

más Tren

más **Tren**

MODELISMO FERROVIARIO & MAQUETISMO

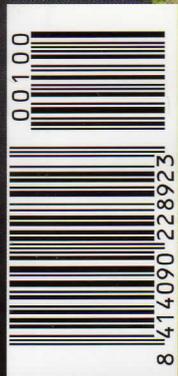
Nº 100 - Año XI - 2014 - 9,50 €

La revista de los aficionados

edición especial nº 100



edición especial



Iluminación de maquetas 1

Una guía simplificada –no profesional– para conseguir una mejor exhibición de nuestras maquetas ferroviarias.

Texto: **Alberto Herrera**

Fotos: Archivo. Dibujos: **Gracia Osuna**

Nos preocupa tener maquetas bien diseñadas. Con este concepto implicamos, entre otras cosas, un bastidor con diseño acertado, el adecuado recorrido de nuestros trenes, buenas puestas en escena, coherentes composiciones, cuidado envejecimiento del material, acertado equipo eléctrico y sistemas electrónicos y un largo etcétera. Pero solemos dejar de lado lo que haría que todo lo que hemos realizado en las facetas mencionadas anteriormente luzca y justifique nuestro esfuerzo en tiempo, recursos y conocimiento. Me refiero a la iluminación.¹

Merece la pena citar las características básicas de un sistema de iluminación (y además el eléctrico) de una maqueta de trenes establecidas por el gurú John Armstrong:²

- Debe simular la luz solar.
- Debe evitar efectos que no sean naturales.
- No debe ser intrusivo. Es decir, los focos no deben verse directamente por un observador.
- Debe ser económico de instalación y mantenimiento.
- Debe ser seguro.
- Debe poder ser versátil, o sea, incluir en el conjunto enchufes auxiliares, iluminación bajo el plano de maqueta (acceso y almacenamiento), etc.

En lo que a continuación exponemos, hemos preferido ser claros y concisos aun a riesgo de ser poco ortodoxos en algunos puntos, ya que el tema de la iluminación implicaría, llevados al extremo, conocimientos técnicos de cierto

“...Y dijo Dios: ‘sea la luz’. Y hubo luz. Y vio Dios que la luz era buena; y separó Dios la luz de las tinieblas”

Génesis, capítulo 1



La fase de iluminación debe de considerarse antes de la construcción de la maqueta. Imagine el lector, además del daño personal, lo que se puede ocasionar en una maqueta con un accidente así.

nivel y desembolsos que, en muchos casos, pueden no estar justificados

Si se decide a tener en cuenta la iluminación, conviene hacerlo antes

1. La presente colaboración no pretende ser un documento profesional.

2. John ARMSTRONG. “Control and Scenery on the Allegheny route”. *Model Railroader*, marzo 1971.

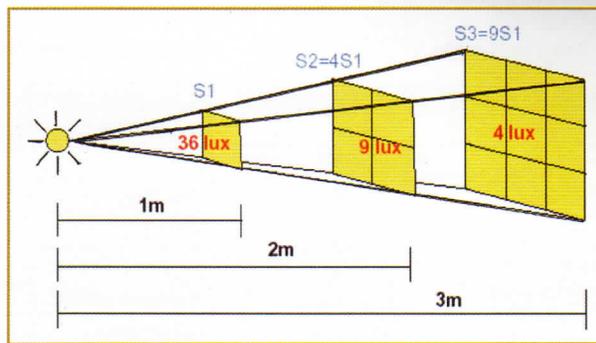
Las exhibiciones al público cuidan la iluminación como cualquier otro elemento de la maqueta. Maqueta de exhibición localizada en Alemania. Se observa el empleo de cañones de luz y un sistema sofisticado.



que el resto de la instalación, previniendo situaciones inseguras y desastrosas como la que muestra la fotografía de la izquierda.

¿Se imagina el riesgo que corre y el destrozo que haría en una instalación terminada? Cuando tenga la fase de iluminación acabada, procure —al continuar con el resto de la maqueta— proteger los focos del polvo (enfundado con elementos traslucidos pero cuidado con el calor de los focos) manteniendo buena visión. Tema complicado, lo sé.

