

Aplicación de eficiencia energética para optimizar el Sistema de Iluminación en una Institución de Nivel Superior

Application of energy efficiency to optimize the Lighting System in a Higher Level Institution

LEZAMA-ZÁRRAGA, Francisco Román†*, ANDRADE-DURÁN, Juan Edgar, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita

Universidad Autónoma De Campeche, Campus V, Predio s/n por Av. Humberto Lanz Cardenas y Unidad Habitacional Ecológica Ambiental, Col. Ex-Hacienda Kala, CP 24085, San Francisco de Campeche, Cam., México

ID 1^{er} Autor: *Francisco Román, Lezama-Zárraga/ ORC ID: 0000-0003-3397-7881, Researcher ID Thomson: U-1229-2018, CVU CONACYT ID: 205493*

ID 1^{er} Coautor: *Juan Edgar, Andrade-Durán/ ORC ID: 0000-0002-7370-1290, Researcher ID Thomson: T-8830-2018, CVU CONACYT ID: 238526*

ID 2^{do} Coautor: *Juan Carlos, Ovando-Sierra/ ORC ID: 0000-0003-4358-6657, Researcher ID Thomson: S-2357-2018, CVU CONACYT ID: 358434*

ID 3^{er} Coautor: *Margarita, Castillo-Téllez/ ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 210428*

Recibido 6 de Octubre, 2018; Aceptado 5 de Noviembre, 2018

Resumen

En este artículo se desarrolla un estudio con el objetivo de optimizar el sistema de iluminación interior y exterior de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche para obtener niveles de iluminación que cumplan con la norma NOM-025-STPS-2008 y que proporcione condiciones de seguridad a las personas que utilizan las instalaciones eléctricas en baja tensión. Se diseña un sistema basado en domótica a través de sensores de movimiento y tipo horario en el edificio B de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche y en el alumbrado exterior periférico a este edificio. Además, se verifica los niveles de iluminación de iluminación en las diversas áreas para verificar si cumple con la normatividad y las zonas que no cumplen serán rediseñadas. Con esta metodología se crea una alternativa que proporcione el máximo confort visual y el más alto rendimiento del sistema para lograr un verdadero ahorro de energía eléctrica. Este estudio piloto es la base para implementar un modelo de optimización de los sistemas de iluminación para Instituciones de Educación Superior.

Optimizar, Sistema de iluminación, Domótica

Abstract

In this article a study is developed with the aim of optimizing the interior and exterior lighting system of the Engineering Faculty of the Universidad Autónoma de Campeche to obtain lighting levels that comply with the standard NOM-025-STPS-2008 and that provides safety conditions to people who use low voltage electrical installations. A system based on home automation is designed through motion and time-type sensors in building B of the Engineering Faculty of the Universidad Autónoma de Campeche and in the exterior lighting peripheral to this building. In addition, the lighting levels in the various areas is performed to verify if it complies with the regulations and the areas that do not comply are redesigned. With this methodology an alternative that provides maximum visual comfort and the highest system performance to achieve real savings of electricity is created. This pilot study is the basis for implementing an optimization model of lighting systems for Higher Education Institutions.

Optimize, Lighting system, Home automation

Citación: LEZAMA-ZÁRRAGA, Francisco Román, ANDRADE-DURÁN, Juan Edgar, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita. Aplicación de eficiencia energética para optimizar el Sistema de Iluminación en una Institución de Nivel Superior. Revista de Ingeniería Innovativa 2018. 2-8:27-34

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: frlezama@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Ante el inminente crecimiento industrial y tecnológico, la demanda de energía eléctrica se ha incrementado exponencialmente. Los grandes complejos comerciales, industriales y de servicios que se desempeñan las 24 horas del día requieren niveles de iluminación que proporcione condiciones de seguridad a las personas que realizan tareas muy específicas. La iluminación de un área de trabajo, de descanso o de esparcimiento debe proveer la suficiente cantidad de radiación visible para que las imágenes recibidas transmitan las ideas con fidelidad.

La información que vemos a nuestro alrededor depende de varios factores: del tipo de la fuente de iluminación, de su ubicación en el lugar, así como de los objetos que reflejan la luz (paredes, piso, techo, mobiliario) e incluso, del color que se transmite o se refleja.

