

# Estudio del consumo energético del sistema de iluminación de las aulas del sector b del TecNM-ITVH, enero-junio 2022

Yeimi Linney Chacón Sánchez<sup>1</sup>, Antonio Priego Clemente<sup>2</sup>, Félix Díaz Villanueva<sup>2</sup>,  
Jessica Damaris Méndez de la Cruz<sup>1</sup>, Mario José Romellón Cerino\*<sup>1</sup>

- 1 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Química-Bioquímica-Ambiental.
- 2 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería en Sistemas y Computación.

## Resumen

En el presente trabajo se realizó un análisis de una visita de campo en las aulas del sector "B" (edificio Ñ) del Instituto Tecnológico de Villahermosa, donde se llevó a cabo un levantamiento lumínico de acuerdo con la metodología señalada en la NOM-025-STPS- 2008 donde se evalúa los niveles de iluminación para poder establecer los requerimientos óptimos en todas y cada una de las aulas del sector "B" De acuerdo con los resultados analizados, las aulas del edificio Ñ sobre pasan los niveles establecidos en la NOM-025-STPS-2008; el edificio Ñ consume un total de 28,445.76 kWh al año, produciendo un gasto económico de \$ 24,262.56 pesos al año, por esta razón se realizó una propuesta para mejorar los niveles de lúmenes que trae consigo un ahorro energético y económico. De ser aplicada la propuesta de reducción de focos LED en el edificio Ñ, se estima que el edificio Ñ consumiría 18,963.84 kWh anualmente, lo que representa una reducción del 33.33% en consumo de kWh, por otro lado, este ahorro energético se vería reflejado en el costo eléctrico anual del edificio, siendo de \$16175.04 pesos, lo que significa una reducción de \$8087.52 pesos al año.

## Abstract

In the present work, an analysis of a field visit was carried out in the classrooms of the sector "B" (building Ñ) of the Instituto Tecnológico de Villahermosa, where lighting study in accordance with the methodology indicated in NOM-025-STPS- 2008 where lighting levels are evaluated to establish the requirements optimal in each and every one of the classrooms of sector "B" According to the results analyzed, the classrooms of the Ñ building exceed the levels established in NOM-025-STPS-2008; building Ñ consumes a total of 28,445.76 kWh per year, producing an economic expense of \$24,262.56 pesos per year, for this reason made a proposal to improve the levels of lumens that brings savings energetic and economic. If the proposal to reduce LED spotlights in the building Ñ, it is estimated that building Ñ would consume 18,963.84 kWh per year, which represents a reduction of 33.33% in the consumption of kWh, on the other hand, this saving energy would be reflected in the annual electrical cost of the building, being \$16175.04 pesos, which means a reduction of \$8087.52 pesos per year.

**Palabras clave:** Iluminación, Energía eléctrica, LED.

**Keywords:** Lighting, Electric energy, LED.

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema creciente de la contaminación del medio ambiente es causado principalmente por el uso desmedido de la energía eléctrica, ya que para la obtención de esta es necesario quemar grandes cantidades de combustibles fósiles, liberando toneladas de emisiones contaminantes al medio ambiente, provocando el deterioro del mismo y causando enfermedades.

La iluminación representa el mayor porcentaje del uso de la energía en nuestro país, por lo que es necesario corroborar que las áreas de trabajo actuales y futuras cuenten con la iluminación requerida para poder minimizar el uso de la energía eléctrica en la categoría de iluminación, y de este modo reducir también las emisiones contaminantes que tanto aquejan al medio ambiente. Un diseño inadecuado del sistema de iluminación en los centros de trabajo puede causar efectos en la salud de las personas como son, la pérdida de agudeza visual, fatiga ocular, deslumbramiento, rendimiento ocular y fatiga muscular al mantener posturas inapropiadas en el ángulo de la visión y como consecuencia de un esfuerzo en la percepción visual que exige la tarea.

Las adecuadas condiciones de iluminación en los centros de trabajo son indispensables para la salud visual de las personas que laboran en ellos y de la misma manera se emplean las adecuadas condiciones de trabajo y se logra un ahorro energético considerable, todo esto enmarcado en el cumplimiento de la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 para el presente trabajo.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Villahermosa (TECNM-ITVH) sector "B" ubicado en Km. 3.5 Carretera, Villahermosa - Frontera, Cd Industrial. Se tomó como muestra representativa el aula Ñ 69 (planta alta) tomando en cuenta que las aulas de cada edificio son iguales en cuanto a diseño y distribución.

