



Análisis de las condiciones de iluminación en las aulas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato, de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014

Luis Elías Chávez Valencia, César Leonardo Ruiz Jaime y Elia Mercedes Alonso Guzmán

Para citar este artículo: [Chávez Valencia Luis Elías, Ruiz Jaime César Leonardo, Alonso Guzmán Elia Mercedes. 2021. Análisis de las condiciones de iluminación en las aulas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato, de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014. Ciencia Nicolaita, número 82, 119-136. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi82.548>](#)

Ver material suplementario

Publicado en línea el 30 de septiembre de 2021

Envíe su artículo a esta revista: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>

Análisis de las condiciones de iluminación en las aulas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato, de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014

Luis Elías Chávez Valencia^{1*}, César Leonardo Ruiz Jaime¹ y Elia Mercedes Alonso Guzmán²

¹ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido: 6 de marzo de 2021

Aceptado: 21 de junio de 2021

RESUMEN

Desde tiempos remotos el ser humano ha empleado diversas formas de iluminar los espacios que habitaba, inicialmente para protegerse y en la actualidad para continuar realizando actividades propias del día. Sin embargo, la iluminación en las casas-habitación y edificios públicos, entre ellos las escuelas, no presenta los niveles adecuados, lo que puede generar consecuencias sobre la salud de los usuarios para niveles bajos o una baja eficiencia energética para niveles altos, por lo que en esta investigación se analizó la iluminación en los salones disciplinares del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Guanajuato y se comparó con los niveles establecidos en las normas mexicanas NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014. De los resultados se concluyó que la iluminación natural resulta insuficiente para realizar actividades de lectura y redacción, situación que es solventada con el encendido de la luz artificial, que, aunque para las aulas analizadas es energéticamente eficiente, la producción de la energía eléctrica conlleva un impacto ambiental.

PALABRAS CLAVE: fotometría, niveles de iluminación, eficiencia energética y normas mexicanas.

ABSTRACT

Since ancient times humans have used various ways of illuminating the spaces inhabited, initially to protect themselves and now to continue with activities related with the day. However, the lighting in-room houses and public buildings including schools do not have the appropriate levels, low levels can lead to health consequences for users or high levels leads to low energy efficiency, so that this study analyzed the lighting in the classrooms of Civil Engineering Department of the University of Guanajuato and compared it with the levels set in the Mexican standards. From the results, it was concluded that natural lighting is insufficient for reading and writing activities, a situation that is solved with artificial light, although the classrooms analyzed are energy efficient the production of electricity involves an environmental impact.

KEYWORDS: photometry, lighting levels, energy efficiency and mexican standards.

Introducción

En la prehistoria, la iluminación que empleaba el hombre fue la proporcionada por la luz del sol y por la biomasa. Durante el día los niveles de iluminación le permitían realizar la mayoría de las actividades relacionadas con su alimentación y en la noche mediante fogatas lograban tener una mejor protección y supervivencia ante amenazas. Desde la antigüedad, el hombre como especie empezó a iluminar los espacios que habitaba durante las noches, logrando perfeccionar los sistemas de alumbrado de acuerdo con los progresos tecnológicos y con los cánones estéticos de las distintas épocas. Las primeras formas de iluminación móviles fueron las antorchas, después las velas y posteriormente las vasijas con algunos combustibles que eran capaces de producir llamas (Gil, 2009). Es hasta después de 1879, cuando Tomas Alva Edison patentó la bombilla y la humanidad logró que la iluminación artificial fuera más aplicable en los hogares, sin embargo, no es hasta 1950 cuando nace la luminotecnia, como una rama de la electricidad que se encarga de la iluminación artificial para fines específicos y es hasta entonces que la iluminación cobra la importancia que ahora ostenta.

Fotometría

Las radiaciones electromagnéticas se pueden identificar por su frecuencia o su longitud de onda, ya que están relacionadas entre sí, debido a que dichas radiaciones se desplazan a una misma velocidad de aproximadamente 300,000 km/s en el vacío. El espectro electromagnético incluye desde energías desde 10^{-14} a 10^8 metros de longitud de onda, sin embargo, la luz visible se encuentra alrededor de 10^{-7} y específicamente de

400 a 700 nanómetros (nm). No obstante que la luz visible es energía, ésta no tiene unidades de medida internacionales como debería de ser joules (J), lo anterior debido a que no toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, es decir, no toda luz producida cumple con la definición de la Sociedad Americana de Óptica (OSA, por sus siglas en inglés). Por los motivos anteriores en los últimos años se ha llegado a la convención de emplear diversas unidades para la medida de las sensaciones producidas por la luz en la retina del ojo humano. Estas unidades están reunidas en la rama de la física llamada fotometría (Ganslandt, 2010).

Unidades de fotometría

En el ojo humano existen dos células fotosensibles, los conos y los bastones, nombrados así por su forma y apariencia. Los conos son las células que permiten al ser humano ver durante el día, también conocida como visión fototópica, permite tener una visión nítida, colorida y de alto contraste, para lo cual se requieren altos niveles de iluminación (Burns, 1999). En cambio, los bastones son las células que permiten a los humanos ver durante la noche, conocida como visión escotópica, permite una visión de bajo contraste, en escala de grises y borrosa. La zona intermedia entre estas visiones se conoce como visión mesióptica. Sin embargo, el ojo humano no tiene la misma sensibilidad para todas las radiaciones del espectro visible, es decir la visión fototópica se da a los 555 nm y la escotópica a 480 nm, o sea, presenta un desplazamiento hacia longitudes de onda más corta, a este corrimiento se conoce como efecto Purkinje (Rea, 2007). Las unidades de fotometría más comunes son el flujo luminoso, eficiencia luminosa e iluminancia. A continuación, se describen.

Flujo luminoso. Es la cantidad de energía radiante luminosa emitida por una fuente de luz en la unidad de tiempo (s), entonces es por definición una potencia luminosa y su unidad es el lumen (lm) (Harper, 2006). El equivalente mecánico es un watt (W) de potencia luminosa a 555 nm es 683 lm, para un factor de sensibilidad igual a la unidad, sin embargo, la sensibilidad para el resto de las frecuencias es menor (ver Figura 1). La sensación luminosa que puede percibir el ojo humano es proporcional a la energía

radiante en cada frecuencia por la sensibilidad relativa correspondiente a dicha frecuencia. Por ejemplo, para una lámpara de vapor de sodio a baja presión produce la radiación monocromática características en 589 y 589.6 nm que de acuerdo con la Figura 1, la sensibilidad del ojo humano es de 0.75, es decir que los humanos sólo perciben el 75 por ciento de la luz producida por la lámpara, por lo cual su rendimiento luminoso es bajo.

