

REGULACIÓN LUMINOSA MEDIANTE SENSORES FOTORECEPTORES PARA SU USO EN LA DOMÓTICA

Ulices Camacho Altamirano

Universidad Autónoma del Estado de México

ucamachoa713@alumno.uaemex.mx

Irma Martínez Carrillo

Universidad Autónoma del Estado de México

imartinezca@uaemex.mx

Carlos Juárez Toledo

Universidad Autónoma del Estado de México

cjuarez@uaemex.mx

Resumen

En tiempos actuales el uso de energías alternas ha sido un tema de interés, puesto que el calentamiento global genera estragos significativos al medio ambiente, debido a las fuentes que no son renovables y que son el principal motor de la manufactura u otros procesos aplicados en la industria. Cuando se piensa en energías renovables como alternativa a los combustibles de origen fósil, lo primero que se viene a la mente es la posibilidad de utilizar la energía solar, ya que la cantidad total de energía, procedente del sol, que se recibe en la tierra supera en más de 10,000 veces la demanda energética total de la humanidad [1].

En este trabajo se diseña un sistema autónomo de regulación de intensidad luminosa mediante sensores fotorreceptores que captan la energía solar para su uso en la domótica. El sistema se implementó en un espacio cerrado bajo las tres condiciones siguientes: la geometría de la habitación, regulación de los sensores fotorreceptores y por último la sincronización del sistema con respecto a la

luminosidad requerida. Para el proceso de los datos, se utilizó el lenguaje de Matlab.

Palabra(s) Clave(s): Domótica, energía solar, iluminación natural, flujo luminoso, sistemas de control.

Abstract

The use of alternative energy it is an interesting topic, so the global warming generates significative havoc to enviroment, by the use of nonrenewable sources because are applied by the industry.

The renewable energy as alternative to fossil fuels, the first is the posibilidad of using solar energy because the quantity of energy comes from the sun is enough to satisfy the energy consumption of human race.

This work proposes to developed an autonomous system of luminous flux through fotoreceptors sensors. These sensors catch the sunlight, for the use of home automation. The system was implemented indoor space, it has three important factors, the first is the geometry of the room, the second is the calibration of sensors and the programation and finally the physic parts sincronization with the mathematical theory. The result data was processed in Matlab language.

Keywords: *Control system, home automation, luminous flux, natural lighting and solar energy.*

1. Introducción

La automatización es una disciplina de la ingeniería que ha aportado un gran desarrollo en diversas áreas de la ciencia, tecnología y la industria, hoy en día se requiere introducir la automatización en diversos procesos para hacer frente a las necesidades que demanda la sociedad actual, como el uso de fuentes de energía y esfuerzo humano, en procesos de manufactura utilizados en la industria, comercio, hogar, bienes y servicios [2].

Ante esta situación el hombre ha venido desarrollando y adaptando avances tecnológicos, para hacer su vida más cómoda. La implementación de la domótica se remonta a los años 70, cuando aparecieron los primeros edificios inteligentes,

los cuales se limitaban a la regulación de la temperatura ambiente y encendido de luminarias. Hoy en día es posible adecuar sistemas autómatas en una vivienda capaz de ofrecer el confort y la seguridad, acompañada a su vez de un ahorro energético [3, 4, 5].

En este trabajo se propone un sistema autónomo para la regulación de intensidad luminosa a partir de la iluminación natural conmutando con la energía artificial, mediante el uso de métodos y técnicas de sistemas de control retroalimentados.

2. Métodos

Para la optimización de la energía eléctrica en el uso de lámparas, comúnmente se utilizan la bombilla incandescente, los tubos fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio y sodio, luminarias de LED donde su función es transformar la energía eléctrica en energía luminosa, bajo los siguientes principios:

- **Teorema1:** La iluminación que provoca una ventana cuando recibe directamente la luz del sol puede llegar hasta 10 000 lux, donde el nivel de iluminación queda definido por la ecuación [6]:

$$E_p = \frac{B}{2} \tan^{-1} \frac{m}{a} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + f^2}} \tan^{-1} \frac{m}{\sqrt{a^2 + f^2}} \quad (1)$$

Donde B es la brillantez o luminancia, con valor 100 $lumen/pie^2$ o 0.12 $lumen/cm^2$ de la superficie de ventana iluminada, E_p corresponde al punto plano de trabajo, alejado a una distancia a de la ventana, f es la altura de la ventana m el largo de la ventana y a es distancia a evaluar de un punto tomado desde la ventana. La representación gráfica de la ecuación 1 es dada por figura 1.