### Reconocimiento de las condiciones de iluminación

De acuerdo con lo indicado en la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, punto 8, para determinar las áreas y tareas visuales de los puestos de trabajo debe recabarse y registrarse la información del reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo, así como de las áreas donde exista una iluminación deficiente o se presente deslumbramiento y, posteriormente, conforme se modifiquen las características de las luminarias o las condiciones de iluminación del área de trabajo, con los datos siguientes:

- a) *Distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y del equipo de trabajo;*
- b) El edificio Ñ, del sector B cuenta con dos plantas, la planta baja está formada por 9 aulas, dos secciones de baño, escaleras y pasillos, la primera planta está formada por 5 aulas, dos secciones de baño, un área administrativa y pasillos. Las medidas de las aulas son de aproximadamente 8.20 m x 7.10 m.

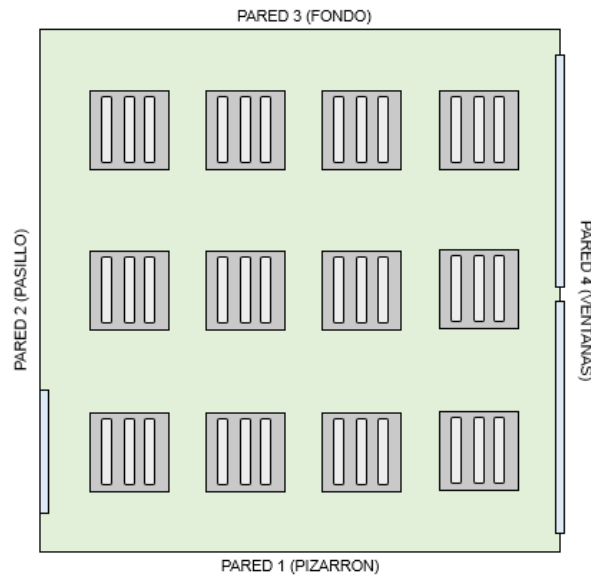


Figura 1. Distribución Edificio Ñ, sector B. Fuente: Elaboración propia

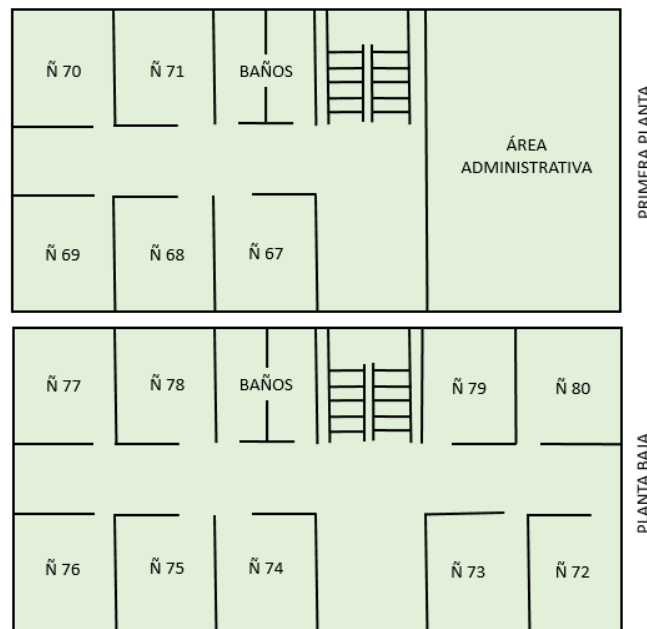


Figura 2. Distribución de la luminaria dentro del aula. Fuente: Elaboración propia

Cada una de las 14 aulas del edificio Ñ del sector B cuenta con 12 luminarias, haciendo un total de 168 luminarias. El aula 69 del edificio Ñ cuenta con 12 luminarias con 3 tubos LED cada una haciendo un total de 36 tubos LED, distribuidos en el aula como se muestra en la Ilustración 3. El total de tubos LED en las aulas del edificio Ñ son de 504.

c) *Potencia de las lámparas;*

La luminaria de las aulas del sector B cuenta con un diseño de placa con canaletas de retro iluminación y cada una cuenta con 3 tubos fluorescentes de 42 Watts de voltaje.

d) *Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio;*

Las paredes del edificio Ñ son de concreto sin acabado, pintadas en color blanco y columnas gruesas en tono verde claro. Cada aula cuenta con ventanas grandes, por donde entra suficiente luz natural durante el día. Potencia de las lámparas;

e) *Descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo (de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008);*

Tarea visual del puesto de trabajo: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.