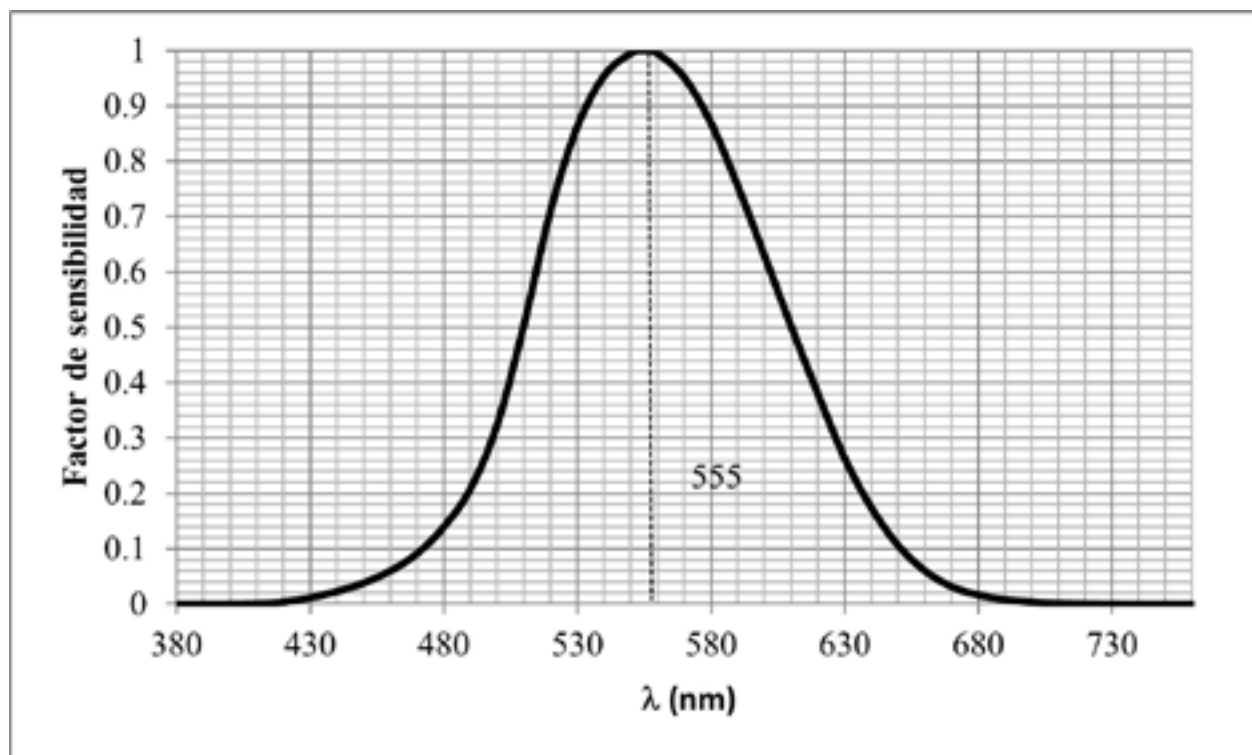


FIGURA 1. Curva de sensibilidad del ojo humano. Elaboración propia con datos de (Leon, 2007)

Eficiencia o rendimiento luminoso. Es el cociente del flujo luminoso emitido por la fuente luminosa y el flujo que emitiría si toda su potencia estuviera en 555 nm, sin embargo, en la práctica es difícil determinar el flujo luminoso, por lo cual se emplea el equivalente mecánico citado anteriormente o se determina como la división entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica consumida por dicha fuente.

Iluminancia o niveles de iluminación. La iluminancia es la recepción de luz o energía radiante luminosa por el ojo humano, pero esta energía no necesariamente puede provenir de una fuente luminosa, sino que también puede ser la reflejada por una superficie, por lo anterior la unidad de medida de los niveles de iluminación es lumen/m² y en términos prácticos y por convención a esta relación se le conoce como luxes siendo su símbolo el lux.

Otras unidades En la actualidad existen otras unidades de fotometría tales como: intensidad luminosa con unidades de candela (Cd), luminancia con unidades de candelas por unidad de área (Cd/m^2). Sin embargo, en la determinación de los niveles de iluminación de los espacios habitacionales y de los laborales, la norma mexicana NOM-025-STPS-2008 (STPS, 2021), establece el procedimiento y los límites de los niveles de iluminación con unidades de lux.

Normas mexicanas

La Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, *condiciones de iluminación en los centros de trabajo*, tiene como objetivo establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, para que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar las actividades, así mismo, obliga al patrón a informar al trabajador sobre los riesgos del exceso o deficiencia en los niveles de iluminación, dar mantenimiento al sistema de iluminación e instalar iluminación eléctrica de emergencia. Esta misma norma establece la definición de los espacios, los conceptos y las autoridades involucradas en el cumplimiento, a saber:

- a) *Área de trabajo*: es el lugar del centro de trabajo, donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.
- b) *Autoridad laboral*: las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- c) *Brillo*: es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la misma.

- d) *Deslumbramiento*: es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual.
- e) *Iluminación o iluminancia*: es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en lux.
- f) *Iluminación complementaria*: es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada.
- g) *Iluminación localizada*: es un alumbrado diseñado para proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo.
- h) *Luminaria; luminario*: equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.
- i) *Luxómetro*: es un instrumento para la medición del nivel de iluminación.
- j) *Nivel de iluminación*: cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en lux.
- k) *plano de trabajo*: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.
- l) *Reflexión*: es la luz reflejada por la superficie de un cuerpo.
- m) *Sistema de iluminación*: es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.
- n) *Tarea visual*: actividad que debe desarrollarse con determinado nivel de iluminación.

