

7. Conclusiones

Como podemos ver en este estudio el gasto en alumbrado, interior y exterior es un porcentaje grande del consumo eléctrico de CU. Por lo que es absolutamente necesario tener una propuesta para el ahorro de energía en este ámbito.

En este proyecto se analizaron las tecnologías comerciales mas usadas en esta época, sin contar con las lámparas de led que en este documento se descartaron por su alto precio, sin embargo el estilo que se utilizo para la investigación de campo, la selección de luminaria puede usarse para futuros proyectos donde se necesite analizar tecnologías que no se cuenten en este documento. Como vimos también se realizó un estudio de los costos actuales para la tarifa HM, de igual forma lo presentado en este documento aplica para cualquier tarifa, ya sea cualquiera de las tarifas actuales o en un futuro la actualización de nuevas tarifas.

En este aspecto hay que poner mucha atención con la actual tarifa HM, ya que como se nos explicó por parte de Luz y Fuerza del centro y Comisión Federal de Electricidad, cambia contantemente, por lo que es de importancia revisar las tarifas que se ocupen en el momento de nuevas construcciones. Para poder realizar el calculo real del gasto producido por las instalaciones inspiradas en este documento.

Al ver los resultados presentados en los último capítulo vemos como el gasto inicial de llevar a cabo la inversión se recupera rápidamente, por lo que no es motivo de pretexto para no realizar los cambios necesarios para tener una instalación eficaz para todas las áreas de nuestra universidad; también podemos decir sin lugar a dudas que el ahorro presentado por estas nuevas lámparas nos permite reducir los gastos mensuales requeridos para iluminar nuestro trabajo a lo largo del día. Lo que en primer lugar nos permite redistribuir nuestros gastos económicos a otras áreas que necesite mas dinero para mejorar nuestros edificios, y por otro lado reducir el consumo energético, es decir bajar la carga eléctrica instalada actualmente, lo que nos permitiría poder usar mejor la energía y, si es necesario, poder aumentar la carga a otras áreas ajenas a la luminosidad

Si tomamos en cuenta la vida útil de las lámparas propuestas podemos afirmar que el gasto en mantenimiento será reducido al que presentamos actualmente. Y que las lampreas nuevas duran mucho mas, por lo que no sería necesario comprar lámparas en periodos de tiempo corto. Lo que una vez mas nos repercute en un ahorro económico importante

Con lo respectivo a confort visual dejamos en claro como la luz blanca nos da una gran ventaja en alumbrado público dando mas realce de las áreas verdes, disminuyendo la potencia necesaria. Y como se vio en la investigación de las áreas máximas de percepción visual del ojo humano el efecto del brillo nos permite ver mejor las cosas con luz blanca.

Con la revisión de normas y la experiencia que nos brindan los fabricantes ahora podemos escoger los niveles adecuados de iluminación y la densidad de potencia para alumbrado, sin exagerar en la luz emitida y cuidando que esta sea la necesaria para los diferentes trabajos que realizamos en nuestras áreas laborales.

8. Bibliografía

F. Martín Sánchez “MANUAL PRÁCTICO DE ILUMINACIÓN” Editorial COURIER 1ª edición 2005

Emilio Carranza Castellanos “Luminotecnia y sus aplicaciones” editorial plana

Luis C. Fernandez Salazar y Jaime de Landa A. “Técnicas y Aplicaciones de la Iluminación” editorial Mc. Graw Hill,

Ricardo García San José ASPECTOS BASICOS DE ILUMINACION ALFAOMEGA

Luis C. Fernández Salazar, Jaime De Landa Amezua TECNICAS Y APLICACIONES DE LA ILUMINACION Editorial McGRAW-HILL

CATALOGOS TECNICOS:

- MAZDA.**
- OSRAM.**
- PHILIPS.**
- SYLVANIA.**

PAGINAS WEB

Philips Iluminación

<http://www.lighting.philips.com/>

<http://www.eur.lighting.philips.com/>

Osram

<http://www.osram.com/>

Sylvania

<http://www.sylvania.com/>

Documentos

El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales Ing. Alex Ramírez Rivero. Genertek, SA de CV, Especialistas de Ahorro de Energía México, XXVIII

Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Ing. Alex Ramírez Rivero Ciudad Universitaria, Marzo 5 de 2009

ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROYECTO PAEFI-235 FECHA 15-ENE-2009

9. Anexos

9.1. Definiciones

9.1.1. Luminancia (brillo fotométrico)

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo, en circunstancias parecidas, para la misma visibilidad.

9.1.2. Flujo luminoso


El flujo luminoso es la cantidad total de luz emitida por segundo. Se define también como la unidad de potencia de 1/ 683 (W) emitidos en la longitud de onda de 555 (nm) con una frecuencia de 540×10^{12} (Hz).

Se define el *flujo luminoso* como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama *equivalente luminoso de la energía* y equivale a:

$$1 \text{ watt-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

9.1.3. Intensidad luminosa

Se conoce como *intensidad luminosa* de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido que contiene la dirección dada.

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Ángulo Sólido}} = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{1(\text{Lm})}{1(\omega)} = 1[\text{cd}]$$

- La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.
- La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la información relativa al flujo luminoso en su origen.

9.1.4. Iluminancia

Se define *iluminancia* como el flujo luminoso recibido por una superficie.

Iluminancia $E = \frac{\Phi}{S}$	Símbolo: E	$\text{lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$
	Unidad: lux (lx)	

Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela.

9.1.5. Eficiencia luminosa

Se define como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W.). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η	Rendimiento = $\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

9.1.6. Atenuador (Dimmer). Dispositivo usado para regular el flujo luminoso de las lámparas que puede reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica al limitar la potencia de entrada.

9.1.7. Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica conectada a un circuito o sistema.

9.1.8. Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. La carga eléctrica puede variar en el tiempo dependiendo del tipo de servicio.


9.1.9. Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m².

9.1.10. Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a suministrar luz a una superficie o un espacio.