- **Teorema 2:** Cálculo de iluminación en interiores es complicada debido a que intervienen diversos factores tales como: el tiempo de operación de las lámparas, condiciones físicas, temperatura, polvo en luminarias y pared, mantenimiento, geometría de la habitación, topografía, orientación de la ventana entre otros [8,9]. El cálculo del flujo total es definido por ecuación 2.

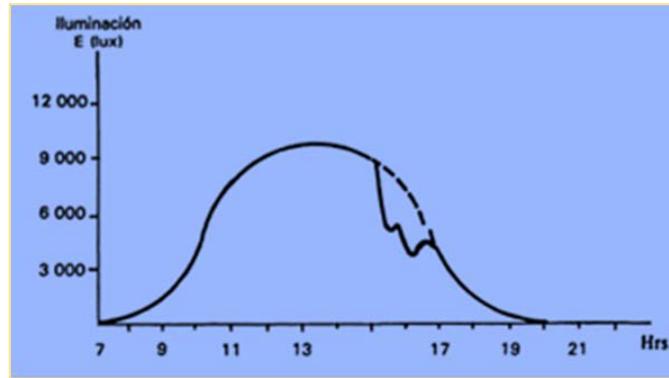


Figura 1 Variación de lux, medidas en un día claro [7].

$$K = \frac{ab}{H(a+b)} \quad (2)$$

Donde K es el índice de local, a y b son el ancho y largo de la superficie a evaluar, y H corresponde a la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. La cavidad de zona, es obtenida por la siguiente ecuación

$$RC = \frac{5H(a+b)}{ab} \quad (3)$$

Siendo RC la relación de cavidad, a y b corresponde al ancho y largo de la superficie a estudiar, y H la altura de la cavidad en consideración (techo, piso o cuarto).

Las ecuaciones 2 y 3 permiten conocer el número necesario de luminarias para superficies específicas.

Diseño y desarrollo del sistema de regulación autónomo

La falta de una cultura de ahorro de energía eléctrica en los hogares aumenta drásticamente el consumo innecesario de la misma, el cual puede disminuirse al estudiar la regulación de la iluminación en una habitación, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar, sin necesidad de consumir más que la necesaria.

El trabajo se desarrolló mediante la siguiente metodología:

- Estudio de flujo dentro de la habitación.

- Programación del sistema de apertura y cierre de persianas.
- Recabar datos mediante la distribución de fotorresistencia y la distribución espacial propuesta.
- Representación de resultados para comprobar la efectividad del trabajo realizado.

Se muestra en la figura 2, el diagrama de flujo que representa el proceso sugerido para el sistema de iluminación.

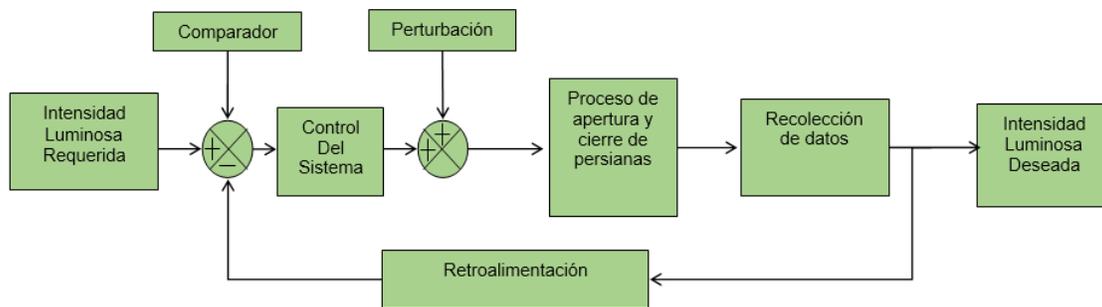


Figura 2 Diagrama de flujo de recolección de datos.