La norma oficial mexicana NOM-007-ENER-2014 (ENER, 2021), *eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*, tiene como objetivo establecer los niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para el Alum-

brado (DPEA) con que deben de cumplir los sistemas de alumbrado para uso general en edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de los recursos energéticos y ecológicos de la nación. Así mismo, esta norma puede ser aplicada en oficinas, escuelas, comercios, hospitales, hoteles, restaurantes, bodegas, recreación, cultura, talleres y central de pasajeros. Esta misma norma establece la definición de los espacios y los conceptos, a saber:

- a) *Alumbrado general interior*. La iluminación que se localiza en los espacios interiores de un edificio, destinada a iluminar uniformemente las diferentes áreas dentro del mismo.
- b) *Ampliación*. Cualquier cambio en el edificio que incremente la superficie construida y/o área alumbrada.
- c) *Área cubierta*. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que tiene envolvente estructural al menos en su cara superior (techo) y no forzosamente debe tener envolvente estructural en las caras laterales (paredes).
- d) *Área abierta*. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que carece de envolvente estructural alguna.
- e) *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.
- f) *Carga total conectada para alumbrado*. Es la suma de la potencia en watts, de todos los luminarios y sistema de iluminación permanentemente instalados dentro de un edificio, para la iluminación general, de acento, localizada, decorativa, etc., incluyendo la potencia del balastro.

g) *Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA)*. Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción: se expresa en W/m^2 .

h) *Eficiencia energética*. Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin menoscabo del confort psicofisiológico de sus ocupantes.

i) *Iluminación de acento*. Iluminación dirigible para enfatizar un objeto en particular o alguna característica de una superficie o para llamar la atención hacia alguna porción de campo visual.

j) *Iluminación decorativa*. La que proporciona un nivel y/o color diferente al de la iluminación general, con propósitos de embellecimiento de algún local o superficie.

k) *Iluminación localizada*. Iluminación dirigida hacia un área o superficie específica que proporciona iluminación suficiente para la ejecución de la actividad.

l) *Luminario*. Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

m) *Sistema de alumbrado*. Conjunto de equipos, aparatos, accesorios que ordenadamente relacionados entre sí, contribuyen a suministrar iluminación a una superficie o espacio.

De acuerdo con los datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés), el 17% de la energía eléctrica consumida en la casa-habitación y hasta el 30% en edificios públicos es empleada en iluminación (Fernández, 1992). Por lo anterior, es muy importante estudiar los niveles de iluminación conservando el confort necesario para la actividad en cuestión, así como su eficiencia energética, que es el objetivo de esta investigación.

Materiales y métodos

En el desarrollo de esta investigación se empleó un medidor digital de luminosidad (luxómetro) marca Steren modelo HER-401, el cual emplea

un fotodiodo y cuenta con filtro para corrección de color y factor cosenoidal bajo la norma de la comisión internacional de iluminación (CIE, por sus siglas en inglés), ver [Figura 2](#).



FIGURA 2. Luxómetro Steren HER-401

La metodología empleada en la determinación de los niveles de iluminación y eficiencia energética es la descrita en la norma NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014, respectivamente. La determinación de los niveles de iluminación se realizó en el siguiente orden:

1. Reconocimiento. Se realizó una visita en el lugar de trabajo, los salones disciplinares del Departamento de Ingeniería Civil en la Sede Belén, en éstos se identificaron las áreas y puestos de trabajo con deficiencia en los niveles de iluminación y/o deslumbramiento.

2. Identificación. A partir de la visita se determinaron las áreas de trabajo prioritarias de evaluación localizando los puestos de trabajo, luminarias, maquinaria y equipo en un plano de distribución, así mismo se describieron los puestos y procesos de trabajo y el número de trabajadores y los puntos de medición.

3. Zonas de medición de niveles de ilumi-

nación. Las áreas de trabajo seleccionadas se dividieron en zona de medición donde se localizaron los puntos de medición de acuerdo con el centro geométrico de la zona a evaluar. El número mínimo de las zonas a evaluar se muestra en la [Tabla 1](#) y está en función de dos factores: el índice de área (IC) y el traslape de los puntos de medición y los puntos focales de las luminarias (Fila B) y cuando no hay coincidencia entre éstos (Fila A). El índice de área se determinó con la ecuación 1.

$$IC = \frac{xy}{h(x+y)} \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

IC es el índice de área.

x, y son las dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h es la altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

Tabla 1. Relación entre el índice de área y el número de zonas de medición

Índice de área (IC)	<1	1 a 2	2 a 3	> 3
	Número de zonas de medición			
Fila A	4	9	16	25
Fila B	6	12	20	30

4. Determinación de los niveles de iluminación. Se evaluaron los niveles de iluminación en cada una de las zonas y cada puesto de trabajo colocando el luxómetro sobre el plano de trabajo y evitando causar interferencias con las lecturas mediante la proyección de reflejos o sombras.

5. Factor de reflexión. Se determinó el factor de reflexión de las superficies en áreas y puesto de trabajo seleccionados para la determinación de los niveles de iluminación, paso 3 de esta secuela, para lo cual se efectuó una primera medición (E1) con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie a una distancia de 10 ± 2 centímetros a lectura constante, así mismo se realizó una segunda lectura (E2) con la fotocelda colocada sobre la superficie para medir la luz incidente. Finalmente, se determinó el factor de reflexión con la ecuación 2.

$$K_f = 100 \frac{E_1}{E_2} \quad (\text{ecuación 2})$$

Para determinar la eficiencia energética se desarrolló el siguiente procedimiento:

1. La densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) se calculó a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo con la ecuación 3.

$$DPEA = \frac{CTCA}{ATI} \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde:

DPEA es la densidad de potencia eléctrica para alumbrado en W/m^2 ,

CTCA es la carga total conectada para alumbrado, en W.

ATI es el área total iluminada, en m^2 .

2. Se determinó la DPEA a los espacios del edificio de la Sede Belén correspondiente a los salones donde se imparten clases disciplinares del programa de estudios de Ingeniería Civil, siendo estas aulas las 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309 y aula Zamarripa.

Resultados y discusión

En la [Figura 3](#) se muestra la ubicación de los salones en estudio de acuerdo con el edificio de la sede Belén de la Universidad de Guanajuato, ubicado en Avenida Juárez, en el Centro de la ciudad de Guanajuato, Guanajuato, México.

