SECRETARÍA DE ENERGÍA

SENER

CONUEE

COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

GUÍA

ILUMINACIÓN EFICIENTE EN ALUMBRADO PÚBLICO

Objetivo de la guía

No es posible concebir el mundo actual sin el uso de la iluminación artificial.

Todas las actividades que llevamos a cabo requieren iluminación: en nuestra casa, cuando nos transportamos, en la oficina, en los comercios, en la industria y hasta cuando nos divertimos.

Dada la importancia que la iluminación representa en el consumo de electricidad y el avance tecnológico en la materia, los fabricantes ya ofrecen una gran variedad de sistemas de iluminación eficientes. Sin embargo, ahora nos preguntamos, al menos lo siguiente:

- ¿Cuál es el uso final?
- ¿Qué características debe tener el sistema?
- ¿Cuánto me cuesta?

Esta guía tiene por objeto proporcionarnos información de carácter genérico que nos ayude, por un lado, a plantearnos más preguntas de cosas que debemos cuidar cuando deseamos cambiar o hacer por primera vez nuestro sistema de iluminación; y por otro, a conocer cuales son las alternativas que existen.

De cualquier forma es recomendable, en cualquier caso, solicitar la colaboración de un experto. La información de este manual nos ayudará a preguntarle una serie de aspectos que seguro beneficiarán al diseño. No queramos convertirnos en expertos.

Si seguimos los consejos y sugerencias que se muestran en esta guía, ahorraremos energía y también dinero. En efecto, si consumimos menos energía el “recibo de luz” será más barato y pagaremos menos.

Contenido

1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público
2. Definiciones
3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente
4. Bibliografía
5. Anexos

1. Delineación de aspectos relativos a la iluminación en alumbrado público

El primer aspecto a considerar en el alumbrado público es que debe ser diseñada para proporcionar el nivel de iluminación requerido por el tipo de vialidad, es decir, considerando el tamaño de las calles y el flujo de tránsito. En todos los casos debe considerar las condiciones específicas de iluminación, tanto en los pasos peatonales y las banquetas.

Un segundo aspecto, paralelo y complementario al anterior, es el costo de las tarifas eléctricas. El alumbrado público es la tarifa más alta. Entonces, un buen diseño del sistema de iluminación, que tiene un costo bajo, maximiza la relación beneficio, que es la que debemos buscar.

La iluminación y el consumo de energía eléctrica están íntimamente como lo está cualquier aparato que use electricidad para funcionar, por lo tanto los tres parámetros que definen el consumo, son:

- La potencia del foco, la cual se mide en watts.
- El segundo factor determinante en el consumo de la energía, es el tiempo de uso de la iluminación.
- La tecnología del foco.

Se debe tener especial cuidado al combinar estas tres variables, debido a que en un número importante de municipios, el porcentaje de los recursos de los gobiernos es para este rubro: la iluminación.

La tecnología de iluminación está en un mundo muy cambiante. Nuevas técnicas y equipos de iluminación, así como fuentes de luz más eficientes, permiten a los diseñadores enfrentarse con los retos del dinámico mundo del confort en las oficinas, sin olvidar los costos energéticos en constante aumento.

Por lo anterior, los sistemas de iluminación tienen que ser diseñados de manera que cree un ambiente placentero y seguro en el cual llevar a cabo el trabajo diario, durante ocho horas al día.

2. Definiciones y normas

Definiciones:

Balastro. Es un dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que limita la corriente de lámparas y, cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.

Flujo luminoso. Es la cantidad de flujo de energía luminosa por unidad de tiempo, expresada en lumens.

Iluminancia o iluminación. Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área de la misma, expresada en lux (lx), (lumen/metro cuadrado).

Lámpara de alta intensidad de descarga. La lámpara de alta intensidad de descarga produce luz por una descarga eléctrica en arco mantenida en gas o vapor ionizado; algunas veces en combinación con la luminiscencia de los compuestos de fósforo excitados por la radiación generada en la descarga. Las lámparas de descarga funcionan con un dispositivo -balastro- que limita la corriente que lo atraviesa, debidamente conectado al circuito. Las lámparas de vapor de sodio en alta presión, aditivos metálicos y vapor de mercurio son de descarga de alta intensidad.

Luminario. Conjunto de elementos integrados y autocontenidos para el aprovechamiento, control y soporte de fuentes luminosas.