Área de trabajo. Talleres, áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.

Área de trabajo específica: Aulas.

f) *Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada;*

Las aulas del edificio Ñ del sector B son utilizadas para tareas específicamente visuales, de acuerdo al Manual de Alumbrado de Westinghouse, es conveniente colocar las iluminarias de tal manera que den una iluminación razonable uniforme sobre toda el área. El área de trabajo en las aulas se sitúa a una altura aproximada de 75cm del suelo.

g) *Información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador al patrón.*

Se realizó una encuesta a los alumnos del Instituto Tecnológico de Villahermosa para conocer la percepción que tienen referente a la iluminación de las aulas de la institución. Esta encuesta fue realizada por medio de la plataforma Microsoft Forms, con el título: “ILUMINACIÓN EN AULAS DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO CAMPUS VILLAHERMOSA”; dicha encuesta fue respondida por 608 alumnos de la cual se concluyó que en general los alumnos consideran adecuada la iluminación en su área de trabajo, también perciben incomodidades derivadas de la cantidad de luz en las aulas, como objetos deslumbrantes y la sensación de vista cansada después de horas de trabajo en el aula.

### **Medición de los niveles de iluminación**

La medición de la iluminación se llevó a cabo de acuerdo con el manual del alumbrado Westinghouse, teniendo como puntos de medición, 4 paredes, el techo y el plano de trabajo. Para tomar lectura de los Luxes percibidos en el aula se utilizó un Luxómetro Digital Gm1010,0 de la marca Benetech, así como un flexómetro para la medición de las distancias. La medición en las 4 paredes se realizó a una distancia de 15 cm a la altura del pecho, colocando el luxómetro de luxómetro frente a la pared (Medición A) para registrar la reflexión de la luz, y otra medición ubicando el fotodetector de frente a la dirección de incidencia de la luz (Medición B), a la misma distancia y altura.

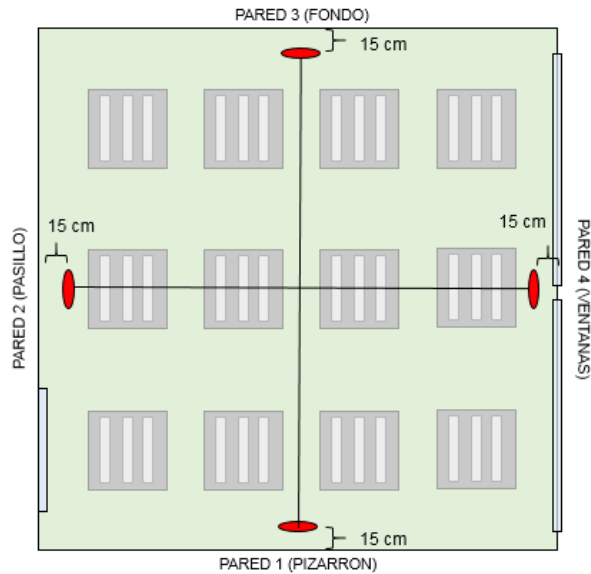


Figura 3. Puntos de medición, paredes del aula. Fuente: Elaboración propia

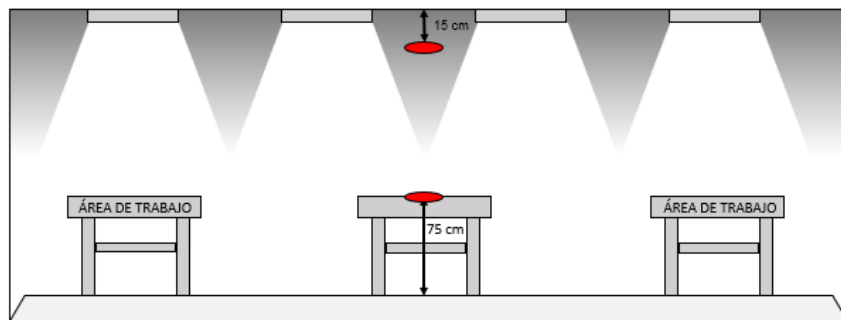


Figura 4. Punto de medición, techo y área de trabajo. Fuente: Elaboración propia

La lectura del techo se medirá a una distancia de 15cm ubicando el fotodetector del luxómetro frente al techo, en medio del aula y la lectura del plano de trabajo se realizará de la misma manera de frente al techo a una altura de 75cm desde el suelo, en medio del aula

Se realizaron las mediciones en dos situaciones, el mismo día:

- 1) de día y con las luces prendidas, en un horario de 12:55 p.m. a 13:15 p.m. y
- 2) de noche con las luces prendidas, en un horario de 20:18 p.m. a 20:34 p.m. Se tomaron tres lecturas de cada punto marcado en la figura 3 y 4, para conseguir un promedio representativo.