En las [Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11](#) se muestran los planos de los salones 301, 302, 303 al 305, 306, 307, 308, 309 y Zamarripa, respectivamente. Así mismo se puede observar la ubicación de los planos de trabajo (mesas), las lámparas y los puntos de medición en las áreas empleadas para determinar los niveles de iluminación, factor de reflexión y DPEA.

En la [Tabla 2](#) se muestran las zonas a evaluar de los salones en estudio de acuerdo con el IC y con la [Tabla 1](#), las cuales pueden ser 9 ó 16 de acuerdo con la columna A, sin embargo para este estudio, debido a que las lámparas o luminarias empleadas en estas aulas son fluorescentes tubulares de vapor de mercurio a baja presión y las curvas isolux del fabricante (GE) muestran que existe un traslape de nivel de iluminación de 300 luxes para áreas mayores que las consideradas como áreas de las zona a evaluar, por lo anterior se consideró que todos los puestos de trabajo coincidían con los puntos focales de las lámparas, por lo cual se tomó la columna B.

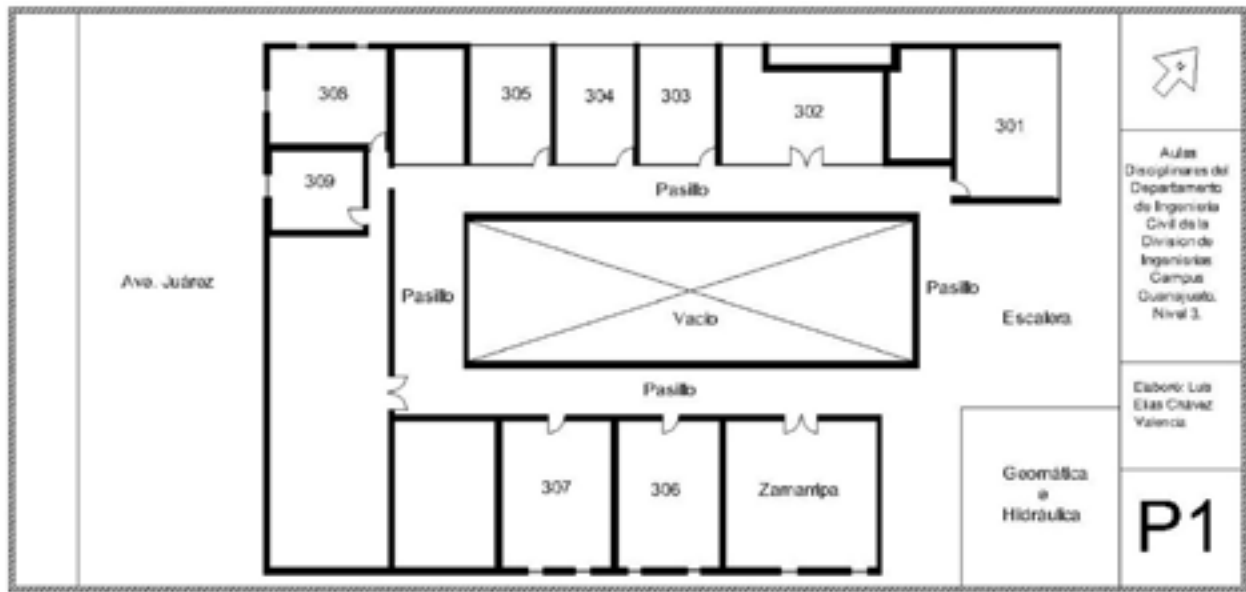


FIGURA 3. Ubicación de los salones de estudio.

Tabla 2. Zonas para evaluar de los salones

Salón	h (m)	x (m)	y (m)	IC	Zonas para evaluar	Área de la zona (m ²)
301	2.11	7.9	6.9	1.75	12	4.5
302	2.11	7.45	7.5	1.77	12	4.6
303	2.11	5.9	8.7	1.66	12	4.3
304	2.11	5.9	8.7	1.66	12	4.3
305	2.11	5.9	8.7	1.66	12	4.3
306	2.11	11.3	6.4	1.94	12	6.0
307	2.11	11.3	5.7	1.79	12	5.4
308	2.11	8.0	5.9	1.60	12	3.9
309	2.11	6.6	6.45	1.54	12	3.5
Zamarripa	2.11	11.4	10.8	2.6	20	6.1

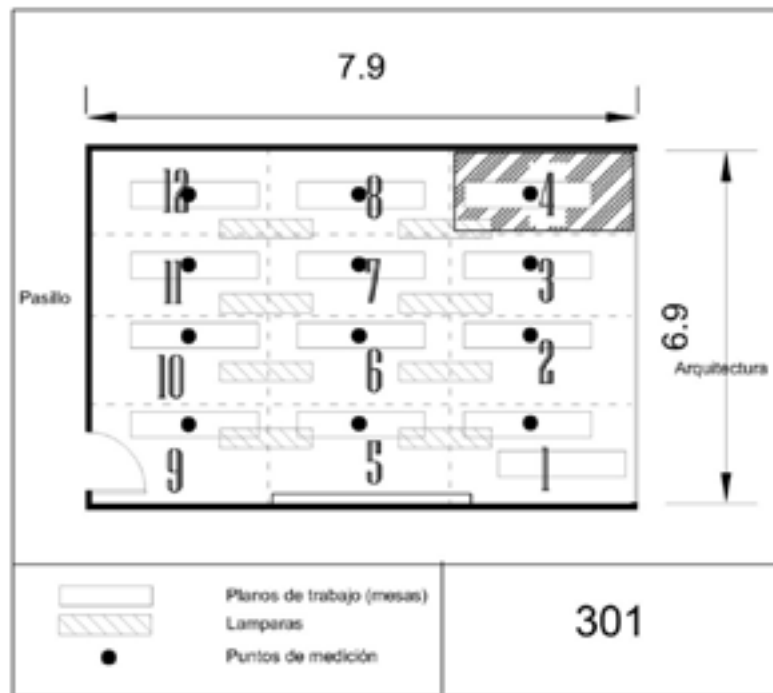


FIGURA 4. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 301.