En el diagrama de control de la figura 2 está conformado por la secuencia de bloques:

- **Intensidad luminosa requerida:** conformado por la cantidad de luz recibida en el interior y exterior de la habitación la cual es considerada como la variable de entrada.
- **Control del sistema:** es la programación de fotorresistencias calibradas con el fin de que censen la misma cantidad de luz.
- **Proceso de apertura y cierre de persianas:** es la parte la capacidad de giro que nos brinda el servomotor.
- **Recolección de datos:** las mediciones de los datos obtenidos se captaron en las fotorresistencias, se generaron mediante el software Arduino y se proyectaron por el monitor serial.
- **Intensidad luminosa deseada:** es la cantidad de luz regulada por el sistema de control de apertura y cierre en el interior de la habitación, la cual

es adaptable a la variación de flujo luminoso captado por los sensores fotorreceptores.

En la figura 3, se muestra el procedimiento para montaje e instalación del sistema.

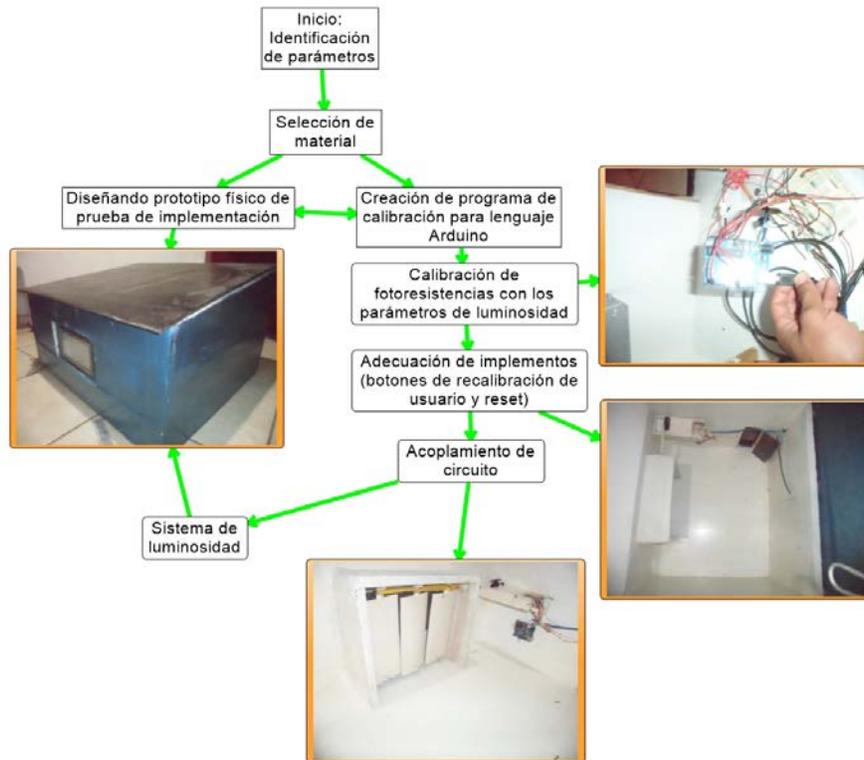


Figura 3 Diagrama de procedimiento para montaje e instalación del sistema.

Como primer paso en la figura 4, se muestra la calibración de fotorresistencias mediante los parámetros de luminosidad requeridos.

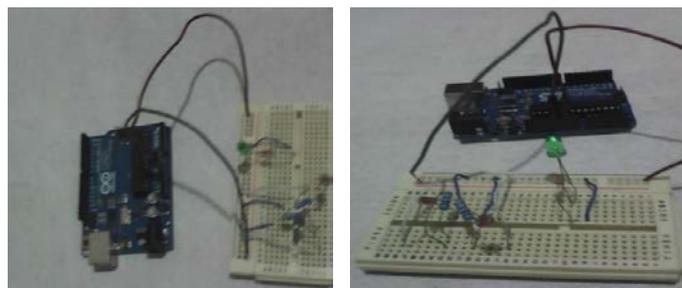


Figura 4. Calibración de las fotorresistencias.

La calibración establece un parámetro mínimo el cual dará inicio al arranque del sistema, mediante dos sensores donde el primero registra los niveles de luminosidad en el exterior de la ventana, el segundo registra en el interior de la habitación.

En la figura 5, se muestra el acoplamiento de circuito de control dentro del prototipo.



Figura 5 Acoplamiento del circuito de control.

