

Estudio energético y redistribución de luminarias conforme a la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014

Karla María Velazquez-Lucho¹ y Josué Addiel Venegas-Sánchez^{2,*}

¹ Laboratorio de Energías Renovables, División de Ingeniería en Energías Renovables, Institución Tecnológica Superior de Huichapan, TecNM, Huichapan, Hidalgo, México

² Laboratorio de Energías Renovables, División de Ingeniería en Energías Renovables, Institución Tecnológica Superior de Huichapan, TecNM, Huichapan, Hidalgo, México

* Autor de correspondencia: javenegas@iteshu.edu.mx; Tel.: (+52 761 724 8147 ext 1013)

Desarrollo Sustentable (Eficiencia Energética).

Resumen: El presente trabajo reporta el estudio de iluminación y propuesta de redistribución de luminarias del edificio G y centro de cómputo del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan (ITESHU) conforme a la NOM-025-STPS-2008 y la NOM-007-ENER-2014. Se realizó un levantamiento de datos de iluminación de ambos edificios siguiendo las metodologías propuestas en las normas señaladas, obteniendo principalmente datos de los niveles de iluminación y la densidad de potencia eléctrica, utilizando luxómetros para tal fin en cada una de las áreas que componen los edificios. Se realizó un análisis comparativo del estado actual de iluminación en cada edificio con respecto al deseable para el cumplimiento de las normativas, encontrándose que en el Centro de Cómputo el 60% de las salas iluminadas no cumplen con los valores indicados en la NOM-025-STPS-2008. Con respecto al estudio de redistribución y propuesta de cambio de luminarias se utilizó el software Dialux Evo 9.0, tomando como base los planos de las edificaciones y los diagramas eléctricos. Así mismo, se elaboraron los cuadros de carga para cada edificio. Se calcularon y simuló las luminarias necesarias para cada área, respetando los valores de niveles de iluminación que marca la norma, analizando la homogeneidad de la iluminación en cada zona. Se realizaron proyecciones de ahorros, obteniendo valores de hasta el 68%.

Palabras clave: Eficiencia Energética; Iluminación; Simulación; Normativa.

Energy study and redistribution of luminaires in accordance with NOM-025-STPS-2008 and NOM-007-ENER-2014

Abstract: This work reports the lighting study and proposal for the redistribution of lights in the G building and Computer Center of the Higher Technological Institute of Huichapan (ITESHU) in accordance with NOM-025-STPS-2008 and NOM-007-ENER-2014. A inspection of illumination data of both buildings was carried out following the methodologies proposed in the indicated standards, mainly obtaining data on lighting levels and electrical power density, using lux meters for this purpose in each of the areas that make up the buildings. A comparative analysis of the current state of illumination in each building with respect to the desirable for compliance with regulations was carried out, finding that in the Computer Center 60% of the illuminated rooms do not comply with the values indicated in NOM-025-STPS-2008. With respect to the study of redistribution and proposal to change the luminaires, Dialux Evo 9.0 software was used, based on the building plans and electrical diagrams. Likewise, load tables were prepared for each building. The necessary luminaires for each area were calculated and simulated, respecting the illumination level values established by the standard, analyzing the homogeneity of the lighting in each area. Savings projections were made, obtaining values of up to 68%.

Keywords: Energy Efficiency; Illumination; Simulation Normative.

Introducción

La eficiencia energética constituye, junto con las energías renovables, un potencial importante para mitigar los efectos negativos del consumo energético, inducidos tanto por el crecimiento económico, como por la transformación de las sociedades hacia modelos más intensivos en energía (Martínez et al., 2006). En México, los edificios residenciales y no residenciales son el mayor consumidor de energía eléctrica en el país, excediendo al consumo de electricidad de la industria en 11% (Chatellier & McNeil, 2019). El uso de equipos electrónicos utilizados en el equipamiento de los edificios es la principal causa de crecimiento de la demanda de energía en los sectores residencial y de servicios. (Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México, 2018). En muchos sectores, la iluminación representa un porcentaje elevado de consumo dentro del resto de actividades que se dan en un edificio. Estos porcentajes pueden oscilar entre el 10 y 50% del consumo energético de cualquier edificación, por lo que se considera un aspecto de principal atención (Sánchez, 2015).