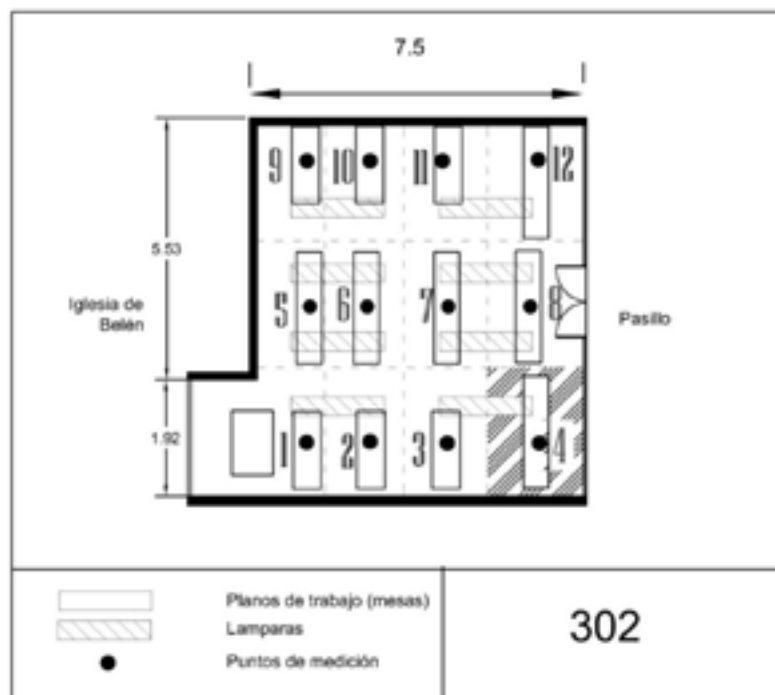


FIGURA 5. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 302.

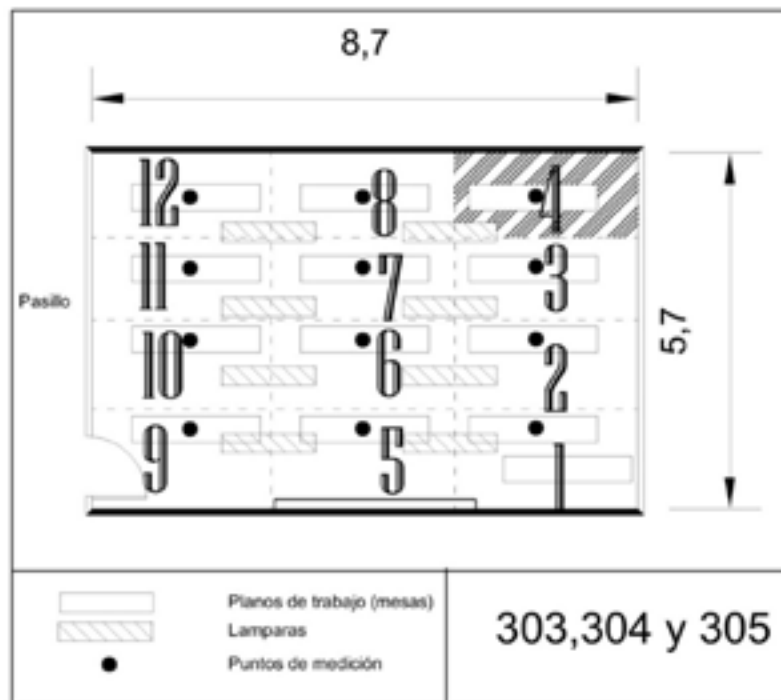


FIGURA 6. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición de las aulas 303, 304 y 305.

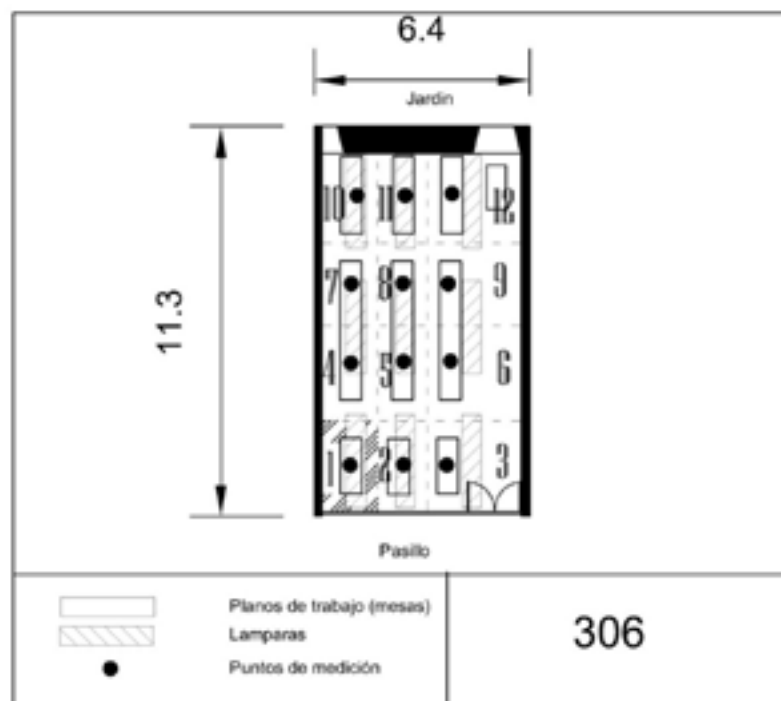


FIGURA 7. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 306.