De todos los tipos de energía que pueden utilizar los seres humanos, la luz es la más importante. La luz es un elemento esencial de nuestra capacidad de ver y necesaria para apreciar la forma, el color y la perspectiva de los objetos que nos rodean en nuestra vida cotidiana. Desde el punto de vista de la seguridad en el trabajo, la capacidad y el confort visuales son muy importantes, ya que muchos accidentes obedecen, entre otras razones, a deficiencias en la iluminación o a errores cometidos por el usuario, a quien le resulta difícil identificar objetos o los riesgos asociados con la maquinaria, equipo y objetos considerados peligrosos.

Los trastornos visuales asociados con deficiencias del sistema de iluminación son habituales en los lugares de trabajo. En adición, no debe ahorrarse energía a expensas del confort visual o del rendimiento de los usuarios.

Para lograr el confort visual, es importante examinar la luz en el lugar de trabajo no sólo con criterios cuantitativos, sino también cualitativos a través de mediciones puntuales localizadas.

En el edificio B de la Facultad de Ingeniería se debe verificar la precisión que requieren las tareas realizadas, la cantidad de trabajo, la movilidad de los usuarios (docentes y alumnos).

La luz debe incluir componentes de radiación difusa y directa. El resultado de la combinación de ambos producirá sombras de mayor o menor intensidad, que permitirán a los usuarios percibir la forma y posición de los objetos situados en el plano de trabajo. Deben eliminarse los reflejos molestos, que dificultan la percepción de los detalles, así como los brillos excesivos o las sombras oscuras. Debe tomarse en cuenta la luz natural del día y medir sus niveles de iluminación con el fin de validar si es pertinente o no su utilización.

El mantenimiento preventivo de la instalación de alumbrado es muy importante ya que previene el envejecimiento de las lámparas y la acumulación de polvo en las luminarias, cuya consecuencia será una pérdida importante de luz. Por esta razón, es importante elegir lámparas y sistemas fáciles de mantener.

En este artículo, el estudio de eficiencia energética para optimizar el sistema de iluminación se realiza en el primer nivel del edificio B de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche con el fin de obtener un diagnóstico del consumo energético que ofrezca las soluciones a la problemática en lo referente a las cargas de iluminación y alumbrado exterior. Verificar si se requiere un cambio de tecnología en iluminación o algún cambio en los hábitos de consumo, crear conciencia e implementar acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica dentro del personal administrativo, docente y alumnado.

En la primera sección, se explica sobre el nivel óptimo de iluminación en las diferentes áreas de trabajo, principalmente en las aulas y evitar su uso irracional. En la segunda sección, se describe la metodología propuesta para tener resultados significativos de eficiencia energética en la iluminación del campus. En la tercera sección, indica el procedimiento de las mediciones realizadas de acuerdo con la NOM vigente. Por último, en la cuarta sección se muestran los resultados obtenidos de mediciones e implementación de estrategias de eficiencia energética. Finalmente, en la sección de conclusiones se indica la importancia de este estudio y los resultados obtenidos.

Metodología propuesta

Tomando como referencia la metodología de Checkland (Checkland, P. 1994), la propuesta consta de las siguientes etapas:

Preparación de materiales, herramientas, equipo de medición y del personal que realizará el trabajo de campo.

Levantamiento físico en las instalaciones con ayuda de los planos eléctricos, identificando cada uno de los circuitos de alumbrado.

Evaluar los niveles de iluminación en cada área de trabajo, de acuerdo a la NOM-025-STPS-2008, tomando en cuenta el uso de la luz natural y la luz artificial.

Analizar la información requerida con ayuda de hojas de cálculo y software especializado.

Definir las propuestas de mejora que optimizarán el sistema de iluminación y modificarán procesos administrativos internos. Realizar un informe final del diagnóstico energético, el cual incluye un programa de mantenimiento preventivo.

Con el fin de tener resultados significativos en el proceso de optimización mediante la aplicación de la eficiencia energética, se debe cumplir con el procedimiento plasmado en la figura 1, la cual se muestra a continuación.



Figura 1 Etapas del proceso de optimización de un sistema de iluminación

Fuente: *Elaboración propia*

El informe final debe de incluir:

Objeto y alcance técnico para la optimización del sistema de iluminación del edificio B de la Facultad de Ingeniería.