### Determinación del factor de reflexión en las paredes del aula

Para determinar el factor de reflexión de los puntos de muestreo en los niveles de iluminación, se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Factor de reflexion} = \frac{\text{Lectura A}}{\text{Lectura B}}$$

### 3. RESULTADOS

#### Medición de día con las luces prendidas

**Tabla 1.** Resumen de datos obtenidos, medición de día con las luces prendidas. Fuente: Propia

PUNTO DE LECTURA	LUXES	
	A	B
PARED 1 (pizarrón)	237	382
PARED 2 (pasillo)	154	284
PARED 3 (fondo)	252	411
PARED 4 (ventanas)	250	240
TECHO	-	125
ÁREA DE TRABAJO	-	591
PROMEDIO	-	339

De acuerdo con la tabla 1 resumen de las mediciones en el aula representativa Ñ69 que se encuentran expresados en luxes, podemos observar que las aulas del edificio Ñ durante el día se encuentran en un promedio de 339 luxes y el valor establecido por la NOM-025-STPS-2008 para aulas es 300 luxes, comprobando que el nivel de iluminación es considerablemente similar, sin embargo destaca que en el área de trabajo incide una cantidad de 591 luxes en promedio, lo que supera casi por el doble a los valores adecuados para el área de trabajo en un aula.

**Tabla 2.** Factor de reflexión en las paredes del aula (de día). Fuente: Propia.

PUNTO DE LECTURA	LUXES		FACTOR DE REFLEXIÓN (%)
	A	B	
PARED 1 (pizarrón)	237	382	62.04
PARED 2 (pasillo)	154	284	54.23
PARED 3 (fondo)	252	411	61.31
PARED 4 (ventanas)	250	240	104.17
PROMEDIO			70.44

De acuerdo al porcentaje de reflexión de la luz en las paredes del aula y los Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión que indica la NOM-025-STPS-2008, la Pared 1 y 3 rebasan el Nivel máximo permisible del factor de reflexión indicado para paredes (60%); la pared 2 con 54.23% reflexión de luz se encuentra dentro del Nivel Máximo permisible, por otro lado, la Pared 4 situada en las ventanas indica que se refleja mayor luz natural desde la ventana que la que incide de la luminaria dentro del aula durante el día (13:00 p.m.). En promedio el nivel de reflexión de la luz en el aula es del 70.44%, por lo tanto, se considera que al mantener las luces encendidas durante el día se produce deslumbramiento en el área y puesto de trabajo.

### Medición de noche con las luces prendidas

**Tabla 3.** Resumen de datos obtenidos, medición de noche con las luces prendidas. Fuente: Propia

PUNTO DE LECTURA	LUXES	
	A	B
PARED 1 (pizarrón)	217	388
PARED 2 (pasillo)	119	194
PARED 3 (fondo)	245	406
PARED 4 (ventanas)	71	108
TECHO	-	102
ÁREA DE TRABAJO	-	450
PROMEDIO	-	275

Las aulas del edificio Ñ durante la noche con las luces prendidas se encuentran en un promedio de 275 luxes y el valor establecido por la NOM-025-STPS-2008 para aulas es de 300 luxes, comprobando que el nivel de iluminación se encuentra por debajo de lo marcado por la norma, sin embargo, destaca que en el área de trabajo incide una cantidad de 450 luxes en promedio, lo que supera a los valores adecuados para el área de trabajo en un aula.