Luminario para alumbrado público. Dispositivo que distribuye, filtra o controla la radiación luminosa emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijar, sostener, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación.

Normas:

A continuación se indican las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que tienen relación con los sistemas de alumbrado público:

- NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (utilización)
- NOM-002-SEDE-1999 Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución
- NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas
- NOM-058-SCFI-1999 Balastros para lámparas de descarga eléctrica en gas
- NOM-064-SCFI-2000 Luminarios para uso en interiores y exteriores
- NMX-J-230-ANCE-2007 Balastros para lámparas de vapor de mercurio en alta presión y aditivos metálicos
- NMX-J-503-ANCE-2005 Balastros para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión
- NMX-J-507/1-ANCE-2005 Coeficiente de utilización de luminarios para alumbrado público de vialidades.

- NMX-J-510-ANCE-2003 Balastros de bajas pérdidas para lámparas de descarga de alta intensidad, para utilización en alumbrado público

- NMX-J-537-ANCE-2004 Balastros de impedancia lineal para lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas de vapor de sodio en baja presión

3. Características y recomendaciones para el diseño de sistemas de alumbrado público eficiente

La propuesta de sustitución de equipos en el alumbrado público se recomienda sea: vapor de sodio en alta presión y balastro de bajas pérdidas.

En otras áreas como parques, zócalos, plazas públicas, etcétera, se podrá utilizar: vapor de sodio en alta presión o aditivos metálicos con balastro de bajas perdidas en ambos casos.

Los sistemas de iluminación ineficientes instalados en el alumbrado público pueden ser sustituidos por sistemas de eficacia mayor y con flujo luminoso igual o similar al sistema actual, lo anterior garantiza que no habrá disminución en los niveles de iluminación, manteniendo así el confort de la población.

Los sistemas ineficientes, también pueden ser sustituidos por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso inferior al sistema actual, lo anterior implica una reducción de los niveles de iluminación, por lo que se debe realizar una verificación de éstos niveles, con el objeto de cumplir con los valores mínimos establecidos en el Artículo 930 de la NOM-001-SEDE-2005.

Los sistemas ineficientes, se pueden sustituir por sistemas de mayor eficacia y con flujo luminoso mayor al sistema actual, lo anterior implica un aumento en los niveles de iluminación y en la carga del sistema de alumbrado público, por lo que se debe realizar una comparación con la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) establecida en la NOM-013-ENER-2004.

Especificaciones para sistemas de iluminación para el alumbrado público

Las especificaciones, establecen los parámetros mínimos de eficiencia (características técnicas y normativas) que deberán cumplir los equipos y materiales de iluminación.

Se recomienda no instalar lámparas fluorescentes, incandescentes, luz mixta, vapor de mercurio y halógenas en el alumbrado público municipal.

Es importante señalar que los lineamientos y especificaciones indicadas aquí no tienen carácter limitativo. Si el Gobierno Municipal considera otros aspectos adicionales, podrán indicar las modificaciones y/o ajustes que se requieran.

A) Lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP)

a) Especificaciones

Las lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones.

b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 250 y 400 W
Temperatura de color	1,900 a 2,100 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	22
Vida promedio	24,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,250 lm, 50 W = 4,000 lm, 70 W = 6,300 lm, 100 W = 9,500 lm, 150 W = 16,000 lm, 250 W = 28,500 lm, 400 W = 50,000 lm

B) Balastros para lámparas de VSAP

a) Especificaciones

Los balastros para lámparas de VSAP deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz

C) Lámparas de Aditivos Metálicos (ADM)

a) Especificaciones

Las lámparas de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas aplicables, además de las siguientes especificaciones:

b) Características generales

Características	Parámetro
Potencias	35, 50, 70, 100, 150, 175, 250, 320, 350, y 400 W
Temperatura de color	3,200 a 4,000 K
Índice de rendimiento de color, mínimo	65
Vida promedio	15,000 horas
Flujo luminoso inicial	35 W = 2,400 lm, 50 W = 3,200 lm, 70 W = 5,300 lm, 100 W = 8,500 lm, 150 W = 12,500 lm, 175 W = 16,000 lm, 250 W = 23,800 lm, 320 W = 31,700 lm, 350 W = 37,000 lm, 400 W = 44,000 lm

D) Balastros para lámparas de aditivos metálicos (ADM)

a) Especificaciones

Los balastros para lámparas de ADM, deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-058-SCFI-1999 y la norma mexicana, NMX-J-510-ANCE-2003, para utilización en alumbrado público.