9.1.11. Sistema de alumbrado exterior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas abiertas.

9.1.12. Sistema de alumbrado interior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas cubiertas.

9.2. Documentos

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

CONTENIDO

- 1.- INTRODUCCIÓN
 - 2.- OBJETIVO
 - 3.- ALCANCE
 - 4.- CAMPO DE APLICACIÓN
 - 5.- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ACTUALMENTE INSTALADOS
 - 6.- SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES
 - 7.- EJEMPLOS DE LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES
 - 8.- CONCLUSIÓN
- ANEXO

1.- INTRODUCCIÓN


La estandarización de los sistemas de iluminación se propone con la finalidad de reducir el impacto ambiental, económico y la demanda de energía eléctrica en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Son mínimas las instalaciones que cuentan con lámparas ahorradoras de energía, a pesar de que los cambios tecnológicos siempre han estado presentes, no se ha observado un interés real en su aplicación.

Es por eso que Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería propone la sustitución de lámparas convencionales por las nuevas tecnologías eficientes y ahorradoras de energía que permiten mejorar la operación de las instalaciones y disminuir los consumos de energía en sus diversas áreas de aplicación: edificios, estacionamientos, áreas verdes y vialidades; respetando la normatividad existente.

2.- OBJETIVO

Proponer la estandarización de los sistemas de iluminación utilizando las nuevas tecnologías eficientes para ahorrar energía eléctrica.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

3.- ALCANCE

Establecer los lineamientos y requisitos técnicos mínimos que deben cumplir los sistemas de iluminación atendiendo las indicaciones de normas aplicables como:

NOM-025-STyPS-1999 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

NOM-007 ENER 2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas ext.

NOM-017-ENER/SCFI-2008 Lámparas Fluorescentes Compactas.

NOM-001-SEDE-2005 Art. 930 Alumbrado público.

NOU-DEL Cap.2 Alumbrado


4.- CAMPO DE APLICACIÓN

Aplicable a los sistemas de iluminación de nuevos proyectos y en instalaciones existentes. En áreas interiores y exteriores: En edificios administrativos, educativos, recreativos, de investigación, vialidades, estacionamientos, áreas verdes y explanadas.

5.- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ACTUALMENTE INSTALADOS

En base a los levantamientos realizados en los últimos años por Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería dentro de las dependencias UNAM, es posible establecer el tipo de tecnologías de iluminación que se encuentran actualmente instaladas.

En la siguiente tabla se muestran las tecnologías de iluminación más comunes instaladas en dependencias de la UNAM.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Aplicación	Tipo de iluminación	Lugares instalados
Iluminación interior en edificios	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x20 W	aulas, oficinas, pasillos y pasos cubiertos
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x40 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x75 W	
	Lámpara fluorescente compacta 2x13 W	oficinas, pasillos y áreas de servicio
	Foco incandescente 75 W	cuartos de aseo y baños
	Foco incandescente 100 W	auditorios, cuartos de aseo, baños, bodegas y
	Spot 75 W	Áreas de exposición, auditorios y centros culturales
	Spot 100 W	
	Spot 150 W	
	Par 30 75W	
	Par 38 90 W	Oficinas y áreas de exposición
Halógena dicroica 30 W		
Halógena dicroica 50 W		
Iluminación en áreas exteriores	Vapor de sodio alta presión 150 W	Áreas verdes, andadores
	Vapor de sodio alta presión 250 W	Estacionamientos, azoteas y vialidades
	Vapor de sodio alta presión 400 W	Estacionamientos, explanadas y azoteas
	Vapor de sodio alta presión 1000 W	Estacionamientos, explanadas y zonas deportivas

Después de un análisis de las diversas tecnologías de iluminación disponibles se recomienda la sustitución de alumbrado convencional actualmente instalado por nuevas tecnologías que garanticen el ahorro y uso eficiente de la energía sin disminución de los niveles de iluminación requeridos para cada tarea a desarrollar.

6.- SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES


A continuación se muestra una tabla resumen donde se propone la sustitución de lámparas por sus equivalentes más eficientes.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

Sistema convencional	Sistema propuesto	Ahorro Aprox.	Observación
Foco incandescente de 75 W	Fluorescente Compacta 20 W	73%	Iluminación en interiores, pasillos, lobby, áreas pequeñas, alturas de montaje menores a 4 mts.
Foco incandescente de 100 W	Fluorescente Compacta 23-25 W	75-77%	
Spot 150 W	Halógeno Par 38, 90 W	40%	Iluminación en áreas específicas donde se requiere alta reproducción del color.
	Aditivos Metálicos Par 30, 35 W	77%	
Spot 100 W	Halógeno Par 30, 75 W	25%	
Spot 75 W	Halógeno Par 20, 50 W	33%	
Dicroica 50 W	Led 3X3 W	88%	Para proporcionar la misma cantidad de luz hay que instalar 3 leds, tienen el mismo tipo de bulbo.
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x20 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x17 W	22%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor.
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x14 W	32%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x40 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x32 W	37%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x28W	44%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro estándar electromagnético 2x75 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x59 W	41%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x54W	42%	Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara de Vapor de Sodio 150 W balastro electromagnético	Lámpara de inducción 85W	55%	Iluminación en áreas verdes y andadores
Lámpara de Vapor de Sodio 250 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 175W, autotransformador	30%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
	Lámpara de inducción QL 100W, 108-132V	60%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
Lámpara de Vapor de Sodio 400 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 320W, autotransformador	20%	Iluminación de estacionamientos y azoteas a una altura máxima de 9 mts y separación entre de 30 mts.
	Lámpara de inducción 200 W 200-277V	50%	
Lámpara de Vapor de Sodio 1000 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 400W, autotransformador	60%	Iluminación en explanadas y estacionamientos altura máxima del poste 12 mts.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

7.- EJEMPLOS DE LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES

En el siguiente ejemplo del edificio A de la Facultad de Química podemos observar los consumos de energía eléctrica que se obtienen con lámparas actuales y con las lámparas propuestas.

