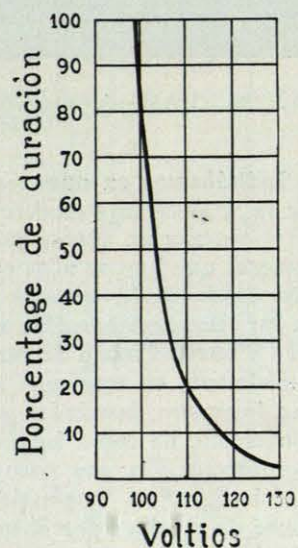
Entre los muchos modelos de estos aparatos, cuyo costo es reducido, describiremos el reproducido en la figura 1, cuyo fundamento puede verse en esquema en la figura 2. Una lámpara, alimentada por pila seca, se mantiene a tensión constante mediante una resistencia intercalada en el circuito; la lámpara ilumina una serie de marcas translúcidas, cuyo brillo variará gradualmente, disminuyendo a medida que las marcas están más alejadas de la lámpara, lo que permite establecer una escala en lux, graduando por comparación.

Cuando una de estas marcas se ilumina con igual intensidad por ambas caras, desaparecerá a la vista casi por completo, y la intensidad de iluminación exterior corresponderá con el número de lux consignado bajo la marca correspondiente.

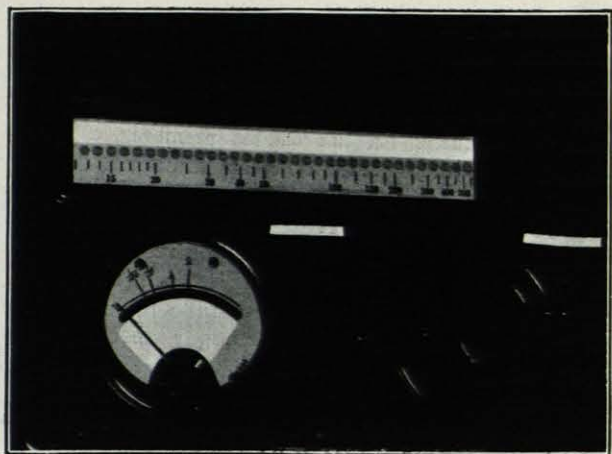
La utilidad de este aparato para el arquitecto estriba en que de un modo sencillo y rápido puede comprobar por sí mismo si las intensidades de iluminación exigidas en un pliego de condiciones han sido realizadas exactamente o al menos de un modo muy aproximado por las Casas instaladoras.

Elementos productores de luz.—A los efectos arquitectónicos, los elementos de que disponemos en la actualidad puede decirse que se limitan a las lámparas eléctricas de incandescencia. En efecto, el gas se emplea casi exclusivamente en alumbrado urbano, principalmente en su nueva modalidad de alimentación a alta presión.

La lámpara de arco, un poco olvidada, vuelve tam-



bién a emplearse para los mismos usos que el gas a alta presión, estando muy en boga en América el empleo del arco de magnetita (los carbones se han sustituido por un electrodo de magnetita y otro de cobre) con alimentación en alta tensión y distribu-



ción en serie. Este sistema resulta económico en las grandes ciudades.

Los tubos luminiscentes alimentados a alta tensión (alrededor de los 3.000 voltios) y llenos de un gas a baja presión (vapor de mercurio, neón, ácido carbónico, etc.) se emplean casi exclusivamente para muestras y anuncios comerciales. Algún ensayo se ha hecho en Madrid de su empleo para alumbrado de interior con fines decorativos y resultados deplorables. Sin embargo, empleados en combinación el de vapor de mercurio (azul) y el de neón (rojo) en la proporción de dos tercios del primero y un tercio para el rojo, puede obtenerse una luz blanca muy aceptable compensando las radiaciones del neón a los amarillos, verdes y azules que predominan en el vapor de mercurio.

Vemos, por tanto, que el único elemento con que el arquitecto debe contar para obtener efectos decorativos a base de luz, es la lámpara eléctrica de incandescencia.

El avance y perfeccionamiento de estas lámparas ha sido rapidísimo. Desde que en 1876 se perfecciona la lámpara de arco empieza a preocupar a los ingenieros el problema de la "subdivisión" de la luz eléctrica, condición indispensable para su aplicación al uso doméstico. En 1879 hace Edison sus primeros ensayos de lámpara de incandescencia, y en 1886 lanza su primer tipo de lámpara industrial, con filamento de carbón y un rendimiento de 2,5 lúmenes por vatio consumido. De este rendimiento (muy inferior al de las lámparas de arco, que en aquella época era de 15 lúmenes por vatio) se pasa en las lámparas de incandescencia a un rendimiento de seis lúmenes para las lámparas de Nernst (filamento de óxidos de metales raros) y 6,5 para las lámparas con filamento de osmio y tántalo. En 1904 se construye la primera lámpara con filamento de tungsteno en el vacío, que hace subir el rendimiento a 10 ó 12 lúmenes por vatio, y en 1913, sustituyendo el vacío por una atmósfera de un gas inerte, nitrógeno o argón, y modificando la disposición del filamento, se llega a los 20

lúmenes por vatio y se entrevé la posibilidad de llegar hasta los 25 y 30 lúmenes en los tipos usuales.

En un principio, la marca o designación comercial de las lámparas se hizo en "bujías", esto es, se las definía por su "intensidad luminosa" en la dirección horizontal; la adopción de los filamentos arrollados en espiral, y su especial posición en la lámpara, impuso la designación de las lámparas en lúmenes, o sea en función del flujo luminoso emitido; pero en la práctica ha parecido más cómodo designarlas por el número de vatios que consumen, y así se hace comúnmente.