Metodología utilizada y desarrollo de la misma.

Análisis de las propuestas de mejora

Una de las mejoras que se proponen para lograr un ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en el sistema de iluminación está basada en la domótica y se incluye en este estudio.

Domótica en el sistema de iluminación

Las tendencias actuales en el tema del confort, seguridad, telecomunicaciones y ahorro energético aplicadas a edificios han propiciado el desarrollo de nuevas áreas del conocimiento como la Domótica (Zamora-Izquierdo, M. 2010).

La domótica es la utilización de un conjunto de tecnologías para controlar y automatizar de forma inteligente un edificio o una vivienda, permitiendo una mejor comunicación entre el usuario y todos los sistemas de su entorno (Fundación UNAM, 2016).

Dado que las luminarias son utilizadas de manera irracional en la Facultad de Ingeniería, en este estudio se incluyó el análisis de la implementación de un sistema de control a través de sensores de movimiento y tipo horario para el encendido y apagado de las luminarias cuando realmente se está haciendo uso de un área determinada. Este dispositivo fue creado por nuestros alumnos de la especialidad de Ingeniería en Mecatrónica.

Se trata del diseño de un dispositivo de control para el alumbrado artificial que tiene funciones de encendido y apagado, cuyo objetivo principal es establecer la conexión remota entre el módulo de control y un dispositivo conectado a internet a través de una interfaz programable de acuerdo a las especificaciones requeridas e interactuando con diversos estándares de comunicación para el control ON-OFF de las luminarias instaladas en cada una de las aulas del edificio B, primer nivel en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche.

Dicho control, se lleva a cabo cuando se detecta movimiento en el aula o de forma automática según la programación de horarios de clases mediante la interfaz computacional (véase figura 2).

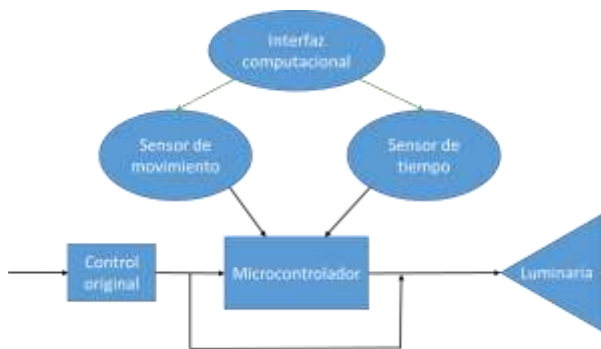


Figura 2 Elementos del diseño de control automático de luminarias
Fuente: Elaboración Propia

Mediciones para el nivel de iluminación

El nivel de iluminación se mide con un luxómetro que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica, que posteriormente se amplifica y permite una fácil lectura en una escala de luxes calibrada. Al elegir un cierto nivel de iluminación para un puesto de trabajo determinado, deberán estudiarse la naturaleza del trabajo, la reflectancia del objeto y de su entorno inmediato y las diferencias entre la luz natural y la luz artificial.

Evaluación de los niveles de iluminación

De acuerdo a la NOM-025-STPS-2008, existe una relación que permite calcular el número mínimo de puntos de medición a partir del valor del índice de área aplicable al interior analizado. El valor del índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)} \tag{1}$$

Donde:

IC = índice de área.

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

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

En donde x es el valor de índice de área (IC) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de x es 4.

En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a 75 cm ± 10 cm, sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.

A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición que se muestran en la Tabla 1.

Índice de área	A) Número de mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

NOM-025-STPS-2008.

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

Cumpliendo con la norma, el valor promedio en Luxes obtenido de las mediciones está dado por

$$L_{prom} = \frac{(\sum L_{puntual})}{N} \tag{2}$$

Donde: Lprom es el nivel promedio de iluminación en luxes, Lpuntual es el nivel de iluminación en luxes de cada punto y N es el número de mediciones realizadas.

Análisis de la información y resultados
Se realizaron las mediciones de los niveles de iluminación en el primer nivel del edificio B de la Facultad de Ingeniería (ver figura 3).