Lámparas Actuales			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	1619	157.85	76.17%
LF 1x39W, T12	18	0.88	0.42%
LF 2X75W, T12	64	12.00	5.79%
LF 1X75W, T12	171	16.03	7.74%
LF 3X17W, T8	150	8.03	3.88%
LFC 26W	131	3.58	1.73%
INCADESCENTE 100W	5	0.50	0.24%
LF 2X17W, T8	43	1.54	0.74%
SPOT 150	29	4.35	2.10%
LFC 13W	13	0.18	0.09%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.07%
LF 2X39W, U, T12	1	0.10	0.05%
Total		207.25	100.00%

Lámparas Propuestas			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x32W, T8	1619	108.80	74.39%
LF 1x32W, T8	18	0.60	0.41%
LF 2X59W, T8	64	7.93	5.42%
LF 1X59W, T8	171	10.59	7.24%
LF 3X17W, T8	150	8.03	5.49%
LFC 26W	131	3.58	2.45%
LFC 23W	5	0.12	0.08%
LF 2X17W, T8	43	1.54	1.05%
PAR 38, 90W	29	2.61	1.78%
LFC 13W	13	0.18	0.12%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.52%
LF 2X32W, U, T8	1	0.07	0.05%
Total		146.26	100.00%

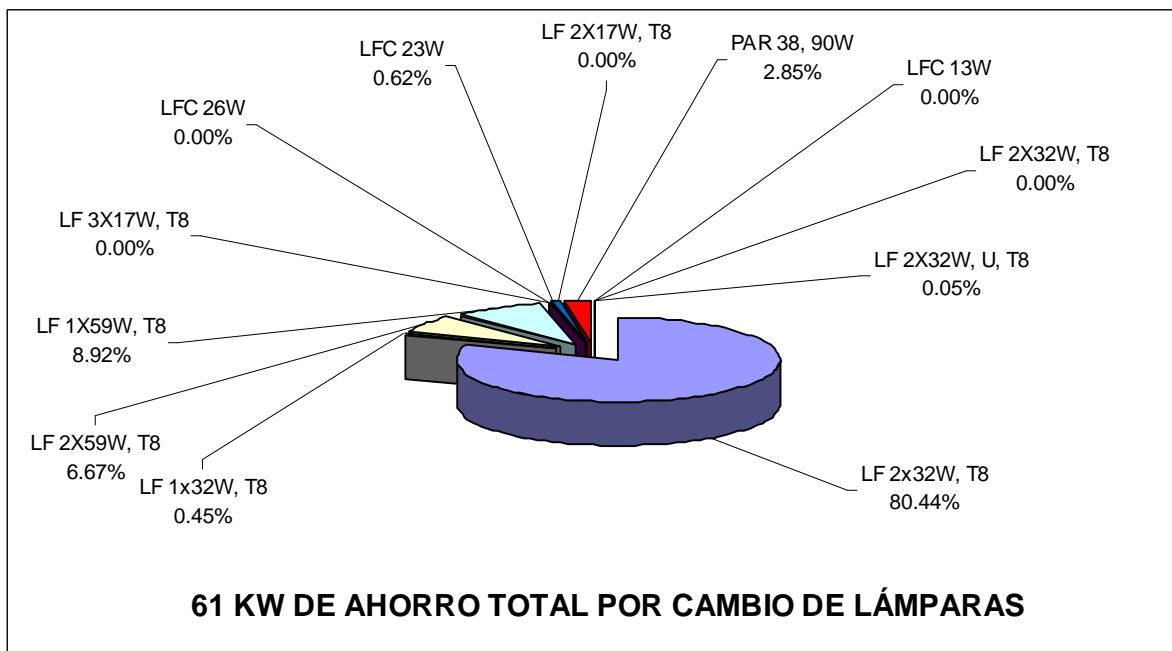


ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ	APROBÓ	REVISIÓN	FECHA	PROYECTO
PAEFI	ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	01	15-ENE-09	PAEFI-235

A continuación se observa el ahorro de energía eléctrica obtenido por cambio de lámparas convencionales a lámparas propuestas de nueva tecnología.

Lámpara actuales	Lámparas propuestas	Ahorro en KW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	LF 2x32W, T8	49.06	80.44%
LF 1x39W, T12	LF 1x32W, T8	0.27	0.45%
LF 2X75W, T12	LF 2X59W, T8	4.07	6.67%
LF 1X75W, T12	LF 1X59W, T8	5.44	8.92%
LF 3X17W, T8	LF 3X17W, T8	0.00	0.00%
LFC 26W	LFC 26W	0.00	0.00%
INCADESCENTE 100W	LFC 23W	0.38	0.62%
LF 2X17W, T8	LF 2X17W, T8	0.00	0.00%
SPOT 150	PAR 38, 90W	1.74	2.85%
LFC 13W	LFC 13W	0.00	0.00%
LF 2X32W, T8	LF 2X32W, T8	0.00	0.00%
LF 2X39W, U, T12	LF 2X32W, U, T8	0.03	0.05%
Total		60.99	100.00%



En el siguiente ejemplo de iluminación en alumbrado público en vialidades podemos observar los consumos de energía eléctrica que se obtienen con lámparas actuales y con las lámparas propuestas.

Lámparas Actuales			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Vapor de sodio 250 W	15	4.69	50.00%
Vapor de sodio 150 W	15	2.81	30.00%
Vapor de sodio 100 W	15	1.88	20.00%
Total		9.38	100.00%

Lámparas Propuestas			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Inducción 100W	15	1.65	46.61%
Inducción 80W	15	1.26	35.59%
Inducción 40W	15	0.63	17.80%
Total		4.80	100.00%

A continuación se observa el ahorro de energía eléctrica obtenido por cambio de lámparas convencionales a lámparas propuestas de nueva tecnología.