**Tabla 4.** Factor de reflexión en las paredes del aula (de día). Fuente: Propia.

PUNTO DE LECTURA	LUXES		FACTOR DE REFLEXIÓN (%)
	A	B	
PARED 1 (pizarrón)	217	388	56.04
PARED 2 (pasillo)	119	194	61.64
PARED 3 (fondo)	245	406	60.48
PARED 4 (ventanas)	71	108	65.92
PROMEDIO			61.02

De acuerdo al porcentaje de reflexión de la luz en las paredes del aula y los Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión que indica la NOM-025-STPS-2008, la Pared 1 con 56.04% reflexión de luz se encuentra dentro del Nivel Máximo permisible, y la pared 2 y 3 rebasan el Nivel máximo permisible del factor de reflexión indicado para paredes (60%) por muy poco; la pared 4 situada en las ventanas registra el mayor porcentaje de reflexión de la luz en el aula por la noche, 65.92%, esto se debe a que parte del vidrio en la pared refleja mayor cantidad de luz que las paredes sin vidrio. En promedio el nivel de reflexión de la luz en el aula es del 61.02%, por lo tanto, se considera que, por las noches, la iluminaria no produce un deslumbramiento en el área de trabajo considerablemente alto.

### Consumo energético y Watts consumidos anualmente en el edificio Ñ por lámparas de 42 watts.

Los días que se tomaron en cuenta para el siguiente análisis fueron de 168 días, ya que cada semestre cuenta con 16 semanas, tomando en cuenta 5 días hábiles de clases, que son equivalentes a 80 días, la muestra se sacara anualmente, serian 160 días; a esta se le aumentará 4 días extras por semestre por la semana de exámenes de recuperación y el tiempo estimado de funcionamiento del alumbrado dentro de los salones se considerara de 8 horas.

Considerando que: 1 Kilowatt (kW) = 1000 Watts (w).

$$Watts consumidos anualmente (1 tubo LED) = (0.042kW) \left(8 \frac{horas}{día}\right) (168 días) = 56.44kWh.$$

$$Watts consumidos anualmente (504 tubos LED) = (56.44kWh)(504) = 28,445.76 kWh.$$

Considerado para consumo de hasta 400 kWh mensuales y un rango de consumo básico de 1 a 75 kW, se promediaron las tarifas manejadas en cada mes del año, y se realizó el cálculo del costo: 1 kWh = \$0.853/kWh

$$Costo anual por el total de aulas en el edificio Ñ = (28,445.76 kWh) \left(\frac{0.853}{kWh}\right) = \$24,262.56$$

### Propuesta de iluminación en las aulas del edificio “Ñ”

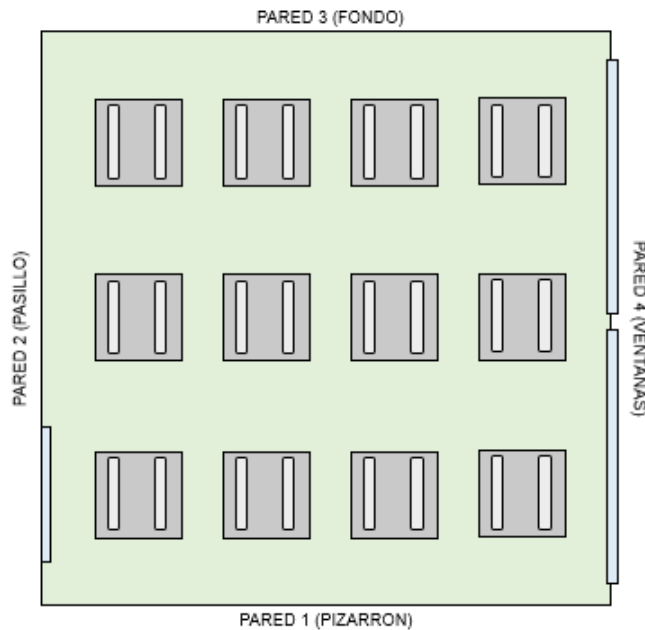


Figura 5. Propuesta de iluminación de las aulas del edificio “Ñ”. Fuente: Elaboración propia

Para obtener buenos resultados de confort visual y asegurar una alta eficiencia energética, es preciso atribuir calidad al diseño, teniendo en cuenta todos aquellos componentes que intervienen en la obtención de una buena iluminación. De acuerdo con las tareas visuales realizadas en este edificio, se pudo observar que el sistema actual de iluminación podría ser rediseñado con una cantidad menor de tubos LED por luminaria, utilizando el mismo diseño y distribución, para obtener una iluminación óptima. Es por ello que se propone utilizar solo 2 tubos LED de 42 watts por luminarias como se muestra en la ilustración 9, haciendo que por aula haya 24 tubos LED y en total, 336 tubos LED en las aulas del edificio Ñ.

$$Watts consumidos anualmente (336 tubos LED) = (56.44kWh)(336) = 18,963.84 kWh.$$