Los niveles de iluminación en las áreas de trabajo son de vital importancia, ya que cuando no se cuenta con suficiente iluminación natural, se busca mejorar la visibilidad con iluminación artificial y en diferentes ocasiones no se tiene la iluminación óptima para realizar las actividades en dichas áreas. López (2016) desarrolló un estudio que aborda la implementación de la norma de iluminación NOM-025-STPS-2008 en la biblioteca y las salas de trabajos de la URS de la Universidad de Sonora unidad regional sur, así como el análisis del cumplimiento de la normativa, para proporcionar la iluminación requerida y brindar un espacio seguro y saludable. Su metodología se basó en el estudio del área física, realizando mediciones con luxómetro, siguiendo la norma especificada en este estudio. Así mismo identificó los niveles mínimos de iluminación, el nivel de iluminación promedio en cada área respectivamente y, por último, la realización de mediciones en cada centro para verificar si cumple o no con lo establecido en la NOM-025-STPS-2008. Concluyendo que las instalaciones y los niveles de iluminación son los adecuados dependiendo el área de trabajo y que no se tendrá ninguna dificultad para las actividades de estudiantes. Por otra parte, Becerril del Olmo (2017) mostró un proyecto de mejora en la iluminación, eficiencia energética y control del flujo luminoso de la EPS Universidad Carlos III de Madrid, propiciando la mejora de la eficiencia energética, valorando un cambio a tecnología LED de las actuales luminarias instaladas. También se añadieron nuevos sistemas de control y regulación del flujo luminoso aprovechando la luz natural, teniendo en cuenta la arquitectura del Campus y su situación geográfica. Al efecto, se realiza un estudio de iluminación con el software DIALux evo 7, además de generar los planos en AutoCAD. En cuanto a los resultados, la huella de carbono se ve reducida en un 72.95% anual, lo que suponen 595.55 Tn CO₂ menos al año, así como la eliminación de sustancias tóxicas como el vapor de mercurio. Finalmente, indica un retorno de inversión en 9.26 años, con una TIR del 6,92%, generando un beneficio de 1,637,802. 35 € tras un plazo de 15 años de uso de las nuevas instalaciones.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN-2009) menciona distintos tipos de normas oficiales, entre las que encontramos las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX). Las NOM tienen como principal objetivo prevenir los riesgos de la salud, la vida y el patrimonio y por lo tanto son de observancia obligatoria. Estas regulaciones técnicas presentan la información, los requisitos, las especificaciones, los procedimientos y la metodología que hacen que las dependencias gubernamentales puedan establecer parámetros medibles, de forma que se eviten riesgos a la población, al medio ambiente y a la flora y fauna. La NOM-007-ENER-2014 de Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de 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 recursos energéticos y la ecología de la nación. Existen normas oficiales mexicanas, que no pertenecen al grupo de normas de eficiencia energética que supervisan el desempeño y la eficiencia energética de los equipos, luminarias y sistemas de iluminación.

Con respecto a la NOM-025-STPS-2008, condiciones de iluminación en los centros de trabajo, tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Dado el panorama anterior, el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio energético y verificar el cumplimiento de la NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014 en el sistema de alumbrado en diferentes edificios del ITESHU. Se propusieron diseños de redistribución de las luminarias, con los cuales se puede generar un mejoramiento significativo de la eficiencia energética y los niveles de seguridad y bienestar en el área de trabajo.

Materiales y Métodos

El presente proyecto se desarrolló en un tiempo de 6 meses, parte de éste fue utilizado en el levantamiento de datos y la caracterización de los edificios en estudio. El edificio G y el centro de cómputo fueron seleccionados para tal fin, mismos que se encuentran en el ITESHU (véase la Figura 1), estos edificios tienen un horario de atención de 7:00 a.m. a 8:00 p.m.



Figura 1. Edificio G y centro de cómputo del ITESHU.

Especificaciones de la NOM-007-ENER-2014

Con respecto al método de cálculo, la norma específica que la determinación de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) de un edificio no residencial nuevo, ampliación o modificación de alguno ya existente y de los tipos cubiertos por dicha norma, deben ser calculados a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo con la ecuación 1.

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para el alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} \quad (1)$$

donde la DPEA está expresada en W/m^2 , la carga total conectada para alumbrado, que incluye la potencia total del sistema de alumbrado, está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado.