Lámpara actuales	Lámparas propuestas	Ahorro en KW	Porcentaje
Vapor de sodio 250 W	Inducción 100W	3.04	41.12%
Vapor de sodio 150 W	Inducción 80W	3.11	42.03%
Vapor de sodio 100 W	Inducción 40W	1.25	16.85%
Total		7.39	100.00%

Posteriormente se obtienen los ahorros generados en pesos durante un mes aplicando la tarifa HM.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN


EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

Ahorros Generados

Lámpara	Consumos Mensuales kW/h					Costos de Energía Mensual					
	Base	Interm	Punta			Base	Interm	Punta			Total
	kW/h	kW/h	kW/h	kW/h	kW	\$ kW/h	\$ kW/h	\$ kW/h	\$kW/h	\$kW	\$
Vapor de sodio 250 W	546.7 5	455.63	182.2 5	1184. 6	3.0375	589.6 2	587.89	351.12	1528.6 3	480.3 5	2,008.98
Vapor de sodio 150 W	279.4 5	232.88	93.15	605.4 8	1.5525	301.3 6	300.48	179.46	781.30	245.5 1	1,026.81
Vapor de sodio 100 W	224.1	186.75	74.7	485.5 5	1.245	241.6 7	240.96	143.92	626.55	196.8 8	823.43
Totales									2936.4 8	922.7 5	3,859.23

Las características de iluminación con una lámpara de aditivos metálicos e inducción aumentan el rendimiento de color y la temperatura de color, dando un realce a la arquitectura y una sensación de confort para los conductores vehiculares.

En el anexo se muestra el análisis comparativo realizado para cada una de las lámparas actuales contra la lámparas propuestas de nueva tecnología. (ver anexo).

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

8.- CONCLUSIÓN

Al utilizar tecnologías más eficientes y ahorradoras de energía en los sistemas de iluminación, se obtienen ventajas como:

- Se tiene una mejora en los niveles de iluminación, adecuados a la tareas que se van a desarrollar.
- Se obtiene mayor vida útil de las lámparas y disminución de la frecuencia de reemplazo de éstas.
- Ahorro en el mantenimiento de alumbrado.
- Se disminuye la carga en los circuitos de alumbrado, por lo tanto mejora la operación de los componentes del sistema eléctrico.
- Se tiene mayor disponibilidad de la capacidad instalada.
- Se disminuye el calentamiento eléctrico en conductores, canalizaciones, interruptores y tableros.
- Al disminuir la carga también la caída de tensión y las fallas por sobrecarga.
- Es menor el consumo de energía eléctrica y se reduce la demanda de energía eléctrica facturable.
- Se recomienda utilizar tecnologías de alta eficiencia que cuenten con sello FIDE, así como aquellos balastos que proporcionen el menor porcentaje de distorsión armónica y alto factor de potencia.
- El costo de sustitución de lámparas convencionales se justifica con el ahorro de energía eléctrica logrado en cada una de sus aplicaciones.
- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al dejar de consumir combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09


ANEXO

Comparación de incandescentes de 75 W Vs. lámparas fluorescentes compactas.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 75 W	FC 20 W	FC 20 W
Potencia nominal [W]	75	20	20
Bulbo	A55	-	E26
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,070	1,100	1,020
Eficacia mínima [lm/W]	14	55	51
Temperatura de Color [°K]	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima [hr]	1,000	6,000	15,000
Base	Fa8	E27	E26
Diámetro y longitud [mm]	108mm	117mm	152mm
Potencia del sistema [W]	75	20	20
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	73%	73%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	330	825

Comparación de incandescentes de 100 W Vs. lámparas fluorescentes compactas.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 100 W	FC 25 W	FC 23 W
Potencia nominal [W]	100	25	23
Bulbo	A55	-	-
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,340	1,520	1,400
Eficacia mínima [lm/W]	13	61	61
Temperatura de Color [°K]	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima [hr]	1,000	10,000	10,000
Base	E26	E26	E26
Diámetro y longitud [mm]	108mm	175mm	143mm
Potencia del sistema [W]	100	25	23
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	75%	77%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	750	770


	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Comparación de incandescentes spot de 150 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente Spot	Halógeno Par 38	Aditivos Metálicos Par 30
Potencia nominal [W]	150	90	35
Bulbo	PAR 38	PAR38	PAR38
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,627	1,350	1,600
Eficacia mínima [lm/W]	11	15	46
Temperatura de Color [°K]	3,000	2,900	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	100	81
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000	10,000
Base	E26	E26	E27
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 1219mm	16mm, 1163mm	152mm
Potencia del sistema [W]	150	90	35
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	40%	77%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	120	1,150

Comparación de incandescentes spot de 100 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 30
Potencia nominal [W]	100	75
Bulbo	R95	PAR30
Flujo Luminoso mínimo [lm]	790	1050
Eficacia mínima [lm/W]	8	14
Temperatura de Color [°K]		2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud [mm]	95mm, 140mm	16mm, 1163mm
Potencia del sistema [W]	100	75
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	25%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	50

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Comparación de incandescentes spot de 75 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERISTICAS	LAMPARA ACTUAL	LAMPARAS PROPUESTAS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 20
Potencia nominal [W]	75	50
Bulbo	R95	PAR20
Flujo Luminoso mínimo [lm]	790	770
Eficacia mínima [lm/W]	11	15
Temperatura de Color [°K]	+	2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud [mm]	95mm 140mm	64mm, 65.7mm
Potencia del sistema [W]	75	50
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	33%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	50

Comparación de lámparas T12 de 2X20 W Vs. Lámparas T8 y T5.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Potencia nominal [W]	20	17	14
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,100	1,300	1,350
Eficacia mínima [lm/W]	55	75	96
Temperatura de Color [°K]	2,900	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima [hr]	7,500	20,000	20,000
Base	Fa8	G13	15
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro	-	1.00	1.06
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 558mm	26mm, 610mm	16mm, 610mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X20 [W]	50	39	34
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	22%	32%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	220	320