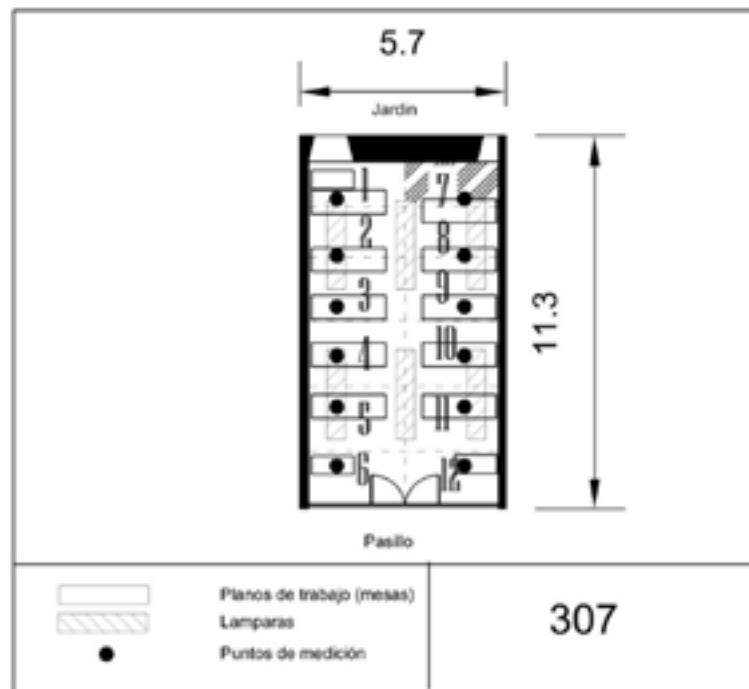


FIGURA 8. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 307.

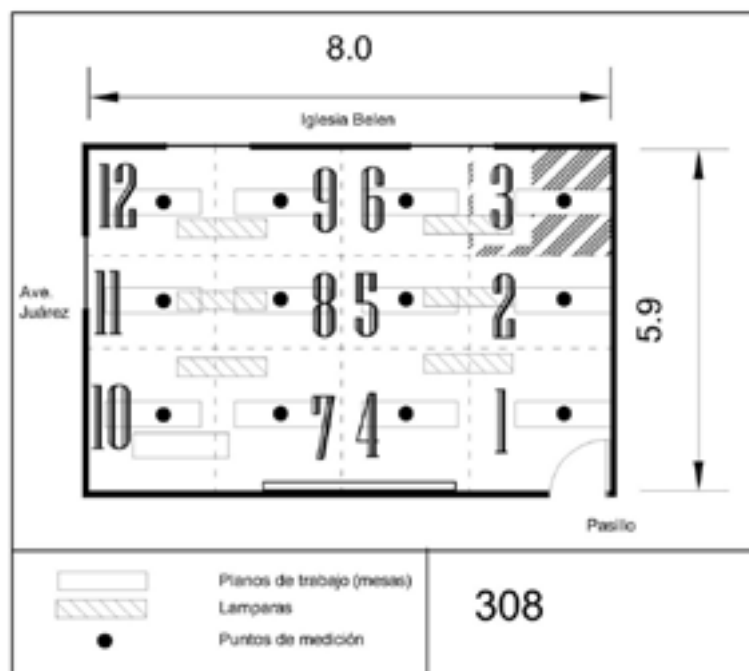


FIGURA 9. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 308.

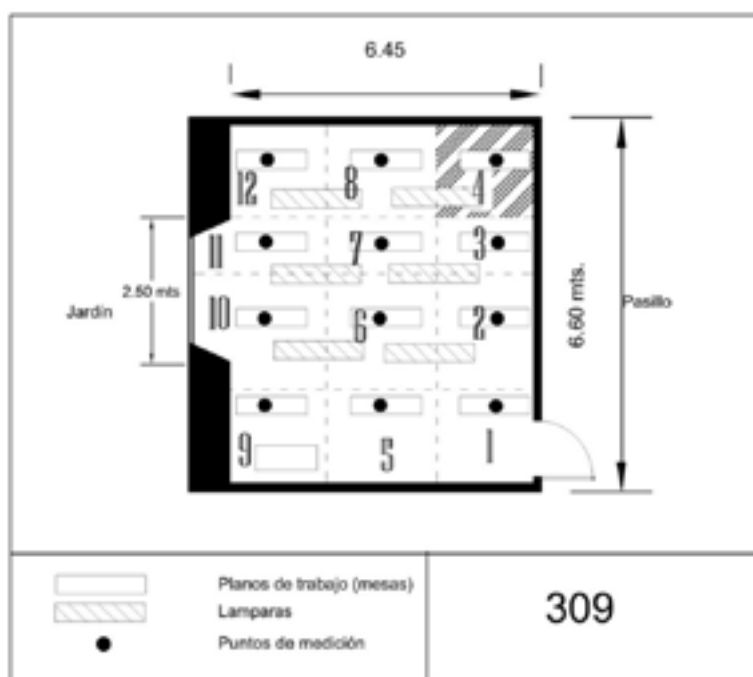


FIGURA 10. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula 309.



FIGURA 11. Localización de los planos de trabajo, lámparas y punto de medición del aula Zamarripa.

De la [Tabla 3](#) a la [7](#) se muestran los resultados de la evaluación de los niveles de iluminación y los factores de reflexión para las aulas en estudio, las lecturas de dichos niveles fueron realizados a las 14:00 horas para dos condicio-

nes, luz natural y con luz natural y artificial, en ambos casos con las ventanas abiertas. Así mismo, en la [Tabla 8](#) se muestran los resultados del cálculo del DPEA.

Tabla 3. Resultados de los niveles de iluminación para el salón 301 y 302

Punto de medición	301						302					
	Luz natural			Luz natural y artificial			Luz natural			Luz natural y artificial		
	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)
1	375	2120	17.7	437	1542	28.3	75	230	32.6	132	500	26.4
2	434	2330	18.7	330	1606	20.5	59	170	34.7	78	530	14.7
3	380	1920	19.8	371	1807	20.5	48	129	37.2	143	451	31.7
4	545	3120	17.5	255	1438	17.7	39	149	26.2	108	520	20.8
5	62	236	26.3	142	639	22.2	25	72	34.7	118	407	29.0
6	66	263	25.1	131	734	17.8	23	68	33.8	125	669	18.7
7	50	200	25.0	144	681	21.1	37	64	57.8	171	612	27.9
8	48	228	21.1	108	584	18.5	14	71	19.7	75	675	11.1
9	30	148	20.2	85	381	22.3	12	41	29.3	69	260	26.5
10	30	100	30.0	71	384	18.5	14	37	37.8	146	462	31.6
11	28	114	24.6	84	365	23.0	14	43	32.6	156	504	31.0
12	30	129	23.3	122	372	32.8	12	40	30.0	109	479	22.8