Además, las DPEA totales para los sistemas de alumbrado interior y exterior se determinan en forma independiente una de otra. Estas densidades no pueden ser combinadas en ningún momento, por lo que se deben determinar y reportar los valores de cada una de ellas en forma separada. Para el caso de edificios de uso mixto se deben determinar y reportar en forma separada las DPEA para alumbrado interior de cada uno de los usos del edificio. Por lo que a partir de la información contenida en los planos del proyecto de la instalación eléctrica y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos de alumbrado considerados en dicha instalación, se cuantifica la carga total conectada de alumbrado, así como el área total iluminada.

Especificaciones de la NOM-025-STPS-2008

Con respecto a la evaluación de los niveles de iluminación, la norma indica que se debe establecer la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas (donde se evaluarán los niveles de iluminación). Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:

- a) Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor.
- b) En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición.
- c) Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

Por otra parte, cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos las mediciones en cada área o puesto de trabajo.

Cuando no influye la luz natural en la instalación ni el régimen de trabajo de la instalación, se deberá efectuar una medición en horario indistinto en cada puesto o zona determinada, independientemente de los horarios de trabajo en el sitio.

Iluminación en Edificio G y Centro de Cómputo.

Se realizó un levantamiento de datos de la iluminación de ambos edificios siguiendo las metodologías propuestas en las normas NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2014 donde se plantean los niveles de iluminación y la densidad de potencia eléctrica para alumbrados para diferentes edificios. Se utilizaron luxómetros de la marca AMPROBE (LM-200LED) para tomar las mediciones de iluminación en las diferentes áreas que componen los edificios.

Estudió de iluminación usando Dialux Evo.

Para realizar el estudio de redistribución y propuesta de cambio de luminarias se usó el software Dialux Evo 9.0 (Versión: 5.9.0.49019, DIAL GmbH), para lo cual se utilizaron los planos de las edificaciones y los diagramas eléctricos para obtener la información a utilizar en el software. Así mismo, se elaboraron los cuadros de carga para cada edificio, encuestando al personal de los edificios sobre los tiempos que mantenían prendidas las luces a lo largo del día y realizar una estimación.

Resultados y Discusión

Iluminación en Edificio G.

El edificio G cuenta con un total de 196 lámparas interiores de tecnología LED con una potencia de 46W en la mayor parte de áreas del edificio. El laboratorio de gastronomía por ejemplo, cuenta con luminaria a prueba de vapor, agua y polvo de tecnología LED, su montaje es de tipo suspendido y cuenta con dos tubos LED'S integrados que son de tipo panel luminoso, especial para techo de 60x60 cm (Véase **Figura 2**).



Figura 2. Lámparas utilizadas en el edificio G a) Panel LED 60x60 de 46W b) Luminaria a prueba de vapor, agua y polvo LED.

Los resultados de la medición de iluminación para el edificio G parte baja y alta se muestran en la Tabla 1 y 2 respectivamente. Se puede observar que cumplen con los niveles de iluminación recomendados por la NOM-025-STPS-2008, sin embargo existe un exceso de luxes de más del 200%, en el 42% de las salas de estos dos niveles y esto puede ocasionar bajo rendimiento en las actividades realizadas en la zona de trabajo por trastornos oculares como son fatiga visual, cefalea e irritación. De igual forma por los niveles de iluminación y la cantidad de lámparas que están instaladas en los espacios se planteó una demanda innecesaria de energía.

El edificio G tiene un horario laboral de 7:00 a.m. a 8:00 p.m., de las 13 horas que está en uso sus instalaciones, las luminarias son utilizadas un promedio 6 horas al día. En la Tabla 2 se muestra el consumo energético lumínico diario de todo el edificio.

La NOM-007-ENER-2014 establece niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA), la cual rige para todos los edificios con una carga igual o mayor a 3 kW en su sistema de alumbrado, para nuevos edificios no residenciales o modificaciones de estos.

Tabla 1. Mediciones de la Iluminación en el edificio G

PLANTA BAJA EDIFICIO G.			
Lugar	Nivel de iluminación promedio (Luxes)	Nivel de iluminación recomendado NOM-025-STPS-2008 (Luxes)	Número de luminarias
Salón G1	1,060	300	12
Salón G2	1,003	300	12
Salón G3	1,055	300	12
Salón G4	1,139	300	12
Laboratorio gastronomía	-----	500	16
Sanitario Mujeres	404	100	4
Sanitario Hombres	303	100	4
Acceso principal	217	200	12
Escalera	250	200	8
PLANTA ALTA EDIFICIO G.			
Lugar	Nivel de iluminación promedio (Luxes)	Nivel de iluminación recomendado NOM-025-STPS-2008 (Luxes)	Número de luminarias
Salón G5	893	300	12
Salón G6	790	300	12
Salón G7	922	300	12
Salón G8	1,064	300	12
Salón G9	1,003	300	12
Cubículos de docentes	745	300	16
Sanitario Mujeres	404	100	4
Sanitario Hombres	303	100	4
Sala de juntas	1,078	200	8
Cubículos de jefes de carrera	1,225	200	4

Tabla 2 Consumo energético de iluminación del Edificio G.