El sistema de iluminación está conformado por tres persianas, cuyo fin es moverse de forma sincronizada por lo que giran en un solo sentido, dejando entrar la luz o bloqueando su paso, como lo muestra la figura 6.

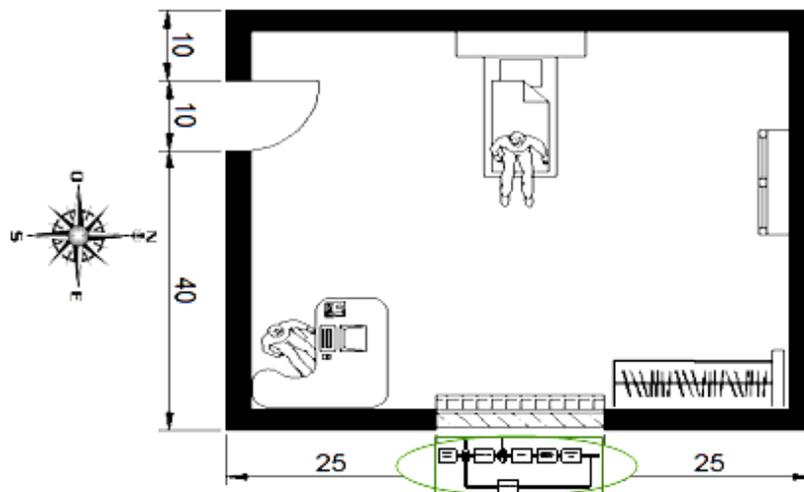


Figura 6 Distribución del sistema de apertura y cierre de persianas.

Con el prototipo finalizado y adecuado a los parámetros requeridos para el estudio de luminosidad, se realizaron las pruebas necesarias en diferentes tipos de horarios, para cada caso los datos recopilados son:

- **Caso1:** Corresponden a la simulación de un amanecer en un horario de prueba de 7:00 a 9:00 horas.
- **Caso 2:** Corresponde a la simulación del anochecer en un horario de prueba de 19:00 a 21:00 horas.
- **Caso3:** Corresponden a la simulación de un día con mucho sol en un horario de prueba de 12:00 a 14:00 horas.

En la figura 7 se muestran los modelos monitoreados por el sistema de control.

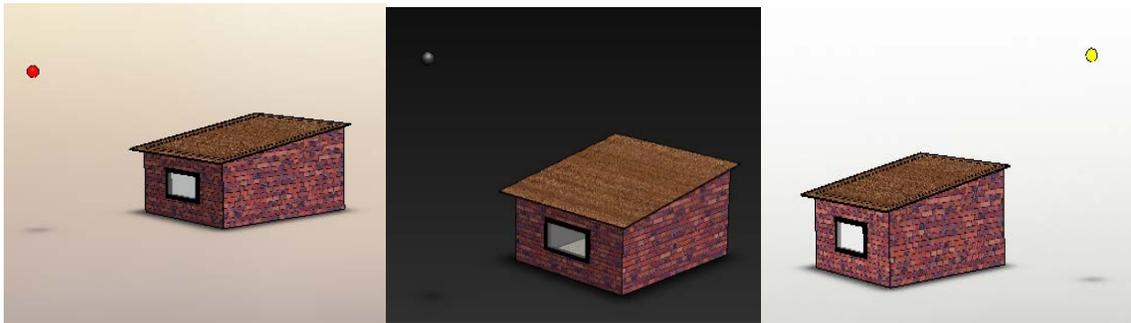


Figura 7 Modelos correspondientes empleados en los casos de estudio.

Los datos obtenidos de las muestras registradas se procesaron utilizando el software de Matlab ante los tres casos de estudio.

3. Resultados

La tabla 1 muestra la secuencia mediante la cual se realizó el cálculo del flujo luminoso perteneciente al modelo de habitación derivado del método de flujo total. De acuerdo a los datos obtenidos se obtuvieron las siguientes gráficas para los casos de estudio, las figuras 8, 9 y 10, muestran el comportamiento referente a la intensidad de flujo luminoso.

Tabla 1 Cálculo de flujo luminoso.