Cuando hablamos de “ver” nos referimos a una correcta captación



Representación gráfica de la ley de la inversa del cuadrado. Si a una distancia de 1 m tenemos 36 lux, a 2 metros tenemos 9 lux ($2^2 \times 9$) y a 3 metros tenemos sólo 4 lux. Esta ley es básica para el cálculo luminoso de nuestras maquetas.

visual de la forma, textura y colores de nuestros modelos, tanto estáticos (situación de parada o elementos de decoración) como en marcha (composiciones). Sería maravilloso si pudiéramos controlar la iluminación de nuestras compañías ferroviarias a escala, ya que el control de este parámetro es importante en la “puesta en escena”.

Por tanto, podríamos preguntarnos: ¿Existen unos criterios objetivos en el tema de la luz? Y si los hay... ¿cómo podemos establecerlos? ¿Cuáles son los parámetros básicos a tener en cuenta? Y lo que es aún más interesante para nosotros como maquettistas... ¿Cómo podemos aplicarlos a nuestras maquetas?

1. Conceptos, parámetros y unidades básicas

El principal parámetro relacionado con la luz es el **flujo luminoso** (símbolo Φ) que es, dicho muy simplemente, la cantidad de “luz” —de “rayos de luz”— que tenemos en una instalación. La unidad en que se mide el flujo luminoso en el sistema internacional es el lumen.

Vale. Ya tenemos la “cantidad de luz”. Lo siguiente es saber que además de la cantidad (valor absoluto) en

iluminación también se usa otra medida importante: la cantidad de luz por metro cuadrado. Esto es lo que llamamos **iluminancia** (símbolo E) y se mide en lumens por metro cuadrado (que tienen el nombre específico de lux), aunque también se usa el lumen / cm^2 y el lumen/pie² ¡Estos sajones siempre por libre!

El lux es la unidad clave, ya que nos permite comparar las cantidades de luz que iluminan distintas maquetas aunque la intensidad luminosa y la superficie de cada una sean diferentes.

La iluminancia desciende con el cuadrado de la distancia al iluminante (ley de la inversa del cuadrado).

Además, conviene saber que se mide también la **intensidad luminosa o intensidad de foco**, que es el flujo luminoso dividido por la superficie concreta.

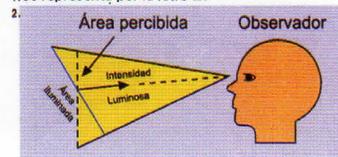
En los catálogos es corriente encontrar algunos tipos de lámparas con flujos luminosos en candelas en vez de lumens. La relación entre la candela y el lumen está en la tabla 1.

También nos interesará saber la **eficiencia luminosa** de la luz (ρ) de nuestra maqueta. Se mide en lumens/watios.

Tabla 1. Relaciones más importantes en iluminación

DIMENSIÓN	INTENSIDAD LUMINOSA O INTENSIDAD DE FOCO	ILUMINANCIA O EXITANCIA	LUMINANCIA	EPICACIA LUMINOSA	DENSIDAD DE POTENCIA
SÍMBOLO DIMENSIÓN	Φ	E	L	-	-
FÓRMULA	Flujo luminoso / Ángulo sólido ¹	Flujo luminoso / Área	Flujo luminoso/Área aparente ¹	Flujo luminoso/ Potencia consumida	Potencia consumida/ superficie
MEDIDO EN	Lumen / Estereoradian	Lumen/ m^2	Candela/ m^2 Candela/ cm^2	Lumen / watio	Waticos/ m^2
UNIDADES	Candela	Lux	Nit Stilb	Lm/w	w/ m^2
SÍMBOLO UNIDAD	cd	Lx ó M	Lv	η	--

1. Se representa por la letra ω .



Esta tabla nos resume las dimensiones principales de la iluminación

Tabla 2. Datos básicos de iluminación

NIVELES DE ILUMINACIÓN EN AMBIENTE EXTERIOR Y DOMÉSTICOS	
	Lux
Luz solar más luz cielo (difundida) máxima	100.000
Luz solar más luz cielo (difundida) día nublado	10.000
Interiores junto a la ventana	1.000
Comedores	105 - 210
Cocinas	215 - 590
Zona de lectura no habitual	215 - 590
Zona de lectura intensa/Estudio	590 - 1.180
Taller	590 - 1.180
Construcción de modelos con alto detalle	1.180 - 2.259

Conviene tener una idea desde el principio (aunque luego podamos ir ajustando el dato) de los vatios/m² que utilizaremos en nuestra maqueta.

Con estos cuatro valores: los lúmenes que deseamos, los lux, la eficacia luminosa (lumen/watio) y vatios/m², tendremos una primera idea de la cantidad de la iluminación de nuestra maqueta.