Planta Alta edificio G	Número de luminarias	Potencia (W)	Horas ocupadas (h)	Consumo Total por zona (Wh)
Salón G5	12	46	6	3,312
Salón G6	12	46	6	3,312
Salón G7	12	46	6	3,312
Salón G8	12	46	6	3,312
Salón G9	12	46	6	3,312
Baño Hombres	4	46	6	1,104
Baño Mujeres	4	46	6	1,104
Sala de juntas	8	46	6	2,208
Cubículos de docente	16	46	6	4,416
Cubículos de jefes de carrera	4	46	4	736
Planta Baja edificio G				
Salón G1	12	46	6	3,312
Salón G2	12	46	6	3,312
Salón G3	12	46	6	3,312
Salón G4	12	46	6	3,312
Laboratorio de gastronomía	16	46	6	4,416
Sanitario Mujeres	4	46	6	1,104
Sanitario Hombres	4	46	6	1,104
Acceso Principal	12	46	3	1,656
Escaleras	8	46	3	1,104
Consumo Total Edificio G (Wh)				48,760

Conforme a los resultados del cálculo del DPEA se realizó una comparativa para verificar que todas las zonas analizadas cumplieran con los valores establecidos en la NOM-007-ENER-2014 (Véase la Tabla 3). Se verificó que la mayor parte de las áreas iluminadas en el Edificio G, si cumplen con la NOM-007-ENER-2014 debido a que no sobrepasan el DPEA

establecido de acuerdo con su uso. De igual forma se identificó tres zonas donde no se cumple con los estándares de DPEA establecidos por la NOM-007-ENER -2014, las cuales son: acceso principal, escaleras y la sala de juntas. Con esta verificación se consideró que el edificio no es 100% eficiente de forma energética en cuanto a su iluminación y aunque se utilice tecnología LED para aumentar el ahorro energético, la cantidad y la potencia de sus luminarias no es la óptima en algunas zonas.

Tabla 3 Verificación del cumplimiento de la normativa

Planta Alta edificio G	DPEA Calculado	DPEA (NOM-007-ENER-2014)	¿Cumple con la normativa?
G5	7.16	13.5	CUMPLE
G6	7.16	13.5	CUMPLE
G7	7.16	13.5	CUMPLE
G8	7.16	13.5	CUMPLE
G9	7.16	13.5	CUMPLE
Baño Hombres	4.97	10.55	CUMPLE
Baño Mujeres	4.97	10.55	CUMPLE
Sala de juntas	15.33	13.24	NO CUMPLE
Cubículos de docente	6.81	11.95	CUMPLE
Cubículos de jefes de carrera	4.08	11.95	CUMPLE
<i>Planta Baja edificio G</i>			
Salón G1	9.86	13.5	CUMPLE
Salón G2	9.86	13.5	CUMPLE
Salón G3	9.86	13.5	CUMPLE
Salón G4	9.86	13.5	CUMPLE
Laboratorio de gastronomía	3.93	13.78	CUMPLE
Sanitario Mujeres	4.97	10.55	CUMPLE
Sanitario Hombres	4.97	10.55	CUMPLE
Acceso Principal	8.76	7.1	NO CUMPLE
Escaleras	10.22	7.43	NO CUMPLE

Iluminación Centro de Cómputo.

El Centro de Cómputo es un área común del ITESHU, este edificio tiene una alta demanda de ocupación el área, con mayor concurrencia es la sala de cómputo, ya que todos los alumnos tienen acceso a ella. El Laboratorio de Cómputo cuenta con 157 luminarias fluorescentes de 32W tipo panel de 60x60, esta instalación es antigua por ello algunas de estas luminarias ya no se encuentran en funcionamiento (Véase Figura 3).