Pasos	Datos			Características
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	
Dimensión de la habitación	4.0	3.0	2.2	Dimensiones consideradas de una habitación convencional
Nivel de iluminación en luxes	I.E.S 992 700 lx	S.M.I.I. 400 lx	Tabla 2 1 000 lx	Niveles de iluminación de las tablas 3 y 4.
Índice de local	$K = \frac{(4)(3)}{(2.2)(4+3)} = 0.78$			Valor más próximo correspondiente a la tabla 5.
Factor de utilización	$\mu = 0.48$			Valor tomado de la tabla 5.
Flujo luminoso teórico	$\phi = \frac{Es}{\mu M}$	$\phi = 13333.33$		El nivel de iluminación y $M = 0.75$ se obtienen de S.M.I.I.
Flujo luminoso real	$\phi T = \frac{\phi}{\eta L}$	$\phi T = 15686.27$		El flujo real de rendimiento para las luminarias ηL es 0.85
Tipo de luminarias y cantidad	$Núm.lámparas = \frac{\phi T}{\phi L}$	$Núm.lámparas = 12.85$		Se seleccionara una luminaria de 1220 lúmenes. Por cuestión de geometría se consideran doce luminarias.

Tabla 2 Comparación de resultados obtenidos del estudio de iluminación.

Nivel de iluminación obtenido	
SMII	400 lx
Amanecer	46 lx
Anochecer	43 lx
Medio día	310 lx

Tabla 3 Valores estandarizados en Lux de acuerdo al área de estudio.

ESPACIO DE ESTUDIO RESIDENCIAS	LUXES	
	IES 992	SMII 952
Tareas visuales específicas:		
• Juegos de mesa, cabeceras	300	200
• Cocina	500	300
• Lavadero, mesa de planchado	500	300
• Cuarto de estudio	700	400
• Costura	1000	600
Iluminación general:		
• Entradas, halls, escaleras	100	60
• Salas, comedores, recamaras	100	60
• Lavandería y cuarto de baño	300	200

Tabla 4 Valores típicos de iluminación.

CONDICIONES DE LUZ	LUXES
Noche sin luz	0.01
Claro de luna	0.1
Noche con luna llena	0.2
Oficina con buena iluminación	500
A la sombra de un árbol	5 000-50 000
Un día claro con cielo nebuloso	20 000
Por la mañana	10 000-100 000
A pleno sol en la playa	100 000-200 000

Tabla 5 Factor de utilización de lámparas.

Índice del local K	Factor de utilización (η)										
	Factor de reflexión del techo										
	0.8			0.7			0.5			0.3	
	Factor de reflexión de las paredes										
0.6	0.39	0.35	0.32	0.38	0.34	0.32	0.38	0.34	0.31	0.33	0.31
0.8	0.48	0.43	0.40	0.47	0.42	0.40	0.46	0.42	0.39	0.41	0.38
1.0	0.53	0.49	0.46	0.52	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45	0.46	0.44