Figura 3 Área en la cual se realizó el estudio
Fuente: Elaboración Propia

La figura 4 representa una ampliación en el lado izquierdo de la figura 3 para observar a detalle las aulas, los pasillos, el estrado y los faldones del edificio.

Se procedió a realizar las mediciones con el luxómetro marca KOBAN modelo KL6610.

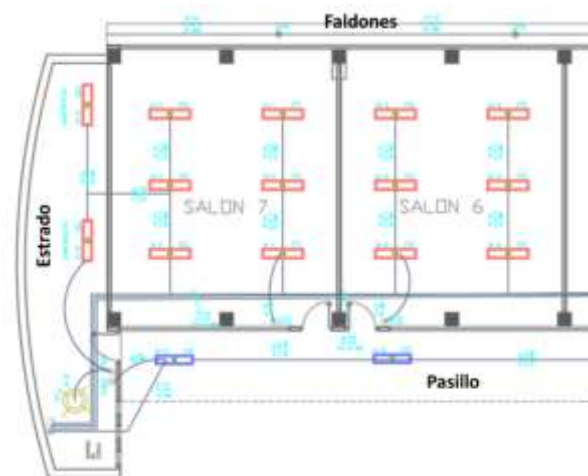


Figura 4 Aulas, pasillo y estrado

Fuente: *Elaboración Propia*

Las dimensiones de cada aula son 7.2 m. de largo, 8.4 m. de ancho y 4.2 m. de altura, por lo que el índice del área es

$$IC = \frac{(7.2)(8.4)}{4.2(7.2 + 8.4)} = 0.923 \approx 1.0$$

De acuerdo con la tabla 1, las mediciones mínimas, en luxes, deben ser 9 en cada aula distribuidas uniformemente y usando la ecuación (2) se obtiene un promedio de las mediciones para definir si cumple o no con la norma NOM-025-STPS-2012. Durante la primera medición, se encontró que en los salones 1, 3, 6 y 7 se tenía dañadas al menos una luminaria de 2x56W y en la tabla 2 se muestran los resultados.

Mediciones	Aula #						
	1	2	3	4	5	6	7
1ª	213	483	246	492	502	518	503
2ª	256	476	486	489	507	519	509
3ª	412	491	479	491	504	515	507
4ª	219	521	228	512	528	487	296
5ª	270	518	274	519	525	352	318
6ª	428	519	521	516	531	232	532
7ª	382	521	518	523	518	523	274
8ª	493	509	532	527	522	339	321
9ª	502	512	536	524	525	224	523
Promedio	353	505	424	510	518	412	420

Tabla 2 Mediciones iniciales

Fuente: *Elaboración Propia*

Se observa que todas las aulas cumplen con los requerimientos mínimos de iluminación gracias al valor promedio, pero en las mediciones localizadas, las que dan valores por debajo de 300 luxes, indican que en esa área se encuentran las luminarias dañadas mencionadas anteriormente. Aunque en general se cumple con la norma, se debe realizar las correcciones para optimizar el nivel de iluminación de cada aula.

En la tabla 3 se muestran las mediciones en las que se han reemplazado las luminarias dañadas. Además, se realiza la comparación del uso de luz artificial en las primeras 4 aulas contra el uso de luz natural utilizada en las últimas tres aulas.

Mediciones	Aulas con luz artificial				Aulas con luz natural		
	1	2	3	4	5	6	7
1ª	506	509	507	512	482	478	476
2ª	502	512	509	509	486	481	479
3ª	509	514	511	506	487	479	477
4ª	527	536	528	514	431	422	418
5ª	519	524	526	522	429	419	414
6ª	523	527	528	519	432	424	420
7ª	520	526	523	527	492	482	484
8ª	518	514	534	529	483	481	487
9ª	523	516	537	529	482	479	485
Promedio	516	520	522	518	467	460	460

Tabla 3 Mediciones finales

Fuente: *Elaboración Propia*

De la tabla anterior se demuestra que los niveles de iluminación en las aulas con luz artificial y las que utilizan luz natural, cumplen con los niveles mínimos de iluminación de acuerdo a la tabla 4. Una recomendación importante es que durante el día las aulas utilicen la luz natural, por lo que el control ON-OFF de luminarias mantendrá las luminarias apagadas en los horarios de clase de 7:00 a 16:00 hr.