Tabla 4. Resultados de los niveles de iluminación para el salón 303 y 304

Punto de medición	303						304					
	Luz natural			Luz natural y artificial			Luz natural			Luz natural y artificial		
	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)
1	116	551	21.1	108	881	12.3	110	317	34.7	127	702	18.1
2	114	635	18.0	134	897	14.9	97	604	16.1	116	769	15.1
3	101	615	16.4	155	930	16.7	134	501	26.7	193	733	26.3
4	123	443	27.8	101	655	15.4	116	461	25.2	88	607	14.5
5	33	185	17.8	78	575	13.6	47	226	20.8	59	388	15.2
6	33	173	19.1	93	748	12.4	40	222	18.0	61	425	14.4
7	44	171	25.7	116	726	16.0	43	212	20.3	83	459	18.1
8	31	154	20.1	75	480	15.6	40	209	19.1	74	398	18.6
9	28	148	18.9	49	561	8.7	92	411	22.4	111	471	23.6
10	13	89	14.6	60	596	10.1	98	398	24.6	83	578	14.4
11	17	87	19.5	75	561	13.4	66	379	17.4	73	581	12.6
12	24	104	23.1	63	394	16.0	47	303	15.5	76	498	15.3

Tabla 5. Resultados de los niveles de iluminación para el salón 305 y 306

Punto de medición	305						306					
	Luz natural			Luz natural y artificial			Luz natural			Luz natural y artificial		
	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)
1	75	449	16.7	113	624	18.1	80	420	19.0	99	599	16.5
2	96	506	19.0	128	770	16.6	78	398	19.6	89	491	18.1
3	65	370	17.6	90	726	12.4	36	149	24.2	61	298	20.5
4	61	422	14.5	67	590	11.4	92	460	20.0	121	688	17.6
5	20	136	14.7	52	487	10.7	63	460	13.7	117	653	17.9
6	28	126	22.2	69	480	14.4	50	228	21.9	93	452	20.6
7	23	130	17.7	68	456	14.9	30	165	18.2	65	512	12.7
8	38	121	31.4	48	414	11.6	108	356	30.3	108	511	21.1
9	15	70	21.4	36	350	10.3	77	144	53.5	71	355	20.0
10	16	74	21.6	54	319	16.9	102	513	19.9	114	623	18.3
11	13	77	16.9	35	342	10.2	93	446	20.9	123	629	19.6
12	10	95	10.5	35	258	13.6	80	361	22.2	114	520	21.9

Tabla 6. Resultados de los niveles de iluminación para el salón 307 y 308

Punto de medición	307						308					
	Luz natural			Luz natural y artificial			Luz natural			Luz natural y artificial		
	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)
1	92	253	36.4	144	518	27.8	65	375	17.3	98	442	22.2
2	34	132	25.8	64	309	20.7	95	402	23.6	114	606	18.8
3	33	125	26.4	69	231	29.9	166	1151	14.4	256	1259	20.3
4	42	122	34.4	74	348	21.3	84	345	24.3	116	639	18.2
5	50	194	25.8	82	359	22.8	100	487	20.5	100	852	11.7
6	73	328	22.3	94	410	22.9	65	681	9.5	94	1066	8.8
7	36	117	30.8	69	342	20.2	89	452	19.7	127	699	18.2
8	40	128	31.3	57	288	19.8	130	676	19.2	133	1030	12.9
9	36	141	25.5	76	246	30.9	208	916	22.7	263	1219	21.6
10	39	164	23.8	64	314	20.4	157	720	21.8	93	827	11.2
11	52	230	22.6	76	322	23.6	423	2350	18.0	224	1843	12.2
12	64	306	20.9	78	313	24.9	125	890	14.0	186	1119	16.6

Tabla 7. Resultados de los niveles de iluminación para el salón 309 y Zamarripa

Punto de medición	309						Zamarripa					
	Luz natural			Luz natural y artificial			Luz natural			Luz natural y artificial		
	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)	E1 (lx)	E2 (lx)	Kf (%)
1	18	98	18.4	32	254	12.6	20	80	25.0	22	98	22.4
2	28	126	22.2	40	377	10.6	80	431	18.6	35	162	21.6
3	28	133	21.1	29	238	12.2	130	658	19.8	98	491	20.0
4	30	134	22.4	38	215	17.7	146	716	20.4	42	704	6.0
5	25	138	18.1	37	308	12.0	135	657	20.5	138	672	20.5
6	30	172	17.4	42	305	13.8	28	97	28.9	30	110	27.3
7	29	166	17.5	38	298	12.8	67	166	40.4	39	174	22.4
8	53	200	26.5	151	221	68.3	118	529	22.3	111	493	22.5
9	10	90	11.1	19	200	9.5	135	456	29.6	150	841	17.8
10	303	1816	16.7	272	1617	16.8	124	356	34.8	129	845	15.3
11	328	2820	11.6	366	2230	16.4	139	766	18.1	92	498	18.5
12	141	422	33.4	110	480	22.9	67	255	26.3	138	489	28.2
13							121	561	21.6	177	797	22.2
14							112	612	18.3	188	855	22.0
15							87	354	24.6	157	845	18.6
16							145	459	31.6	120	561	21.4
17							156	387	40.3	120	549	21.9
18							151	640	23.6	153	685	22.3
19							155	815	19.0	197	926	21.3
20							154	800	19.3	150	715	21.0

Tabla 8. Determinación de los valores de DPEA

Salón	Lámparas	Potencia (W)	CTCA (W)	x (m)	y (m)	Área (m ²)	DPEA (W/m ²)
301	8	75	600	7.9	6.9	54.51	11.00
302	8	75	600	7.45	7.5	55.87	10.74
303	8	75	600	5.9	8.7	51.33	11.69
304	8	75	600	5.9	8.7	51.33	11.69
305	8	75	600	5.9	8.7	51.33	11.69
306	9	75	675	11.3	6.4	72.32	9.21
307	6	75	450	11.3	5.7	64.41	6.99
308	6	75	450	8.0	5.9	47.2	9.54
309	6	75	450	6.6	6.45	42.57	10.57
Zamarripa	8	75	600	11.4	10.8	123.12	4.87

Discusión

De acuerdo con la NOM-025-STPS-2008 el nivel mínimo de iluminación (E2) para aulas es de 300 lx, así mismo limita el Kf a 50 %. De los resultados presentados en las Tablas 3 a la 7 se puede observar que para la condición de iluminación natural sólo los planos de trabajo ubicados en las ventanas de las aulas tienen valores mayores a 300 lx en condición de luz natural y

todas las mesas cumplen con los requisitos mínimos para realizar actividades de aprendizaje cuando las lámparas fluorescentes son encendidas, que aunque en algunos casos se exceden los valores de incidencia (E2), los valores de Kf se mantienen dentro de la norma, en cierto grado por los niveles de iluminación, pero también por el material de los muebles, los acabados de los espacios y cubierta de las lámparas (ver Figura 12).