No toda la luz que emite el iluminante es percibida por nuestros ojos. Hay pérdidas. Lo que nos queda neto es el coeficiente de utilización, Cu. Algunos de los rayos se pierden hacia el techo o las paredes y parte de sus ondas son absorbidas reflejando sólo el color que observamos, por tanto el conjunto de rayos reflejados son menos que los que inciden. ¿Cuánto se pierde en una habitación donde hay una maqueta? Pues depende: el Cu del techo es un 75 %; las escenas en maquetas de páramos castellanos o desierto de Almería suponen un 25 % y un bosque de coníferas nos deja un 10 %. Se ha informado³ que, como dato genérico, se puede admitir un 50 % de pérdida, lo cual es aceptable, aunque esto depende del tipo de iluminante y otros factores. Por tanto, a efectos prácticos para nuestras maquetas, los lux a instalar deben ser el doble de los que serán efectivos.

1.1 Datos de referencia. Cantidad de luz necesaria

Lo siguiente que nos viene muy bien es tener una escala de valores que nos sirva como referencia de iluminación correcta en un determinado ambiente e incluir, además, de manera más específica, lo que necesitamos en nuestras maquetas.

Tabla 3. Datos básicos de iluminación

NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS PARA DISTINTAS ZONAS DE TRABAJO	
	Lux
Pasillos	105-210
Oficinas	210-590
Lectura fácil	540-1.075
Lectura difícil	1.075-2.150
Montajes simples	210-590
Montajes de dificultad media	590-1.075
Montajes de dificultad alta	1.075-2.150
Montajes muy avanzados	2.150-5.375
Escenario de un teatro	19.350

Podemos ver las tablas 2 y 3 con valores de referencia. No deben de entenderse estos valores como algo incuestionable.

La unidad en que se aparecen los valores son lux (o sea lumens por metro cuadrado). Las dos últimas filas corresponden a los ambientes que son los más aplicables a nuestras maquetas.

Dentro del apartado "montajes muy avanzados" aparece un nivel de iluminación entre 2.150 y 5.375 lumens; pues bien, como curiosidad diremos que en un quirófano se recomiendan, como mínimo, 3.000 lumens.

De la observación de estas tablas podemos concluir que, para exhibir nuestras maquetas debemos procurar ambientes entre 600 y 2.100 lux –con tendencia a permanecer entre los 800-1.000 lux–, en términos aproximados. ¡Ya tenemos un dato por donde empezar!

2. Tipos de fuente de luz

La fuente de luz se puede llamar "iluminante". Los hay de múltiples tipos y una de sus cualidades es que la proporción de los distintos colores (radiaciones primarias que componen la luz) puede variar. Los hay, por ejemplo, que tienen más cantidad en la zona del verde mientras que otros pueden poseer más del amarillo, etc.

No solemos conectar las lámparas tal cual a nuestras maquetas, sino que éstas vienen en un sistema de iluminación que llamamos luminaria, que es una unidad completa de iluminación, compuesta por lámparas, equipos auxiliares, elementos para distribuir luz,

Una representación de distintos tipos de fuentes de iluminación: incandescencia, fluorescentes, fluorescentes compactos, lámparas y focos halógenos e incluso focos led. Todo un mundo de posibilidades que conviene conocer para sacar mayor partido a nuestras maquetas.



3. Max Maginness. Ponencia para la NNGC, septiembre 2012.

para posicionar y proteger la luz y para conectarlas a la energía eléctrica.

Los iluminantes pueden clasificarse atendiendo a muchos criterios, pero nos vamos a centrar en el proceso que hace que se produzca luz. Según esto, podemos hablar de los siguientes tipos básicos:

- Lámparas de incandescencia
- Fluorescentes
- Fluorescentes compactos
- Lámparas y focos halógenos
- Lámparas y focos leds

No consideraremos algunos otros tipos de iluminantes como los halógenos de bajo voltaje, tiras de diodos o las luces de árboles de Navidad, que se han usado y se usan para crear ambientes dentro de nuestras maquetas.

Cuando compramos lámparas, éstas contienen una información vital para nuestras decisiones:



En cada envase se incluye una gran cantidad de información obligatoria que nos puede servir para elegir el tipo de iluminante.

2.1 Las lámparas de incandescencia

Su tendencia es a desaparecer, ya que algunos fabricantes las descatalogaron a partir de 2012, así que yo no las usaría para una maqueta con proyección de futuro.