Uso del control ON-OFF para iluminación

Se implementó el control ON-OFF para las luminarias en el edificio B, se realizaron pláticas de concientización y se utilizó la luz natural en las aulas durante el día en vez de cerrar las cortinas y usar iluminación artificial.

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos (luxes)
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajo de oficina	Talleres: áreas de empaque y ensamble; aulas y oficinas.	300
En interiores	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacen; plataformas; cuartos de calderas.	100
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimientos de vehículos.	Exteriores generales; patios y estacionamientos.	20

NOM-025-STPS-2008.

Tabla 4 Niveles mínimos de iluminación

El ahorro energético en las luminarias con control ON-OFF, a través de sensores de tiempo, se muestra en la tabla 5, y se implementó en el edificio B, primer nivel. Son seis gabinetes de 2x56 W en cada salón, 12 lámparas de 2x28 W en los pasillos y en el estrado son dos lámparas de 2x28W y una de tipo led de 4W.

Edificio B, 1er. nivel	Anterior		Actual Control ON-OFF Sensor de tiempo	
	Salón No.	Horas de uso	Consumo (kWh)	Horas de uso
1	10	7.392	4	2.957
2	10	7.392	4	2.957
3	10	7.392	4	2.957
4	10	7.392	4	2.957
5	10	7.392	4	2.957
6	6	4.435	0	2.957
7	4	2.957	4	2.957
Pasillos	13	9.609	13	4.804
Estrado	4	0.508	1	0.127
Faldones	24	0.672	13	0.364
Totales		55.141		25.994

Tabla 5 Comparación de consumo de energía eléctrica de luminarias en un día

Fuente:Elaboración Propia

Se realizó la comparación entre el ahorro de energía eléctrica con sensor de tiempo y sensor de movimiento, observándose que se tienen mayores ahorros cuando se empleó el sensor de movimiento. Esto se muestra en la tabla 6.

Con el sensor de movimiento se reducen en los salones No. 2 y No. 5 debido a que no hubo clase el día de la medición y no acudieron alumnos al salón. Y en los faldones no hay movimiento de alumnos, manteniéndose permanentemente apagadas las luminarias. Por lo tanto, hay una reducción en el consumo de la energía eléctrica usando el sensor de movimiento.

Edificio B, 1er. nivel	Control ON-OFF Sensor de tiempo		Control ON-OFF Sensor de movimiento	
	Salón No.	Horas de uso	Consumo (kWh)	Horas de uso
1	4	2.957	4	2.957
2	4	2.957	2	1.478
3	4	2.957	4	2.957
4	4	2.957	4	2.957
5	4	2.957	2	1.478
6	0	2.957	0	2.957
7	4	2.957	4	2.957
Pasillos	13	4.804	8	5.914
Estrado	1	0.127	1	0.127
Faldones	13	0.364	0	0
Totales		25.994		23.782

Tabla 6 Comparación de consumo de energía eléctrica de luminarias en un día empleando sensor de tiempo y sensor de movimiento

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de energía eléctrica

Se instaló el analizador de redes trifásico en el Tablero Trifásico de alumbrado y se obtuvieron los resultados mostrados en el gráfico 1 en el cual se observa la disminución en el consumo de energía al implementar el control ON-OFF. El gráfico 2 muestra una comparación entre el consumo acumulado de de energía eléctrica de las luminarias, en la que se observa resultados de ahorro de energía con el control ON-OFF representado por la línea naranja.



Gráfico 1 Comparación entre el consumo de luminarias sin estrategia de ahorro de energía (línea azul) y con estrategia de ahorro de energía (línea naranja)

Fuente:Elaboración Propia



Gráfico 2 Comparación entre el consumo acumulado de luminarias

Fuente: *Elaboración Propia*

En las gráficas anteriores, se verifica la diferencia de consumo de energía eléctrica entre el apagado y encendido de las luminarias de manera manual y automática presentándose diferencias favorables para el ahorro y uso eficiente de la energía con el control ON-OFF automatizado.

Las medidas de ahorro de energía en las luminarias se implementaron en el mes de marzo de 2018, las cuales incluyen el control ON-OFF y pláticas de concientización entre la comunidad universitaria para usar la luz natural durante el día y por la tarde y noche mantengan apagadas las luminarias en las aulas y pasillos que no se estén utilizando.