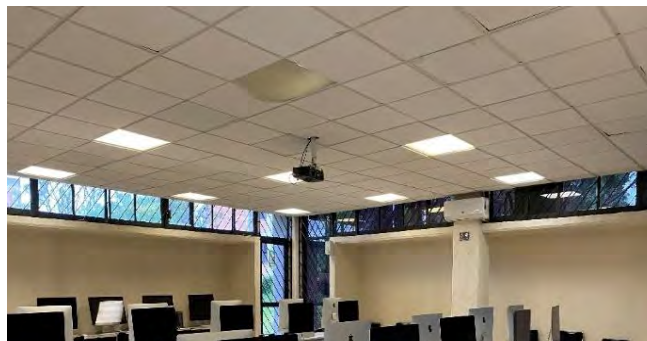


Figura 3. Luminarias Panel fluorescentes 32W 60x60

Los resultados calculados de la iluminación de las áreas del centro de cómputo mostraron que el 60% de las salas iluminadas no cumplen con los valores de iluminación indicados por área de uso en la NOM-025-STPS-2008 ya que se encuentran por debajo de estos valores (Véase la Tabla 4). Esto se debe mayormente por la distribución de las lámparas, ya que esta no es la óptima y en algunas áreas se tienen lámparas que ya han terminado su tiempo de vida.

Tabla 4. Resultado de mediciones Iluminación en el centro de computo

PLANTA CENTRO DE COMPUTO			
Lugar	Nivel de iluminación promedio (Luxes)	Nivel de iluminación recomendado NOM-025-STPS-2008 (Luxes)	¿Cumple con la normativa?
CC1	385	500	NO CUMPLE
CC2	336	500	NO CUMPLE
CC3	427	500	NO CUMPLE
CC5	234	500	NO CUMPLE
ACCESO	347	500	NO CUMPLE
SALA DE COMPUTO	406	100	CUMPLE
SUN	286	500	NO CUMPLE
PASILLO	282	100	CUMPLE
BAÑO M	245	150	CUMPLE
BAÑO H	195	150	CUMPLE

El Centro de información tiene un horario de uso de 7:00 p.m. a 8:00 p.m., durante este periodo las luminarias de todo el edificio son utilizadas un promedio de 5 horas al día, en la siguiente tabla se muestra el desglose del consumo energético lumínico de cada zona (Véase Tabla 5).

Tabla 5. Consumo energético de iluminación del Centro de Cómputo

Área	Número de luminarias	Potencia (W)	Horas ocupadas (h)	Consumo Total por zona (Wh)
CC1	16	64	7	7,168
CC2	16	64	7	7,168
CC3	16	64	7	7,168
CC4	16	64	7	7,168
CC5	12	64	6	4,608
SUN	6	64	2	768
Sala de Computo	12	64	3	2,304
Baños H	4	64	3	768
Baños M	4	64	3	768
Acceso	16	64	6	6,144
			Consumo Total CC (Wh)	44,032

Los resultados obtenidos del cálculo del DPEA en se muestran en la Tabla 6 se puede notar que lo establecido en la norma se cumple para las diferentes áreas de trabajo del Centro de Cómputo debido a que en todas las área en DPEA es menos a lo establecido en la norma, sin embargo no se cumple con lo establecido en la NOM-STPS-025 ya que los niveles de iluminación están por debajo en lo establecido en la norma, por lo que es necesario realizar un cambio de tecnología a una con mayor eficiencia.

Tabla 6. Verificación del cumplimiento de la normativa

Área	DPEA (W/m2)	DPEA (NOM-007-ENER-2014)	¿Cumple con la normativa?
CC1	12.64	13.78	CUMPLE
CC2	12.64	13.78	CUMPLE
CC3	9.48	13.78	CUMPLE
CC4	12.64	13.78	CUMPLE
CC5	9.48	13.78	CUMPLE
SUN	10.11	13.78	CUMPLE
Sala de Computo	11.82	13.78	CUMPLE
Baños H	5.69	10.55	CUMPLE
Baños M	5.69	10.55	CUMPLE
Acceso	9.06	8.76	CUMPLE

Estudio de iluminación usando Dialux Evo

El cumplimiento de la NOM-025-SPTS-2008 y LA NOM-007-2014 en el Edificio G no es completamente óptimo. Los niveles de iluminación del edificio exceden más del 200% de los valores recomendados en 8 salas y esto genera una demanda energética innecesaria en estas zonas. De igual forma se identificaron tres zonas donde no se cumplen los valores establecidos de DPEA de NOM-007-ENER-2014.