Considerado para consumo de hasta 400 kWh mensuales y un rango de consumo básico de 1 a 75 kW, se promediaron las tarifas manejadas en cada mes del año, y se realizó el cálculo del costo con la propuesta:

$$1 kWh = \$0.853/kWh$$

$$Costo anual por el total de aulas en el edificio Ñ (propuesta) = (18,963.84 kWh) \left(\frac{0.853}{kWh}\right) = \$16,175.04$$



**Tabla 4.** Comparación resultados y propuesta

	Sin propuesta	Con propuesta
Watts consumidos anualmente	28,445.76 kWh	18,963.84 kWh
Costo anual por el total de aulas en el edificio Ñ	\$ 24,262,56	\$16,175.04

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En una primera revisión a las aulas del edificio Ñ se evidencio numerosos salones con iluminaria dañada, esto puede llegar a ser un inconveniente para los alumnos a la hora de realizar sus actividades ya que el parpadeo de algunos focos, así como la ausencia de muchos de ellos de manera desproporcional puede provocar fatiga o molestia ocular a los alumnos. Al realizar la toma de lecturas, se concluyó que los niveles de lúmenes en ambas situaciones (día y noche) sobrepasan por poco a lo establecido en la NOM-025-STPS-2008, por lo que se realizó una propuesta en donde se sugiere la reducción de tubos led por luminaria de cada aula, los niveles de iluminación que se obtuvieron en el área de trabajo durante el día manteniendo las luces prendidas sugieren que puede llegar a afectar el desempeño de los alumnos en la realización de las actividades que desempeñan en el aula, la alta cantidad de iluminación durante el día puede provocar trastornos oculares para los alumnos y docentes.

De acuerdo con los resultados analizados, el edificio Ñ consume un total de 28,445.76 kWh al año, produciendo un gasto económico de \$ 24,262.56 pesos al año. De ser aplicada la propuesta de reducción de focos LED en el edificio Ñ, se estima que el edificio Ñ consumiría 18,963.84 kWh anualmente, lo que representa una reducción del 33.33% en consumo de kWh, por otro lado, este ahorro energético se vería reflejado en el costo eléctrico anual del edificio, siendo de \$16175.04 pesos, lo que significa una reducción de \$8087.52 pesos al año.

#### REFERENCIAS

- [1] Armando. (2014). *Evaluación ambiental de la iluminación de las aulas del sector “a” del Instituto Tecnológico de Villahermosa (tesis de pregrado)*. Villahermosa, Tabasco.: Instituto Tecnológico de Villahermosa.
- [2] Andrade Salaverría Dora Patricia (2010). *Evaluación ambiental y plan de manejo ambiental del programa de eficiencia energética coordinado por la secretaría de energía*. México.
- [3] Chapa Carreón Jorge (2004). *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*. Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. Balderas 95, México DF.
- [4] García Tejeda Omar (2011). *Sistema Alternativo de Iluminación para Casa Habitación*. Tesis de Ing. Ambiental, Instituto Tecnológico de Villahermosa.
- [5] Guasch Farrás Juan (1998). *Riesgos generales de iluminación*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Gestión editorial Chantal Dufresne, BA.
- [6] Farrás, J. G. (1998). *Riesgos generales de iluminación*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid: Gestión editorial Chantal Dufresne, BA.
- [7] Mariano, S. C. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica. Problemas*. Edicionesmultiprensa. .
- [8] NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. (30 de diciembre de 2008). *Condiciones deiluminación en los centros de trabajo*. *Diario Oficial de la Federación*.
- [9] Ortega Orozco Nicté Franceli (2010). *Condiciones de iluminación en escuelas primarias*.
- [10] Pattini Andrea (2011). *Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios noresidenciales*
- [11] Tejeda, O. G. (2011). *Sistema Alternativo de Iluminación para Casa Habitación*. Tesis de Ing. Ambiental, Instituto Tecnológico de Villahermosa.

- [12] Seoáñez Calvo Mariano (2002). Tratado de la contaminación atmosférica. Problemas y tratamientos. Ediciones multiprensa.
- [13] Westinghouse Electric Co. (1979). *Manual del alumbrado WESTINGHOUSE*. Dossar, S.A.

\* Correo de autor de correspondencia: [mjrcerino@gmail.com](mailto:mjrcerino@gmail.com); [mario.rc@villahermosa.tecnm.mx](mailto:mario.rc@villahermosa.tecnm.mx)