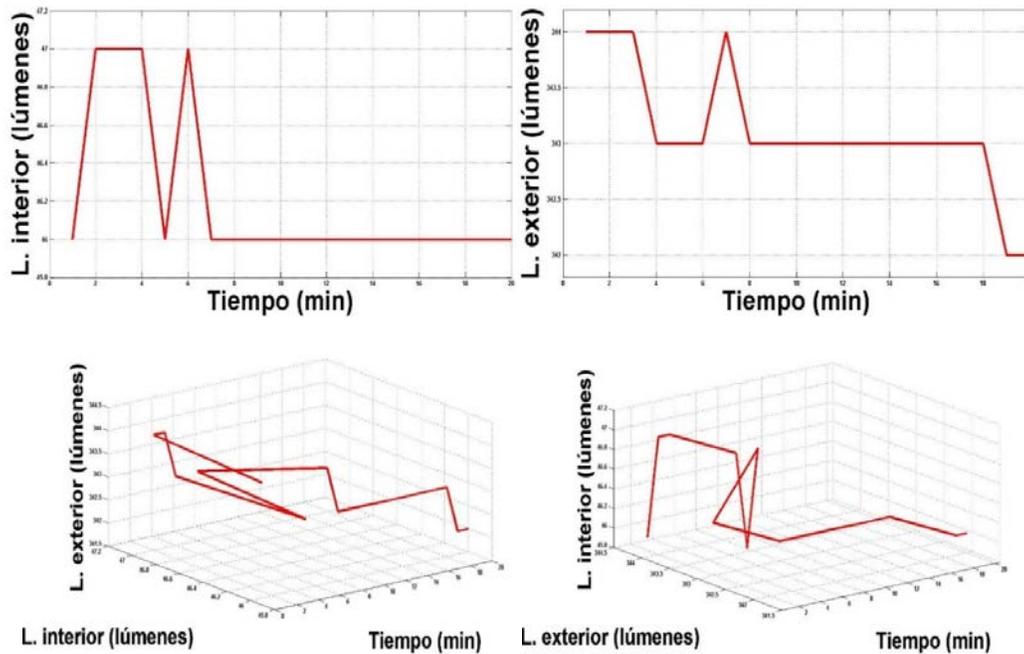


Figura 8 Gráficas representativas para el Caso 1.

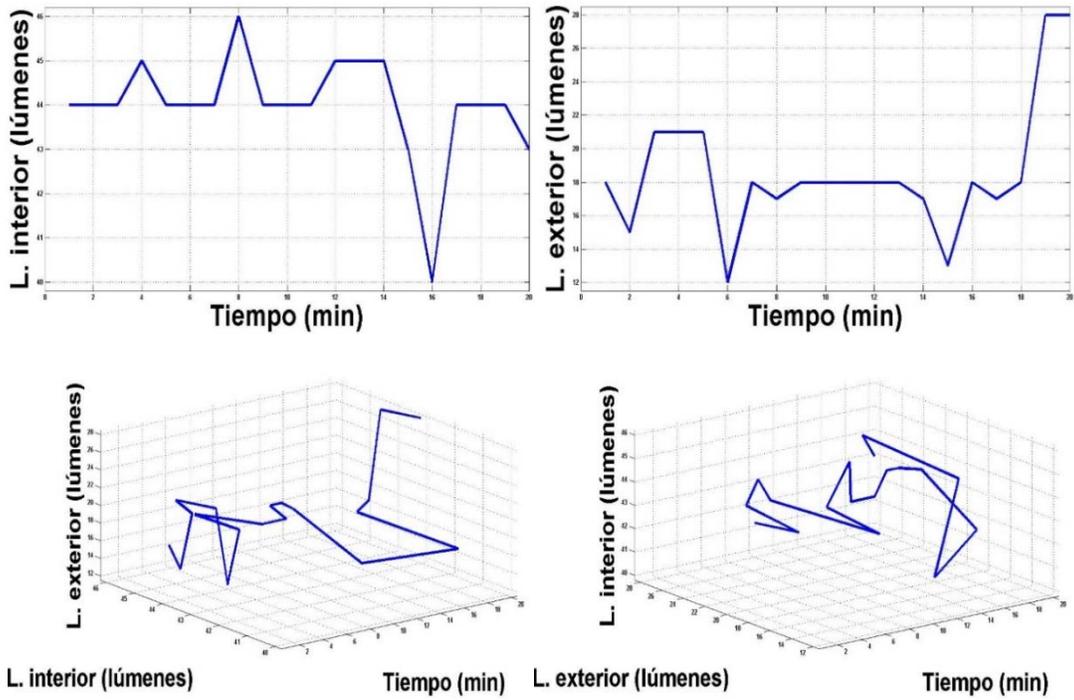


Figura 9 Gráficas representativas para el Caso 2.