Comparación de lámparas dicroicas Vs. Led y Spot Led.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL		SISTEMAS PROPUESTOS	
	Dicroica		Led	Spot Led
Potencia nominal [W]	50		3	3
Bulbo	MR-16		MR-16	MR-16
Flujo Luminoso mínimo [lm]	143		24	83
Eficacia mínima [lm/W]	3		9	30
Temperatura de Color [°K]	2,700		3,000	2,700
CRI mínimo	100		80	80
Vida útil mínima [hr]	2,500		20,000	20,000
Base	GU 5.3		GU 5.3	GU 5.3
Potencia del sistema [W]	50		18	6
Porcentaje de ahorro del sistema	0%		64%	88%
Ahorro de energía [kW/hr]	0		640	880

Comparación de lámparas T12 de 2X40 W Vs. lámparas T8 y T5.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL		SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12		T 8	T 5
Potencia nominal [W]	40		32	28
Bulbo	T12		T8	T5
Flujo Luminoso mínimo [lm]	3,100		2,950	2,600
Eficacia mínima [lm/W]	78		85	100
Temperatura de Color [°K]	3,000		3,000	3,000
Tipo de luz	BC		BC	BC
CRI mínimo	85		80	82
Vida útil mínima [hr]	18,000		20,000	20,000
Base	G13		G13	G5
Encendido de lámpara	ER		ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético		Electrónico	Electrónico
Factor de balastro	-		1.01	1.04
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 1219mm		26mm, 1214mm	16mm, 1214mm
Observaciones	Alto rendimiento de color		Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X40 [W]	100		63	56
Porcentaje de ahorro del sistema	0%		37%	44%
Ahorro de energía [kW/hr]	0		740	880

Comparación de lámparas T12 de 2X75 W Vs. lámparas T8 y T5.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Potencia nominal [W]	75	59	54
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo [lm]	6,150	6100	4450
Eficacia mínima [lm/W]	82	102	82
Temperatura de Color [°K]	2900	3000	3000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima [hr]	12,000	18,000	24,000
Base	Fa8	Fa8	G5
Encendido de lámpara	EI	EI	EI
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro	-	0.85	1.00
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 2438mm	26mm, 2388mm	16mm, 1156mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Luminaria y reflector
Potencia del sistema 2X75 [W]	187.5	110	108
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	41%	42%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1395	1908

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 250 W Vs. lámparas de aditivos metálicos e inducción.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal [W]	250	175	100
Flujo Luminoso mínimo [lm]	19,260	11,200	5,600
Eficacia mínima [lm/W]	62	51	80
Temperatura de Color [°K]	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	85
Vida útil mínima [hr]	24,000	15,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	250	175	100
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	30%	60%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1,125	15,000

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 400 W Vs. lámparas de aditivos metálicos e inducción.




ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal [W]	400	320	200
Flujo Luminoso mínimo [lm]	45,000	23,140	16,000
Eficacia mínima [lm/W]	90	58	80
Temperatura de Color [°K]	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	86
Vida útil mínima [hr]	24,000	20,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	400	320	200
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	20%	50%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1,600	20,000

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 150 W Vs. lámparas de inducción.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA PROPUESTO
	Vapor de Sodio	Inducción
Potencia nominal [W]	150	85
Flujo Luminoso mínimo [lm]	14400	5040
Eficacia mínima [lm/W]	107	80
Temperatura de Color [°K]	2,000	3,000
CRI mínimo	21	86
Vida útil mínima [hr]	24,000	100,000
Balastro	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	188	85
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	55%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	10,300

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 150 W Vs. lámparas de aditivos metálicos.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA PROPUESTO
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos
Potencia nominal [W]	1000	400
Flujo Luminoso mínimo [lm]	117900	24000
Eficacia mínima [lm/W]	99	48
Temperatura de Color [K]	2100	4000
CRI mínimo	21	65
Vida útil mínima [hr]	24000	20000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia
Potencia del sistema [W]	1000	400
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	60%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	12,000

- Las variables de luminotecnica para uniformidad cumplen lo estipulado por la NOM-001-SEDE-2005, en su artículo 930, para el caso de la Uniformidad y la Iluminación promedio.
- Es importante mencionar que los estudios se realizaron con lámparas y luminarias nuevas, y que los rendimientos de vida útil, coeficientes de uniformidad y los niveles de iluminación están referidos a estas características.

EL PARADIGMA DE LA MEDICION DE LUZ POR METODOS CONVENCIONALES
Ing. Alex Ramírez Rivero, Consultor
Genertek, SA de CV, Especialistas en Ahorro de Energía
México, XXVIII

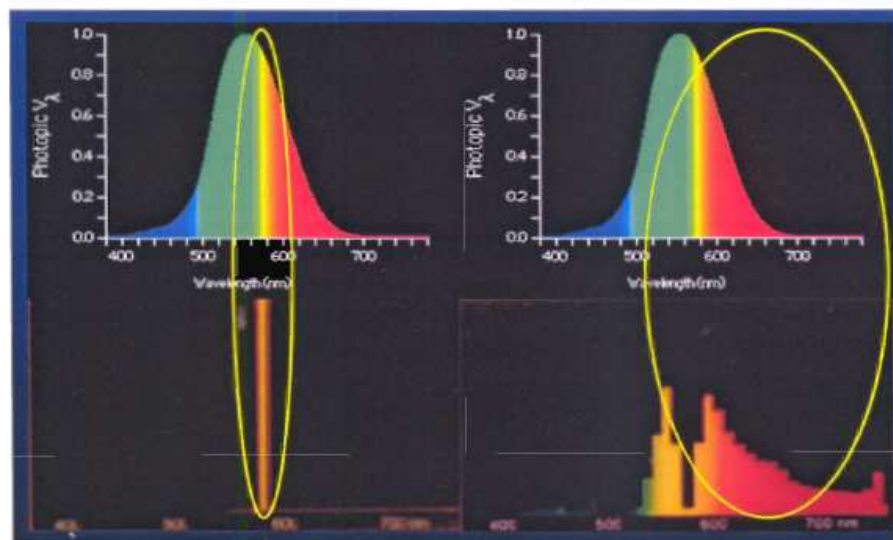
RESUMEN.