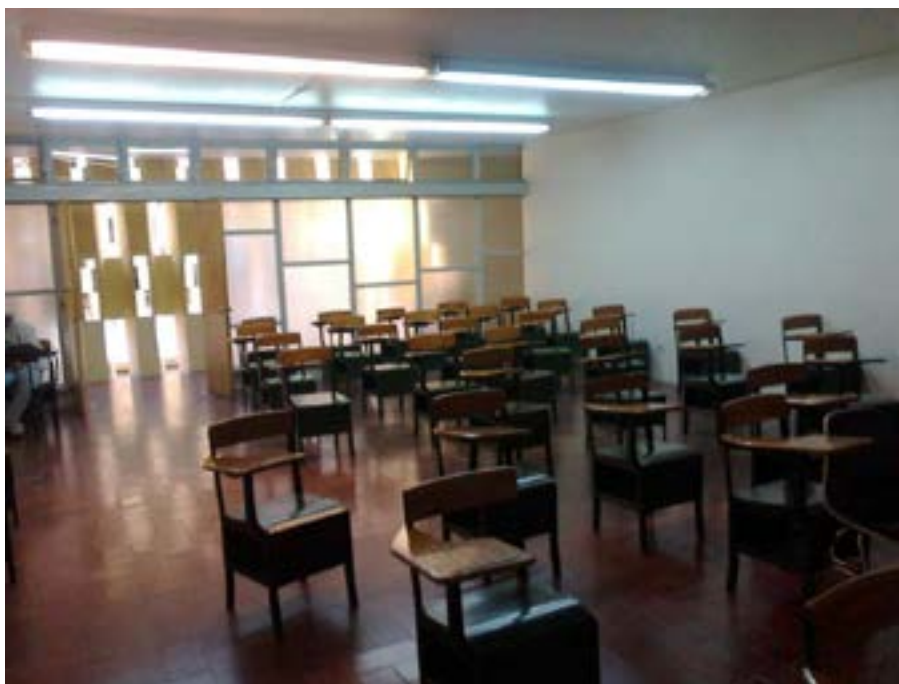


FIGURA 12. Configuración típica de las aulas del programa de ingeniero civil en Sede Belén

Así mismo la norma NOM-007-ENER-2014 restringe a la DPEA para salones de clase a un valor menor de 17.2 W/m^2 , encontrando de acuerdo con los resultados (ver Tabla 8) que es parámetro adecuado en todos los salones analizados. No obstante, aunque con el encendido de las lámparas de tubulares de mercurio se mejora el confort de los usuarios de estas aulas, el gasto energético llega a ser de 5.6 KWh en promedio que se traduce en un costo por el consumo de energía eléctrica con un impacto económico para la Universidad de Guanajuato, pero tam-

bién con un impacto ambiental significativo ya que la producción dicha energía se realiza en la termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ubicada en la ciudad de Salamanca, Guanajuato, que es la ciudad más contaminada de ese estado.

Conclusiones

1. En condiciones para las actividades que se dan exclusivamente con luz natural, sólo los

planos de trabajo que se encuentran en las ventanas cumplen con la iluminación (E2) mínima de 300 lx, en el momento de la determinación de los niveles que se dio a las 14:00 horas, no obstante, debido al diseño y ubicación del edificio de Sede Belén, durante el transcurso el día laborable estos niveles pueden llegar a ser menores.

2. El inmobiliario y materiales académicos existentes en las aulas del departamento de Ingeniería Civil presentan un factor de reflexión menor a $K_f = 50\%$ establecido en la norma, excepto el pintarrón, cuya salvedad se subsana con el uso de una pantalla de proyección, lo que implica menor cansancio visual para los usuarios de estos espacios de enseñanza-aprendizaje.

3. Debido a que sólo las mesas contiguas a las ventanas tienen el nivel de iluminación mínima requerida para realizar trabajos de lectura y redacción, la luz artificial debe ser encendida durante todo el periodo de las actividades escolares llegando a ser hasta de 15 horas por día.

4. Aunque los valores del K_f y DPEA son menores a los establecidos por normas empleadas en esta investigación, la energía eléctrica es producida por la CFE en la ciudad de Salamanca, Guanajuato con la quema de productos derivados del petróleo, por lo que resulta urgente mejorar la iluminación en Sede Belén y promover su uso responsable.

Referencias

- BURNS, S. M. 1999. Cone spacing and waveguide properties from cone directionality measurements. *Journal of the Optical Society of America A*: 995–1004.
- ENER. (04 de 03 de 2021). Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios. CDMX. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181647/NOM_007_ENER_2014.pdf
- FERNÁNDEZ, L. 1992. Técnicas y aplicaciones de la iluminación. CDMX: McGraw-Hill. ISBN: 84-481-0046-8, pp. 233.
- GANSLANDT, R. 2010. Cómo planificar con Luz. Berlin: Bertelsmann International, pp. 286.
- GIL, A. (2009). Historia de la iluminación. Revista digital de innovación y experiencia educativas, 1-9. Obtenido de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_23/ANDRES_A_GIL_1.pdf
- HARPER, E. 2006. El abc del alumbrado y las instalaciones eléctricas de baja tensión. CDMX: Limusa, ISBN: 978-968-18-6050-9, pp. 352.
- LEON, A. 2007. Lighting. Honolulu: AIU. Obtenido de <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibrary/Manager/upload/Lighting%20Adrian%20Leon.pdf>
- REA, M. 2007. Making the move to a unified system of photometry. *Lighting Research and Technology*: 393-408.
- STPS. (04 de 03 de 2021). Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. CDMX. Obtenido de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/nom-025.pdf>