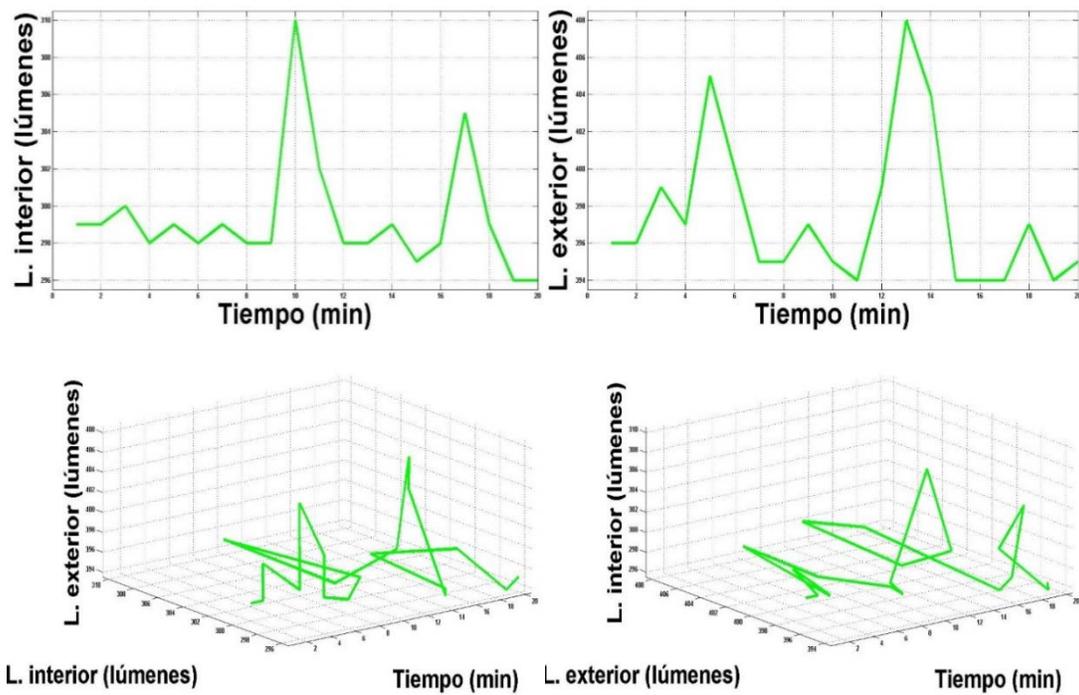


Figura 10 Gráficas representativas para el Caso 3.

Derivado de los resultados obtenidos a lo largo del estudio, el comportamiento del flujo luminoso es próximo al requerido por las especificaciones de la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (SMII) con lo que se puede concluir que el nivel de iluminación se regula en el transcurso del día para obtener un flujo de iluminación favorable para desempeñar diversas actividades durante el día.

4. Discusión

En este trabajo se desarrolló un sistema autónomo de regulación luminosa el cual mediante la programación e implementación en el prototipo permitieron controlar y verificar el óptimo de luz el cual permite realizar una serie de actividades determinado por los estándares del SMII, sin necesidad de ocupar energía eléctrica en periodos durante los cuales no son requeridos. El acabado superficial es un factor importante el cual brindó un mejor estudio, cuyo fin constó de brindar una mejor distribución de lúmenes.

Las comparaciones de los diferentes casos, nos ayuda a conocer el comportamiento del flujo en cada uno de los casos como se puede observar en la tabla 2.

El trabajo presentado cumple con los objetivos planeados para el mismo, donde se aprovecha el máximo de la luz solar para iluminar una habitación a lo largo del día con lo que se produce una reducción de gasto innecesario en energía eléctrica, así como con el sistema de apertura y cierre con el cual el usuario evitar levantarse para prender o apagar la luz. Además de obtener un confort deseado por el usuario se puede considerar un ahorro importante de energía por lo cual también brinda un beneficio al costo energético.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] F. Calvo, A. López, L. Alonso. “Energías y medio ambiente” Ediciones Universidad de Salamanca. 1ª Edición 2004. ISBN 84-7800-577-3, página 293.

- [2] A. García Higuera “El control automático en la industria” Cuenca: Ediciones de la Universidad de Casilla, La Macha 2005. ISBN 84-8427-405-5, página 25.
- [3] G. Enríquez H. “El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión” Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002. ISBN 968-18-6050-0. página 97.
- [4] J.M. Huídobro, R.J. Millán “Manual de Domótica” Editorial Creaciones Copyright S.L. 2010. ISBN 978-84-92779-37-6, página 5.
- [5] S. Junestrand, X. Passaret, D. Vázquez “Domótica y hogar digital” Ediciones Thomson 2005. ISBN 84-283-2891-2004, página 8.
- [6] G. E. Harper “El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión” Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002 ISBN 968-18-6050-0, páginas 107-129.
- [7] C. Lammbert. “Instalaciones eléctricas en la vivienda” ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V. 1999. ISBN 84-267-0023-3, páginas 73-76.
- [8] H. R. Blackwell, “Development and Use of a Quantitative Method for Specification of Interior Illumination Levels on the Basis of Performance Data” IES, 1959.
- [9] J. Chapa C. “Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría” Editorial LIMUSA 1990. ISBN 968182972-7, página 170.