b) Características generales

Características	Parámetro
Garantía	3 años
Tipo	Autorregulado circuito adelantado
Factor de potencia	Alto
Voltaje	220 V
Frecuencia	60 Hz

E) Luminarios para alumbrado público

a) Especificaciones

El luminario, debe ser de cuerpo fabricado en fundición de aluminio inyectado a alta presión y cubierto con pintura poliéster en polvo aplicada por el proceso electrostático y curada al horno; de una sola puerta, el sistema óptico debe constar de un reflector facetado con acabado texturizado en la cavidad de la lámpara, fabricado de aluminio con acabado brillante que lo provea de alta eficiencia y lo proteja contra la corrosión; un portalámpara localizado en el frente del luminario, que deberá ser ajustable a diferentes posiciones y una cubierta de cristal plano, claro, termo templado, en conjunto deberá ser capaz de proporcionar curvas fotométricas del tipo III Media, con opción a II Media Cut Off y eficiencias mínimas del 69%; la hermeticidad del sistema óptico debe ser con empaques de Dacrón poliéster, que impidan el paso de partículas contaminantes y permita la disipación del calor generado por la lámpara.

El cierre del sistema óptico se debe realizar mediante un seguro tipo gatillo resistente a las vibraciones, fabricado de fundición de aluminio inyectado a presión, que permita abrir fácilmente con una sola mano durante el mantenimiento del luminario y los cambios de lámpara. La armadura del luminario deberá contar con una abrazadera de cuatro tornillos que permita el montaje del luminario a un brazo de hasta 51 mm de diámetro.

El luminario deberá ser autobalastrado, equipado para operar lámparas de vapor de sodio en alta presión, diseñado para operar a una tensión de alimentación de 220 V, 60 hz; el balastro. Deberá incluir base para fotocelda y fotocelda.

Deberá estar provisto de una terminal o equivalente para su conexión a tierra, identificada con el color verde o el símbolo de conexión a tierra, también deberá tener una etiqueta que permita desde el piso identificar su potencia.

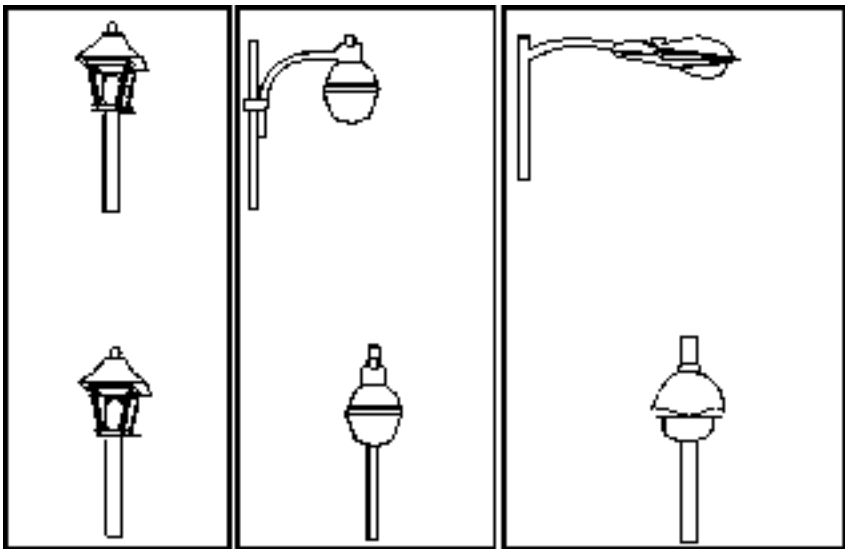
El mantenimiento del luminario no deberá requerir de herramienta especializada.

Los luminarios para lámparas de VSAP y de ADM deben cumplir con lo establecido en las normas oficiales mexicanas NOM-064-SCFI-2000 y NMX-J-507/1-ANCE-2005.