Se presenta un resumen de las curvas características del ojo humano establecidas en 1924 y las omisiones detectadas 60 años después. Se hace una breve presentación de las características de los fotorreceptores recientemente detectados que presentan cualidades extraordinarias sobre los fotorreceptores más conocidos hasta ahora. Finalmente y dada la complejidad de la medición con equipo moderno como los radiómetros se hace una propuesta para ajustar de una manera fácil y práctica los valores de iluminancia obtenidos con luxómetros convencionales, con el objetivo de pasar de los luxes convencionales a los luxes verdaderamente percibidos por el ojo humano.

INTRODUCCION.

Los estudios para la caracterización del ojo humano llevados a cabo por la CIE (Comisión Internacional de Electrotecnia) en 1924 han sido la base de la ciencia de iluminación durante más de 80 años, porque la ingeniería de iluminación gira alrededor de un elemento fundamental: el ojo humano. Se determinó en ese tiempo que el ojo humano tiene una curva de sensibilidad con una distribución gaussiana donde las "colas" corresponden al azul y al rojo, teniendo la cresta en color verde/amarillo. A cada color corresponde una frecuencia (THz) y por lo tanto una longitud de onda (nm), variables ligadas mediante una constante universal, la velocidad de la luz. El espectro visible es una pequeña zona que forma parte del espectro universal de energía con longitudes de onda que van de 380 a 760nm con un pico de sensibilidad en 555nm. En la zona de baja longitud de onda se encuentran los violetas y azules, en la zona central los verdes y amarillos y en la zona de mayor longitud de onda los naranjas y rojos.

De acuerdo con ese criterio, las lámparas que producen una croma con fuerte aportación cercana al pico de 555nm tienen por naturaleza más eficacia, ya que el ojo percibe mejor las radiaciones cercanas a esa longitud de onda (verde-amarillo) que longitudes de onda muy inferiores (violeta-azul) y muy superiores (naranja-rojo). Dicho en otras palabras, con niveles de iluminación altos el ojo es un poco ciego a los azules y rojos y muy sensible a los amarillos verdosos. A esa curva se le llamó curva fotópica (P).



Curva fotópica y croma de lámparas de vapor de sodio en baja presión (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

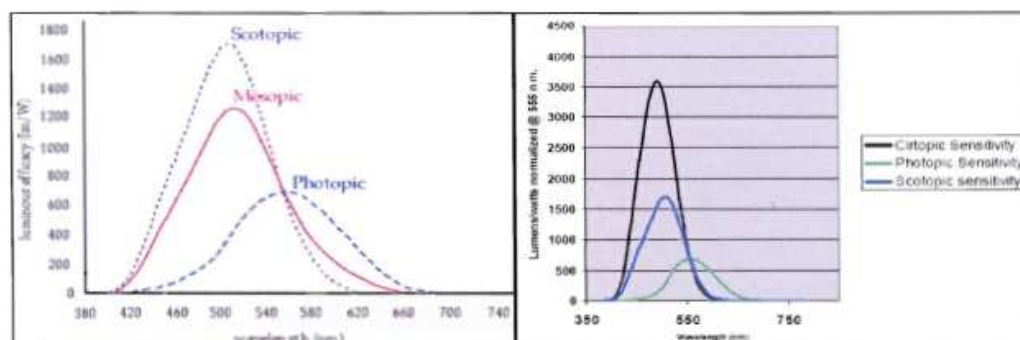
Desde aquellos años se encontró que la sensibilidad del ojo a los diferentes colores se modificaba cuando los niveles de iluminación se reducían notablemente. Se determinó entonces que el pico de sensibilidad y la curva en general se desplazaba 47 nm a la izquierda, ubicándose ahora en 508nm. A esta curva se le llamó escotópica (S). Un valor intermedio es la llamada curva mesópica (M) cuyo pico se presenta en 531nm.

Sin embargo, a finales del año 2002 se anunció que el descubrimiento de un nuevo receptor fotosensible de la retina localizado en las regiones no centrales del ojo fue uno de los 10 descubrimientos científicos más importantes del año. El nuevo pigmento foto-receptor lleva por nombre "melanopsin" y su pico de sensibilidad ocurre cerca de los 482 nm. Se encuentra dentro de una clase de grandes células retinales ubicadas fuera de la fovea central. Dichas células han recibido el nombre de "células ganglionales retinales intrínsecamente fotosensibles" (ipRGC's por sus siglas en inglés). La función principal de estas células (a pesar de ser 1000 veces menos numerosas que los conos) es que afectan directamente las regiones del cerebro responsables de funciones de la visión sin imágenes, tales como la regulación circadiana y la variación del tamaño de la pupila.

Además de la regulación circadiana, estos descubrimientos son importantes porque ofrecen una explicación a muchas observaciones encontradas en la práctica de la iluminación pero frecuentemente descartadas por falta de sustento científico. Por ejemplo, existe evidencia concluyente de que estos receptores pueden explicar la bien conocida percepción de brillo, que visto en condiciones naturales y en niveles típicos de áreas interiores, la luz más rica en tintes azules (mayor temperatura de color correlacionada ó TCC) es percibida con más brillo que la luz con menos tinte azul (menor TCC), ambas vistas bajo los mismos niveles de lúmenes. En la calibración de los luxómetros convencionales que todos usamos la respuesta de los nuevos receptores del ojo humano a la luz donde predominan los azules no han sido incluidas. Por lo tanto, en los últimos 100 años hemos estado cometiendo errores de medición al evaluar la cantidad total de luz, tanto la radiada (lúmens) como la incidente (luxes).