En la fabricación y en el uso de las lámparas eléctricas se presenta el siguiente problema: cuanto más elevada es la temperatura a que funciona el filamento, la eficacia luminosa es mayor; pero la duración de la lámpara es menor, y viceversa; a menor temperatura en el filamento, corresponde una mayor duración, pero menor rendimiento luminoso. Precisamente el problema que se resuelve con las lámparas de filamento en atmósfera gaseosa es haber podido llegar a temperaturas de régimen de 2.700° contra 1.800° en las lámparas de filamento de carbón, y 2.250° de las lámparas en vacío.

Se construyen las lámparas para una duración útil de 1.000 horas, siendo errónea la creencia corriente que supone mejores las lámparas cuanto mayor es su duración; pasado un cierto límite el funcionamiento de las lámparas es antieconómico, su rendimiento disminuye y, por tanto, el precio del lumen-hora aumenta considerablemente.

Por el contrario, "forzando" el funcionamiento de las lámparas, esto es, someténdolas a un voltaje superior a aquel para que fueron construidas, se acorta su duración, pero se aumenta considerablemente su rendimiento luminoso. Vemos, pues, la posibilidad de deducir para un precio dado en la energía consumida, cuál ha de ser la duración más económica de las lámparas, circunstancia muy de tener en cuenta, sobre todo al estudiar proyectos de iluminación indi-



AMSTERDAM.—Iluminación de una calle durante las fiestas de la luz. 1930.

recta, sistema en el que las pérdidas por absorción son considerables.

Entre las fórmulas que permiten calcular las condiciones de duración más económica podemos dar la siguiente:

$$\text{Duración más económica} = \frac{6000 P}{w. p.}$$

en la que P, es el precio de la lámpara; w, su potencia en vatios, y p, el precio del kilovatio-hora de energía consumida.

En cuanto a la variación de la duración de la lámpara en función del voltaje, véase la curva de la figura 3, referida a una duración total útil de mil horas.

Conviene además tener muy en cuenta en los proyectos que el rendimiento de las lámparas aumenta con su potencia. Una lámpara de atmósfera gaseosa de 200 vatios produce el mismo flujo luminoso que 13 lámparas de 25 vatios; la diferencia es muy notable, pues implica una pérdida de 62,5 por 100 en la energía consumida si empleamos las lámparas pequeñas, que deben evitarse siempre que sea posible. De mejor rendimiento son las lámparas "tubulares" de filamento rectilíneo, pero que tienen el inconveniente de su elevado coste.

La calidad de la luz emitida varía según la clase de lámpara que se emplee, lo que no deja de tener cierta importancia para obtención de efectos decorativos. Con las lámparas de filamento en vacío se

obtiene un 63 por 100 de radiaciones rojas, un 24 de radiaciones verdes y un 13 por 100 de radiaciones azules. Con las lámparas en atmósfera gaseosa un 55 por 100 de rojas, el 27 por 100 de verdes y el 18 por 100 de azules. La luz de las primeras es, por tanto, de tono más "caliente". Las lámparas llamadas de "luz solar", por su color azulado, absorben parte de las radiaciones rojas, produciendo un 46 por 100 de estas radiaciones, el 30 por 100 de verdes y el 24 por 100 de azules. La luz es, por tanto, de aspecto parecido a la solar, no alterando los colores; pero su empleo no es económico, por absorber de un 30 a un 40 por 100 de energía más que las lámparas normales; entre éstas deben contarse las lámparas deslustradas al interior, que sobre las ventajas de producir una luz difusa y no ser propensas a ensuciarse rápidamente, como las primitivas lámparas esmeriladas exteriormente, sólo absorben en pérdida un 1 por 100 de la energía consumida.

En la imposibilidad de extendernos más sobre esta interesante cuestión, creemos haber dejado expuestas algunas ideas útiles e indispensables para el que aspire a manejar la luz. Ahora bien, téngase en cuenta que esta luz, tal como la producen las lámparas eléctricas, puede calificarse de "producto en bruto", y que su aprovechamiento en esta forma ha de ser forzosamente defectuoso y antieconómico. Precisa, por tanto, "refinarlo" aprovechando las leyes de la reflexión, refracción, difusión, etc., bases de la lumino-tecnia, sobre todas las cuales trataremos en un próximo artículo.

**DEUTSCHE
BAU
AUSSTELLUNG**



9. MAI - 2. AUGUST

EXPOSICIÓN ALEMANA DE EDIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN GENERAL. BERLÍN 1931: 9 DE MAYO AL 2 AGOSTO, EN UNIÓN CON LA "EXPOSICIÓN INTERNACIONAL DE URBANIZACIÓN Y DE LA HABITACIÓN Y LAS SECCIONES SIGUIENTES:

**LA EDIFICACIÓN MODERNA
LA HABITACIÓN MODERNA
LA NUEVA CONSTRUCCIÓN
BELLAS ARTES Y ARQUITECTURA
LA CONSTRUCCIÓN AGRÍCOLA
EXPOSICIÓN DE GARAJES**

**DEUTSCHE
BAU
AUSSTELLUNG**



9. MAI - 2. AUGUST

Pedir informes y prospectos a

AUSSTELLUNGS, MESSE UND FREMDENVERKEHRSAMT DER STADT BERLIN.-Berlin-Charlottenburg, 9