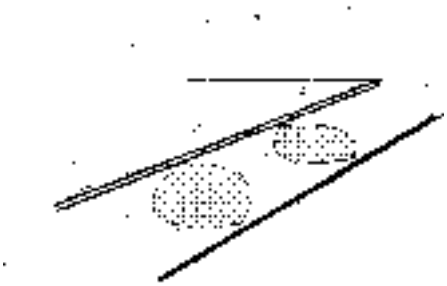
Recomendaciones

<u>Uso adecuado de luminarios</u>

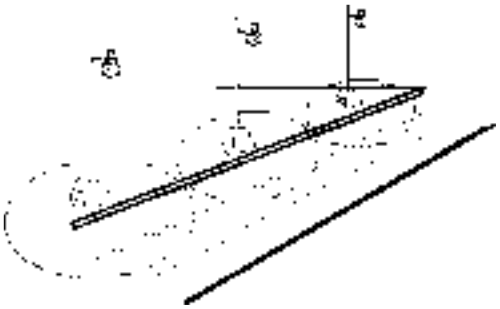
En el mercado existe una amplia variedad de luminarios, cuya eficiencia varía notablemente. Para identificar los de mayor eficiencia es necesario evaluar el nivel de iluminación y la forma de distribuir la luz; ésta también tiene relación con la altura de montaje y con la separación entre postes.



El luminario aloja los elementos activos del sistema como los controles, el balastro y la lámpara; puede iluminar con curva alargada longitudinalmente o curva circular según se utilice para vialidades o para tramos especiales de las mismas o en áreas abiertas.



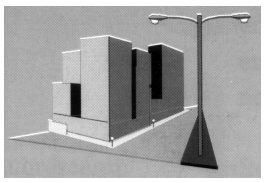
Curva alargada longitudinalmente

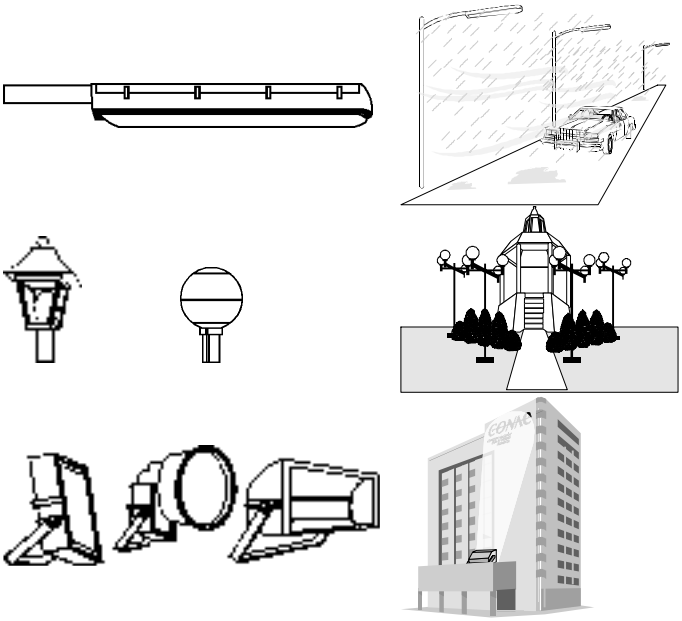


Curva Circular

La selección de uno u otro, así como el espaciamiento, altura y número de hileras, y el tipo de acabado de la superficie reflejante receptora de la luz, depende del criterio de diseño del sistema. Como se puede observar, hay que tomar en cuenta diferentes aspectos para alcanzar la calidad total del servicio.

Los tipos de luminarios que se ilustran a continuación son los más usuales en alumbrado de vialidades y exteriores. El uso eficiente se alcanza cuando se ubican en los espacios y lugares adecuados.

Luminario		**Lugar o espacio**
		Vialidades vehiculares



Autopistas, puertos, zonas abiertas de terminales, zonas con neblina, etcétera

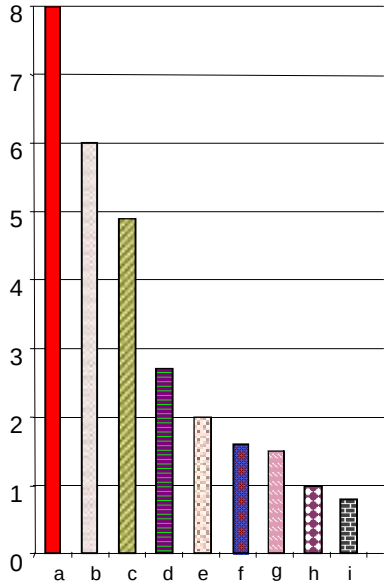
Plazas, parques y jardines

Iluminación decorativa de edificios, monumentos y fuentes.