Para una medición completa en la región fotópica, no hay una sino dos funciones espectrales sensitivas y para la medición de iluminación interior y exterior nocturna en lugar de tradicionalmente dos, habrá una familia de tres funciones espectrales sensitivas, que se llaman fotópica, escotópica y cirtópica. Estas funciones son caracterizadas generalmente por sus picos de longitud de onda que ocurren a los 555 nm, 507 nm y 491 nm respectivamente. Cuando son tomadas en conjunto como familia fotométrica estas funciones de sensibilidad se adaptan a la definición del lúmen, dando el valor de 683 lumens por watt a 555 nm. La nueva o tercera función normalizada es llamada aquí "cirtópica" en referencia a su relevancia por la regulación del ciclo circadiano.

En la época en que los primeros estudios fueron llevados a cabo, el nuevo fotorreceptor no había sido aún descubierto. Sin embargo, se fundamentaron los datos en el tamaño de la pupila, en la percepción del brillo y en el desempeño visual. Dado que el pico de longitud de onda del espectro escotópico de 507nm es cercano al pico de longitud de onda del nuevo fotorreceptor retinal de 491nm la sensibilidad real del ojo es notablemente diferente a la tradicional.

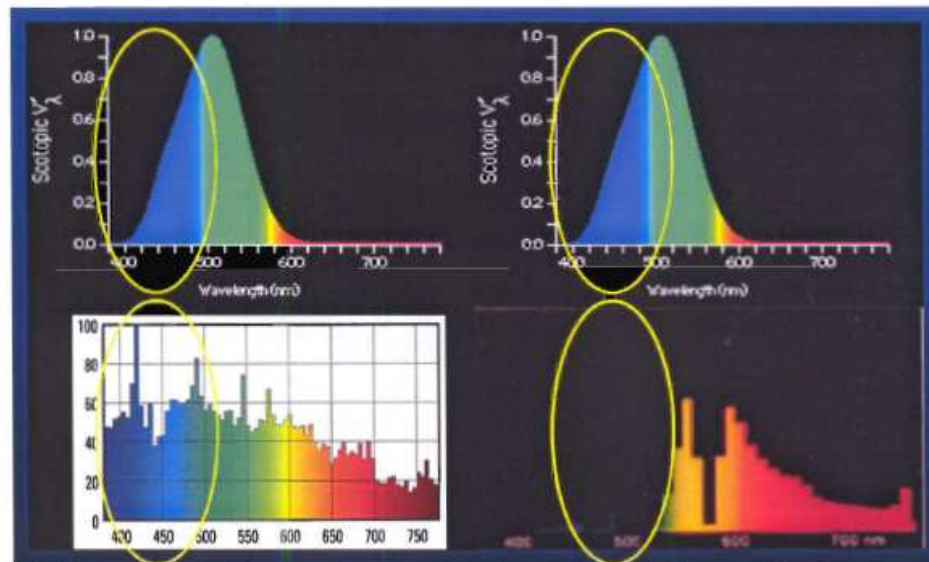


Curvas de Sensibilidad del Ojo Humano: Fotópica (P), Mesópica (M), Escotópica (S) y Cirtópica (C)

Como las sensibilidades fotópica y escotópica son diferentes, incorporar el nuevo receptor en la práctica de la iluminación se convierte en un problema cuando la aplicación de la iluminación implica la consideración de múltiples espectros. Si hay sólo un espectro a considerar, entonces la percepción de brillo y el desempeño visual seguirán las lecturas relativas de los medidores estándar. Sin embargo, cuando se comparan fuentes de diferentes espectros para la percepción del brillo espacial o agudeza de la visión, las diferencias relativas entre las contribuciones fotópica y escotópica aumentarán. Dado que los medidores estándar están basados únicamente en el criterio antiguo, depender únicamente de esos valores da un resultado inexacto. Más aún, la corrección de los errores permiten una mejora en la eficiencia energética en iluminación porque la luz azulosa contendrá una entrada relativa mayor por el nuevo receptor.

Por lo tanto, el descubrimiento de un nuevo fotorreceptor no centrado en la fovea afirma la necesidad de un nuevo conteo más exacto de cómo la luz afecta el sistema visual bajo las condiciones de visión integrales encontradas comúnmente en la práctica de la iluminación. Incorporar el nuevo conocimiento provee a esa práctica de una valiosa mejora, permitiendo la obtención de ambos beneficios; mejor eficiencia visual y mejor eficiencia energética y económica.

Por lo tanto, las curvas de sensibilidad a los colores deben ser modificados, porque en condiciones de bajos niveles de iluminación (curva escotópica) la respuesta del ojo a las diferentes cromas de las lámparas es radicalmente diferente. Dicho en otras palabras, el ojo se vuelve virtualmente ciego a los rojos e hipersensible a los azules, haciendo que las lámparas con fuerte aportación de naranjas y rojos tengan una eficacia real baja, mientras que las lámparas con fuerte aportación en azules y violetas tienen una eficacia real muy alta.



Curva escotópica y cromas de lámparas de vapor de aditivos metálicos (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

En vista de la necesidad de evaluar la luz de una manera más integral, en los últimos años los profesionales de iluminación con más experiencia en todo el mundo miden la luz con radiómetros y no con luxómetros convencionales. Un radiómetro típico mide los luxes fotópicos (P), los escotópicos (S), la relación S/P y los luxes efectivos (luxes realmente percibidos por el ojo). Las mediciones con radiómetro se ven influenciadas principalmente por 2 factores: la temperatura de color correlacionada (TCC) y el índice de rendimiento de color (CRI). En la medida en que ambos valores se incrementan, la relación S/P aumenta y con ella la cantidad de lúmens percibidos, en el futuro denominados "lúmens verdaderos" ó tlm y "luxes verdaderos" ó tLx, haciendo analogía con los valores verdaderos raíz media cuadrática ó trms (true root mean square) tan útiles y conocidos en ingeniería eléctrica.

En la tabla siguiente se presentan los valores de TCC y CRI para diferentes fuentes luminosas, así como la relación S/P. Para hacer más útil la información se propuso como referencia la lámpara de vapor de sodio baja presión (VSBP), en teoría la lámpara más eficaz pero de más bajo rendimiento de color. Su relación S/P es de 0.23 contra el máximo valor de 2.47 de la luz natural. Asumiendo ahora un valor adimensional de 1 para VSBP, todas las demás lámparas presentan valores superiores, donde el valor más alto lo alcanza nuevamente la luz natural (3.278).