Para poder elegir la luminaria óptima para el diseño se llevó a cabo una simulación de un aula del edificio G, se comparó la eficiencia lumínica, cantidad de luminarias y el consumo energético (Véase Tabla 7).

Tabla 7 Comparación entre las luminarias Panel led 60x60 de 46W y Panel led 60x60 de 29 W Philips

Tecnología	Potencia W	No. De luminarias	Eficiencia lumínica (lm/w)	horas de uso (h)	Gasto energético (wh)
Luminaria actual	46	12	94	6	3,312
Luminaria Propuesta	29	12	123	6	2,088

Los resultados calculados por el programa Dialux evo del Aula G3, de las luminarias estudiadas fue un plano isométrico del nivel lumínico en todo el aula y un plano de colores falsos en 3D, donde se puede observar la disminución o aumento de los niveles de iluminación en diferentes áreas. Este se realizó con el acomodo de luminarias óptimo, es decir, en el cual las líneas isométricas fuesen más homogéneas y la iluminación en los lugares de trabajo fueran lo más parecidas posibles (véase Figura 4 y 5).

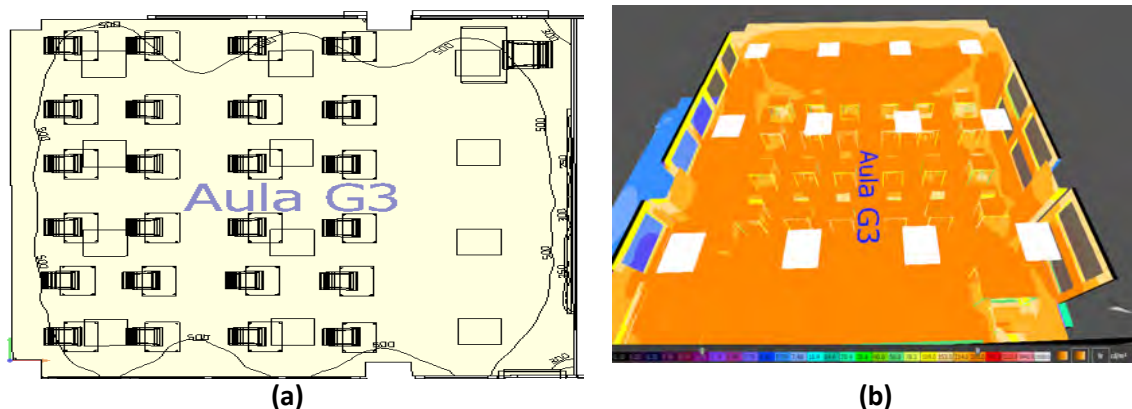


Figura 4. (a) Plano con líneas isométricas y (b) plano 3D con colores falsos de la simulación con luminaria de 46W del Aula G3 del Edificio G.

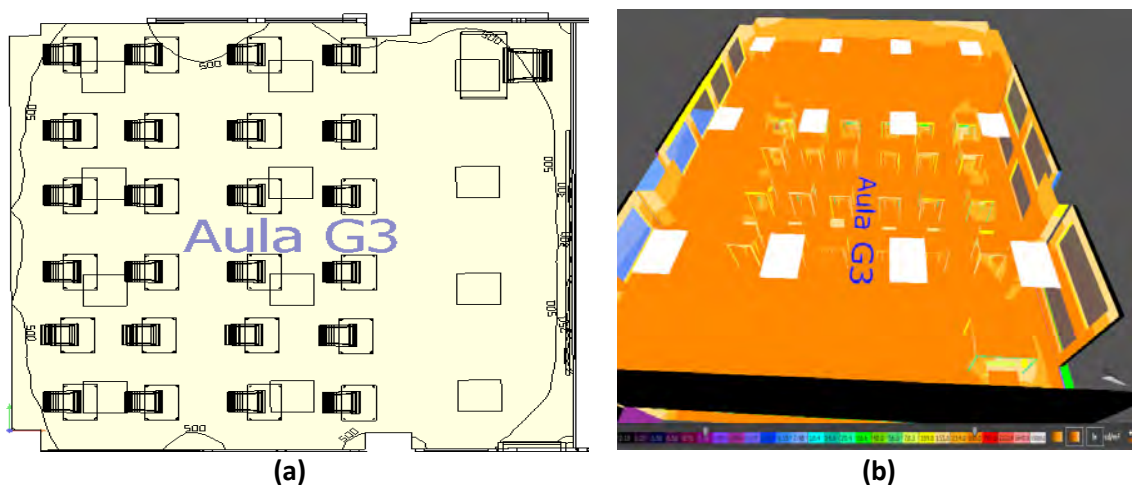


Figura 5. (a) Plano con líneas isométricas y (b) plano 3D con colores falsos de la simulación con luminaria de 29W del Aula G3 del Edificio G.