Tabla Características de uso y eficiencia de los sistemas de iluminación

Característica	**Vapor de Sodio Alta Presión**	**Aditivos Metálicos**	**Inducción Magnética**	**LED de alta potencia**	**LED radial**
Vida útil (horas)	24,000	10,000 a 15,000	100,000	50,000 a 100,000	50,000 a 100,000
Eficacia (lm/W)	45 - 150	75 – 125	66 - 88	80 - 100	40 - 80
Mantenimiento de Lúmenes	Bueno	Pobre a regular	Regular	Bueno	Muy pobre
Índice de Rendimiento de Color	22	65	80	70 - 90	65 - 90
Temperatura de color (K)	1900 - 2200	2500 – 5000	3500 - 4100	2700 - 5700	2700 - 5700
Calor a disipar	37%	37%	42%	75% - 85%	----
Costo inicial	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Costo de operación	Bajo	Bajo a regular	Bajo	Bajo	Bajo
Encendido (min)	3 -5	5 -7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo
Reencendido (min)	1	5 – 7	Instantáneo	Instantáneo	Instantáneo

Gráfica Índice del costo de operación unitario para un mismo nivel de iluminación



Tipo

a) Incandescente
b) Halógena
c) Luz mixta
d) Vapor de mercurio
e) Led
f) Fluorescente
g) Aditivos metálicos
h) Vapor de sodio en alta presión
i) Vapor de sodio en baja presión
(No recomendable por requerimientos de adquisición, operación y mantenimiento)

En la gráfica se muestra la gran diferencia de costos por tiempo de funcionamiento y por tipo de lámpara encendida, para mantener un mismo nivel de iluminación. La referencia es la lámpara de vapor de sodio en alta presión. Por ejemplo, si en una calle la instalación cuenta con lámparas incandescentes, su costo será aproximadamente 8 veces superior al de un equipo que contara con lámparas de vapor de sodio en alta presión y con niveles de iluminación similares.

La eficiencia lumínica puede definirse como la capacidad de una lámpara para transformar energía eléctrica en luz.

Como es posible apreciar, el costo unitario por un mismo nivel de iluminación se reduce considerablemente cuando se hace una selección adecuada de la lámpara.
Después de esta sencilla revisión de luminarios y lámparas existentes en el mercado, es posible tener una visión más clara de la forma de aplicar las soluciones para resolver los problemas, elevar la eficiencia y disminuir los niveles de consumo.

Tabla Sustitución de lámparas convencionales por lámparas de VSAP

Lámpara	Flujo Luminoso (lm)	Sustitución	Flujo Luminoso (lm)
Incandescente de 60 W	820	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 75 W	1070	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Incandescente de 100 W	1560	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Incandescente de 150 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 200 W	3200	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 300 W	5505	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Incandescente de 500 W	9675	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Reflector uso interior de 50 W	525	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 75 W	1030	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector uso interior de 100 W	1200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Reflector uso interior de 150 W	1860	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Reflector exterior de 75 W	940	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Reflector exterior de 150 W	1500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 300 W	6000	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Halógena (yodo-cuarzo) de 500 W	10950	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Halógena (yodo-cuarzo) de 1000 W	21000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Halógena (yodo-cuarzo) de 1500 W	33000	Vapor de sodio en alta presión de 400 W	50000
Halógena reflectora de 45 W	510	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Halógena reflectora de 90 W	1260	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Vapor de mercurio de 100 W	4500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 125 W	6300	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Vapor de mercurio de 175 W	8500	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Vapor de mercurio de 250 W	13000	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Vapor de mercurio de 400 W	23000	Vapor de sodio en alta presión de 250 W	28000
Luz mixta de 160 W	2900	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 250 W	5500	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Luz mixta de 500 W	14750	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000
Fluorescente de 39 W	2550	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 40 W	2600	Vapor de sodio en alta presión de 35 W	2250
Fluorescente de 55 W	3800	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 60 W	5200	Vapor de sodio en alta presión de 50 W	4000
Fluorescente de 75 W	5250	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 85 W	5600	Vapor de sodio en alta presión de 70 W	6300
Fluorescente de 110 W	7800	Vapor de sodio en alta presión de 100 W	9500
Fluorescente de 215 W	14800	Vapor de sodio en alta presión de 150 W	16000

4. Bibliografía

El ahorro de energía en sistemas de iluminación en interiores; Guillermo González M. Boletín IIE; 2008.

Recomendaciones de Eficiencia Energética para Estados y Municipios; Conuee; 2010.

5. Anexo

NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo; Secretaría del Trabajo y Previsión Social; diciembre de 2008.

Guía Informativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008