Sus principales características son:

- ✓ Sólo se aprovecha el 5 % de su potencia como luz.
- ✓ Producen en torno a 14 lumens por watio.
- ✓ Los watios oscilan desde los 25 a los 300.
- ✓ Duración: entre 1.000 y 2.000 horas.
- ✓ No se deben poner a más de 1,2 m de la maqueta (recordar la ley de la caída de cantidad de luz disponible con el cuadrado de la distancia).
- ✓ Intensidad lumínica regulable.

2.2 Tubos fluorescentes

Los tubos son muy populares en la iluminación (junto con los halógenos). Se pueden poner dentro de una iluminaria o tal cual. Una de las características de clasificación más importante es su diámetro. Los hay desde los 38 mm (las T12, que desaparecieron en 2012 aunque se mantienen en catálogos con la correspondiente advertencia de extinción) pasando por los ahora populares T8 (26 mm diámetro) o los T5 (16 mm diámetro) o incluso T2 (7 mm).



Los fluorescentes en zonas ocultas de la maqueta pueden ser una gran solución. Ocupan poca altura y dan una luz muy blanca para actividades complementarias a la pura explotación.



En los tubos fluorescentes se puede encontrar información adecuada a este iluminante.

Dentro de cada una de estas familias hay infinidad de modelos en función de los watios consumidos, amperaje, tipo de luz y alguna otra característica complementaria. Esto nos puede inducir al desconcierto. Céntrese en la temperatura del color (entorno a 5.000 K). Intente evitar el blanco de algunos fabricantes, ya que **su índice de reproducción de color (capacidad de reproducir colores auténticos, CRI)** es baja. Además procure que tengan en el tubo una lámina de policarbonato, o similar, ya que esto elimina las radiaciones ultravioleta que degradan los colores de los modelos de nuestra maqueta tras una prolongada exposición.

Tienen vapores de mercurio, por lo que conviene entregar las lámparas agotadas en su proveedor de iluminación para que se encarguen del reciclado.

Otras características de este grupo de iluminantes⁴ son:

- ✓ Alrededor de 90 lúmens por watio.
- ✓ Una capacidad de reproducción de color de 90.
- ✓ Una larga duración.
- ✓ Se recomienda usar balastos (cebadores) electrónicos, ya que se consigue una mejor eficiencia, el ruido es menor y no hay parpadeo visible.
- ✓ Tienen una alta eficiencia.
- ✓ Mantienen el brillo con el tiempo.
- ✓ Intensidad lumínica no regulable.



Ejemplo de utilización de de fluorescentes con apoyo de cañones de luz. Este montaje es profesional pero puede servir de ejemplo, como idea básica y salvando las distancias, para un aficionado.

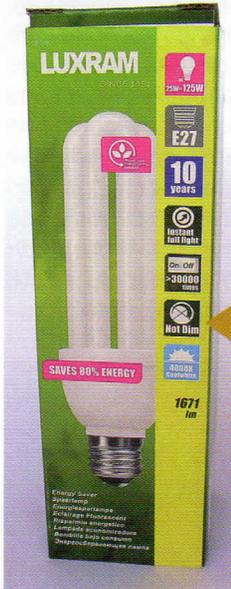
Los T8 tienen ventajas, ya que:

- ✓ Se encastran en lugares estrechos.
- ✓ Con menos vatios se consigue un 25 % más de lumens.

2.3 Fluorescentes compactos (CFL)

Están muy extendidos, ya que son los que llamamos popularmente “de bajo consumo”. Su funcionamiento es similar al grupo anterior. Su consumo, sin embargo, es apreciablemente menor que una incandescente, y a éstas son a las que sustituyen, ya que supone un ahorro en torno a un 75 % (entre 5 y 30 vatios).

Hoy están en torno a los 60 lúmens por watio. Tienen un CRI menor. Los portalámparas o casquillos más comunes son el E27 y el E14 (como las de incandescencia). Su vida media está en torno a las 8.000 horas, con una horquilla amplia. En cuanto a su color de luz, podríamos hablar de dos grupos:⁵ luz blanca cálida (3.000 K) y luz día (5.000 K). Su intensidad luminosa no es siempre regulable.



Las cotidianas dicroicas son una variante de las halógenas. Pueden ser interesantes para intensificar suavemente alguna escena.

Los fluorescentes compactos se han impuesto de manera general en las maquetas. Son muy versátiles y adaptables.