Se compararon las líneas isométricas y el plano 3D con colores falsos, revelando que la luminaria de 29 W, es más adecuada, debido a que la iluminación se esparce mejor en las mesas de trabajo laterales y no se generan sombras en la pared trasera.

Los resultados de la Tabla 8 muestran un consumo de uso de 48,760Wh con la instalación de alumbrado actual en el edificio G y un consumo de 30,210Wh en la propuesta de iluminación. Con ello esta propuesta proporciona un ahorro de 18,550Wh que en porcentaje representa un ahorro del 36%.

Tabla 8. Valoración del ahorro energético obtenido de la propuesta de iluminación al Edificio G.

Planta Alta edificio G	Horas ocupadas (h)	Consumo Total por zona actual (Wh)	Consumo Total por zona propuesta (Wh)	Ahorro energético obtenido con la propuesta de iluminación (Wh)
G5	6	3,312	1,566	1,746
G6	6	3,312	1,566	1,746
G7	6	3,312	1,566	1,746
G8	6	3,312	1,566	1,746
G9	6	3,312	1,566	1,746
Baño Hombres	6	1,104	522	582
Baño Mujeres	6	1,104	522	582
Sala de juntas	6	2,208	1,392	816
Cubículos de docente	6	4,416	2,262	2,154
Cubículos de jefes de carrera	4	736	696	40
Planta Baja edificio G				
Salón G1	6	3,312	2,088	1,224
Salón G2	6	3,312	2,088	1,224
Salón G3	6	3,312	2,088	1,224
Salón G4	6	3,312	2,088	1,224
Laboratorio de gastronomía	6	4,416	6,720	2,304
Sanitario Mujeres	6	1,104	696	408
Sanitario Hombres	6	1,104	696	408
Acceso Principal	3	1,656	348	1,308
Escaleras	3	1,104	174	930
Consumo Total Edificio G (Wh)		48,760	30,210	18,550

Propuesta de rediseño de alumbrado en el Centro de Cómputo.

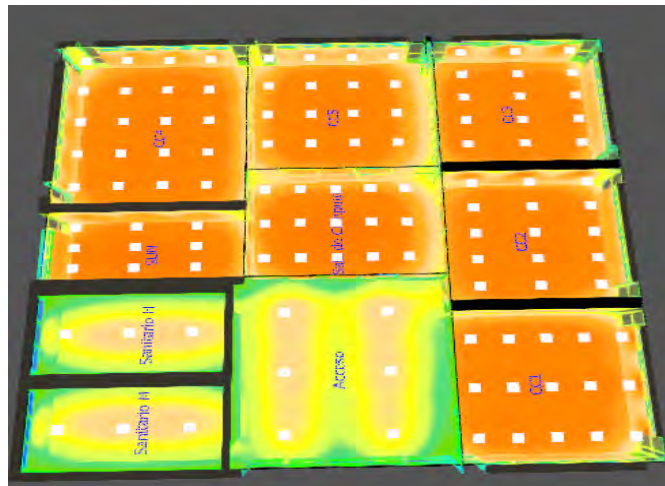


Figura 6. Plano en 3D con colores falsos del laboratorio del Centro de Cómputo

Utilizando como apoyo el programa DiaLux evo, se simuló y calculó el número de luminarias necesarias para cada área, respetando los valores de niveles de iluminación que dicta la NOM-025-STPS-2008 y de igual forma se analizó la homogeneidad de la iluminación en cada zona utilizando los planos isométricos obtenidos del cálculo (Ver Figura 6).

Los resultados que se observan en la Tabla 9, muestra un consumo por horas de uso de 44,032Wh con la instalación de alumbrado actual en el Centro de Cómputo y un consumo de 18,009Wh en la propuesta de iluminación. Con ello esta propuesta generó un ahorro de 26,023Wh que en porcentaje representa un ahorro del 59%.

Tabla 9. Valoración del ahorro energético obtenido de la propuesta de iluminación al Centro de Cómputo.