Una aplicación práctica se explica con un ejemplo: si en una instalación se tuviera iluminación con lámparas fluorescentes con CRI de 75 y TCC de 4100K, el nivel de iluminación se incrementaría 26.6% (3.278/2.588) si se usaran lámparas fluorescentes con CRI de 85 y TCC de 7500K, manteniendo constantes otras variables como el color de las paredes, el tipo de balastro, el luminario, etc. Otro ejemplo sería pasar de lámparas de vapor de sodio en alta presión con 1900K y CRI de 21 a lámparas de inducción de alta calidad con 5000K y CRI de 90, donde los lúmens percibidos se incrementarían 67% (3.061/1.83), lo que se podría trasladar a un notable ahorro de energía en instalaciones de alumbrado público, como se muestra en la tabla final de sistemas de HID para alumbrado exterior.

FACTORES DE CORRECCION PARA DIFERENTES FUENTES DE LUZ											
LUMENS CONVENCIONALES A LUMENS VERDADEROS											
	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión (35w)	Sodio Alta Presión (50w)	Sodio Alta Presión (150w)	Vapor de Mercurio (Fosforado)	LED Blanco Cálido	Sodio Blanco	Incandescente Estándar	Fluorescente Blanco Frío	Aditivos Metálicos Fosforado	Halógeno
TCC	1,800	1,900	1,950	2,050	3,000	3,000	2,500	2,650	4,100	3,200	3,000
Mr	556	526	513	488	333	333	400	377	244	313	333
CRI	0	21	21	22	43	80	83	95	62	72	1
S/P	0.23	0.4	0.52	0.55	0.8	1	1.14	1.41	1.46	1.49	1.5
FC (lm ₉₀)	1,000	1,319	1,642	1,830	1,865	2,086	2,227	2,476	2,520	2,546	2,554

	Fluorescente RE741	Fluorescente RE841	Fluorescente RE850	Aditivos Metálicos Claro	Fluorescente RE765	Inducción SK	Fluorescente Luz de día	Luz Solar CIE	Lámpara de Azufre	Luz Solar con Bóveda	Fluorescente RE875
	4,100	4,100	5,000	4,200	6,500	5,000	6,300	6,200	6,400	7,000	7,500
	244	244	200	238	154	200	159	161	156	143	133
	72	82	82	65	72	90	75	95	84	99	82
	1.54	1.62	1.95	2.1	2.14	2.21	2.22	2.28	2.32	2.47	2.47
	2.588	2.654	2.920	3.022	3.051	3.061	3.107	3.149	3.176	3.278	3.278

Debe aclararse que el buen uso de la TCC permite crear ambientes idóneos para cada aplicación y necesidad. Por lo tanto, aunque la percepción de la luz blanca azulada sea mayor que la luz amarilla ó la luz rojiza, su aplicación debe ser selectiva. En un hotel 5 estrellas por ejemplo, las habitaciones, los restaurantes y los bares nunca deberían iluminarse con luz fría, aunque el nuevo criterio sí sería aplicable en ese mismo hotel para áreas como la cocina, la lavandería y los estacionamientos.

CARACTERÍSTICAS	VAPOR DE SODIO ALTA PRESSION BC		VAPOR DE SODIOS METALICOS BCC		VAPOR DE SODIOS METALICOS BCPS		INDUCCION HT		LED, BLANCO HT	
	Sim	Con	Con	Con	Con	Con	Sin	Sin	Sim	Sim
Electrodos de Arranque										
Vida nominal [Hr]	24,000	18,000			20,000		100,000		100,000	
Vida Útil [L ₉₀] [Hr]	18,000	12,000			18,000		60,000		50,000	
Depreciación de Lúmenes de Lámpara [A.dim]	0.7 a 0.8	0.4 a 0.55			0.6 a 0.7		0.85 a 0.9		0.5 a 0.7	
Rango de Eficacia [lm _w /W]	50 a 140	40 a 110			70 a 110		65 a 90		25 a 83	
Rango de Eficacia [lm/W]	28 a 80	60 a 160			110 a 190		110 a 160		40 a 140	
Velocidad de Encendido [m ₉₀]	0.5 a 2 min	2 a 5 min			1 a 3 min		Menos de 0.5 seg		Menos de 0.5 seg	
Sensación visual	Efecto de zura	A veces tóbreo			Natural		Muy natural		Natural a Muy Natural	
Percepción visible [lux]	Bajo	Bajo a Medio			Bajo a Medio		Muy bajo		Ruido	
Ruido audible	Bajo	Bajo			Bajo		Muy bajo		Muy bajo	
Balastro / Controlador	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF			Mag. ó Eln. LF		Generador HF		Controlador CD	
Puntos de falla	Medios a Altos	Medios a Altos			Medios a Altos		Bajos		Bajos	
Pérdidas balastro / controlador	De medias a bajas	De medias a bajas			De medias a bajas		Muy bajas		Muy bajas	
Velocidad de Reencendido [m ₉₀]	Menos de 1 min	6 a 15 min			2 a 6 min		Menos de 0.5 seg		Menos de 0.5 seg	
Factor de Daño	Medio	Medio a alto			Medio a alto		Muy bajo		Ruido	
Índice de Rendimiento de Color [Adim]	21	65			65 a 75		80 a 90		45 a 85	
Coefficiente de Utilización	Medio	Medio			Medio		Bajo a Alto		Medio a Muy Alto	
Garantía	2 a 3 años	2 a 3 años			1 a 3 años		3 a 5 años		1 a 3 años	
Costo inicial para potencia equivalente	Medio	Medio a Alto			Alto		Muy Alto		Sumamente Alto	
Costo de Operación	Medio	Alto			Muy Alto		Muy bajo		Muy bajo	

Características principales de los actuales sistemas de iluminación para alumbrado público