2.4 Halógenos y focos halógenos

En esencia son lámparas incandescentes con un filamento de tungsteno y un gas inerte así como una pequeña cantidad de un gas halógeno. El vidrio que lo recubre es cuarzo. Alcanzan mayores temperaturas que una incandescente similar, lo que significa mayor temperatura de color, lo que, a su vez, da como resultado una tendencia hacia tonos azules y mayor luminosidad (en torno a un 30 %, o sea, luces más “blancas”).

Mantienen un CRI del 100 % y tienen más eficiencia que las incandescentes.

Las lámparas halógenas deben ser manejadas con guantes o un elemento de separación (un papel, etc.) entre el cuarzo que las recubre y nuestras manos. Si no estallarán de inmediato.

Otra variedad de halógena más potente. Mismo cuidado con su manejo.

4. Según fabricante.
5. Catálogo Phillips.



Ejemplo de iluminación con halógenos. La maqueta es portátil y se le disculpa la concentración lumínica por zonas. Queda como una especie de punteado continuo que es fácilmente solucionable si fuera fija.

centes. En algunos casos pueden conectarse directamente a la red; otros modelos llevan transformadores a 12 V.

Dentro de las halógenas hay una variedad, muy común en iluminación, que son las halógenas dicróicas. Son los focos pequeños que aparecen encastrados en salones, cuartos de baño, etc. Dejan pasar el calor (radiación infrarroja) hacia atrás (zona de falso techo) y la luz (radiación visible) hacia delante (zona habitada). Su duración suele ser de 2.000 horas. Su temperatura de color es de 3.000 K. Desgraciadamente, por lo general, están en torno a los 100 lumens, por lo que habría que usar muchas para conseguir un efecto comparable a las fluorescentes. Concentran la luz por la iluminaria que incorporan con un ángulo de 36° a 40°, aunque se pueden conseguir con otros ángulos de hasta 4° - 12°. En el primer caso suele ser típico tener 1.800 lux a 650 mm del foco, 450 lux a 1.300 mm, 200 lux a 1.950 mm y 113 a 2.600 mm (recuerde: la cantidad de luz disminuye con el cuadrado de la distancia), aunque hay lámparas especiales que llegan a dar valores diez veces superiores.

El uso de focos halógenos de potencia baja (400 a 700 lumens) puede ser mejor como complemento para escenas. Su eficacia luminosa está en los 10-15 lúmenes/watio. Son regulables en intensidad.

Debe evitarse tocar estas lámparas con los dedos, ya que las grasas naturales que tenemos desvitrifican —y destruyen— el cuarzo.

2.5 LEDS

Son cada vez más utilizados y están en plena evolución. Son relativamente caros (con halógenos nos movemos en torno a 117 lumens/euro, mientras que con leds estamos en 21 lumens/euro, pero permiten ahorros sobre las lámparas de bajo consumo, ya que los 9-11 vatios de una de estas lámparas son comparables a 3-5 vatios en una led y su tiempo de uso está en torno a las 20.000 horas, pero otras duran mucho más. Son diodos emisores de luz que utilizan corriente continua, así que incorporan circuitos para poder ser usados en nuestras casas. Su eficiencia está por encima de los 45 lumens por watio. Su intensidad luminosa es regulable.

Permiten distintos colores y su luz es más limpia que la de los halógenos —menos zona difusa—, esto no quiere decir que sea más adecuada siempre.

Pueden tener distintos ángulos de apertura: 12°, 30°, 60°, 120° y otros varios. Por tanto, son buenos para iluminación de acentuación de escenas, ya que el 70 % de la luz queda dentro del cono que se forma.

Muy recientemente he quedado impresionado por los focos led. Estos son el futuro para la iluminación de nuestras maquetas y reemplazarán a los fluorescentes. Si están en fase de diseño, corran a un proveedor especializado y pregunten por ellos. Los he visto de 1.000, 3.000 y 5.000 lumens... ¡una maravilla de luz!



Algunos tipos de leds tienen la capacidad de focalizar la luz como la lámpara de la foto. Los ángulos pueden ser muy variados.

Las lámparas led pueden tener aspectos muy variados. Esta incluye varios y es orientable. Su intensidad es regulable.



Los focos led son el presente más actual. Si no los han visto funcionar, corran a una tienda de iluminación y pidan una prueba. Caerán en sus encantos.

Y hasta aquí el análisis de los diferentes tipos de iluminación. El artículo continuará en la próxima revista con ejemplos prácticos de su utilización en las maquetas.

● ● ● ● ● Continuará