Área	Consumo Total por zona actual (Wh)	Consumo Total por zona propuesta (Wh)	Ahorro energético obtenido con la propuesta de iluminación (Wh)
CC1	7,168	3,045	4,123
CC2	7,168	3,045	4,123
CC3	7168	3,045	4,123
CC4	7,168	3,045	4,123
CC5	4,608	2,784	1,824
SUN	768	522	246
Sala de Computo	2,304	1,305	999
Baños H	768	261	507
Baños M	768	261	507
Acceso	6,144	696	5,448
Total Wh	44,032	18,009	26,023

Conclusiones

El presente proyecto evaluó el estado actual de iluminación de las luminarias del edificio G y del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. Se valoraron las tecnologías actuales dentro del alumbrado, el cumplimiento de la normativa en condiciones de iluminación en los centros de trabajo NOM-025-STPS-2008 y, la normativa de eficiencia energética en el sistema de alumbrado en edificios no residenciales NOM-007-ENER-2014.

Los resultados de este análisis permiten concluir que el cumplimiento de la NOM-007-ENER-2014 en el edificio G, particularmente el valor del DPEA es menor al valor establecido por la norma. Por otra parte, en el caso del edificio del Centro de Cómputo se cumple con lo establecido en la normativa a causa de que existen luminarias que no iluminan las zonas de trabajo, por lo que al momento del cálculo del DPEA resulta en un valor menor derivado de la cuantificación incorrecta de este parámetro. En cuanto a la aplicación de la NOM-025-STPS-2008, el edificio G presentó niveles de iluminación que exceden los valores establecidos por la norma en algunas casos en un 300%, al realizar el estudio de sustitución de luminarias por unas de menor consumo pero mayor iluminación. Se demostró que la distribución es correcta pero la capacidad de las lámparas no es la adecuada. Así mismo, el edificio del Centro de Cómputo presenta un porcentaje de más del 60% de incumpliendo de la norma, esto debido a las condiciones actuales de las luminarias instaladas en este edificio.

También se realizó un estudio de cambio de luminarias fluorescentes por luminarias LED, con una potencia menor y mayor de eficiencia lumínica mediante el software DIALUX evo 9.0, los resultados generaron un ahorro energético en los edificios estudiados. En el edificio G se puede lograr una disminución de 18, 550 Wh, lo que equivale a un 36% de ahorro en el consumo de energía eléctrica. Por otra parte, con la propuesta de cambio de luminarias para el Centro de Cómputo se puede lograr un ahorro en el consumo de energía eléctrica de 26, 023 Wh, lo que equivale a un 59%. Con estos resultados es posible concluir que el diseño de iluminación propuesto es viable y cumple con las normas NOM-007-ENER-2014 y NOM-025-STPS-2008. Para continuar con una ruta de mejora en el consumo de energía se pudieran realizar estudios de calidad de la energía y la implementación de sensores de movimiento para lograr un mayor ahorro en el consumo de energía.

Bibliografía

- Becerril del Olmo, J. (2017). Proyecto de mejora en la iluminación, eficiencia energética y control del flujo luminoso de la EPS, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid.
- Bustamante, C. & Hernández, C. (2013). Análisis Energético y Propuesta de ahorro para la Universidad Tecnológica de Salamanca, Chihuahua, Centro de investigación en materiales avanzados, S.C. México.
- Chatellier, D. & McNeil, M. (2019). Consumo de electricidad de edificios no residenciales en México: La importancia del sector de servicio, CONUEE. Ciudad de México.
- Dialux evo 9.0. Version: 5.9.0.49019, DIAL GmbH. (2020)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México 2018. Naciones Unidas.
- LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN. (2009). DOF. México.
- López, F. (2016). Implementación de la norma de iluminación NOM-025-STPS-2008 en la biblioteca de la URS de la Universidad de Sonora. (Tesis). Universidad de Sonora. Navojoa, Sonora.
- Martínez, A. (2006). Disminución de costes energéticos en la empresa. Tecnologías y estrategias para el ahorro y la eficiencia energética. Primera ed. España: Fundación confemetal.
- Martínez, F., Velasco, E. & Hernández, J. (2018). Eficiencia energética de los edificios. Certificación energética. Madrid: Parafino.
- NOM-007-ENER. (2014). Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. DOF. México.
- NOM-025-STPS. (2008). Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. DOF. México.
- Sánchez, M. (2015). UF0567: Eficiencia en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior. 5.1 ed. España: Editorial elearning s.l.