Esto dio por resultado que el consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería disminuyera con respecto al mes de marzo de los años 2016 y 2017 (ver tabla 7).

Consumo (kWh)				
Mes	Base	Interm.	Punta	Total
marzo-16	6,845	26,135	4,728	37,708
marzo-17	5,643	24,023	4,223	33,889
marzo-18	5,491	22,872	4,212	32,575

Tabla 7 Comparación de consumo de energía eléctrica en el mes de marzo de los años 2016, 2017 y 2018

Fuente: *Elaboración Propia*

Medidas de eficiencia energética

Las principales medidas de eficiencia energética que se recomendaron en el informe final para ser aplicada en todo el campus son:

Sustituir lámparas dañadas y de baja eficiencia por lámparas fluorescentes tipo LED.

Instalar sensores de tiempo para el control de las luminarias en las diferentes áreas, principalmente en el centro de cómputo y oficinas que son las que funcionan la mayor parte del día.

Crear un programa de mantenimiento preventivo para las luminarias con el fin de evitar el deterioro y mantener condiciones de confort visuales.

Implementar el sistema de Gestión ISO 50001 para que supervise el cumplimiento de las medidas de eficiencia energética.

Conclusiones

En este artículo se realizó un estudio de eficiencia energética en el sistema de iluminación del edificio B, primer nivel, de la Facultad de Ingeniería, mediante la medición de los niveles de iluminación en las aulas, primero, analizando niveles de iluminación con luminarias dañadas sin el control automático y segundo, comparando los luxes empleando luz natural y luz artificial con el control automático, obteniendo resultados importantes para aplicar en nuestro campus. Se obtuvo mayor ahorro de energía eléctrica empleando el sensor de movimiento.

Se demuestra que al implementar estas medidas se reduce el consumo de energía eléctrica por iluminación y que al aplicarlo en un futuro a todo el campus se tendrán valores significativos de ahorro y uso eficiente de la energía.

Se concluye que la metodología empleada es una guía de acciones que se deben realizar de manera ordenada y con un orden cronológico en Instituciones de Educación Superior con el fin de reducir costos de consumo de energía eléctrica a través de la eficiencia energética.

Referencias

Checkland, P. & Scholes J. (1994). Metodología de los sistemas suaves en acción. México: Megabyte, Noriega Editores. 352p.

Enríquez Harper, G. (2007). El abc del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión. 1era. Edición. México: Limusa.

Estevez L. (2012) NOM 001 Sede 2012 Instalaciones Eléctricas (Utilización), México: Limusa.

Fundación UNAM. Domótica. La Ciencia de hacer hogares inteligentes. (Digital). México: UNAM. Recuperado de: <http://www.fundacionunam.org.mx/mi-tecnologia/domotica/> . Consultado el 9/05/18; 6:17 pm.

Ley General de Cambio Climático. (Junio, 2012). Título Cuarto: Política Nacional de Cambio Climático. Capítulo III: Mitigación México: DOF.

Manual del Alumbrado de Westinghouse. (2000). Editorial Dossat. ISBN: 84-237-0314-2 4ta. Edición.

Presidencia de la República. (2012). Sexto Informe de Gobierno: Desarrollo Sustentable y Cambio climático. (Digital) .México: SEGOB. Eje 4, Tema 4.6. Recuperado de http://calderon.presidencia.gob.mx/informe/sext_o/pdf/INFORME_ESCRITO/04_CAPITULO_DESARROLLO_SUSTENTABLE/4_06_Cambio_Climatico.pdf Consultado el 12/06/18, 5:42 pm.

Rey F. & Velasco E. (2006). Eficiencia energética en Edificios: certificación y auditorías energéticas. España: Paraninfo, 2006.

Secretaria del Trabajo y Prevision Social. (12 de Diciembre de 2008). NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. México: Diario Oficial de la Federación.

Zamora, Santa, & Gomez. (2010). An integral and networked home automation solution for indoor ambient intelligence. IEEE Pervasive Computing. Vol. 9, 2010.

http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=219 Consultado el 14/05/18; 11:28 am.

http://app.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=HM&Anio=2017&mes=6 Consultado el 28/05/2017; 7:43 pm.