

Propuesta para el desarrollo de un prototipo del sistema ambiental inteligente para los espacios de la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

Proposal for the development of a prototype of the intelligent environmental system for spaces of the Information Technology and Communication Department of the Universidad Tecnológica del Valle de Toluca

ROSALES-AVILES, Pamela*†, ORONA-LÓPEZ, Miguel, ROMERO-RODRÍGUEZ, Marco y QUIJANO-LÓPEZ, Jessica

Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo, Lerma, México

ID 1^{er} Autor: *Pamela, Rosales-Aviles* / ORC ID: 0000-0003-0025-2294, Researcher ID Thomson: T-1428-2018, CVU CONACYT ID: 458460

ID 1^{er} Coautor: *Miguel, Orona-López* / ORC ID: 0000-0003-0075-1253, Researcher ID Thomson: S-8754-2018, CVU CONACYT ID: 678742

ID 2^{do} Coautor: *Marco, Romero-Rodríguez*

ID 3^{er} Coautor: *Jessica, Quijano-López* / ORC ID: 0000-0003-1825-890X

Recibido 23 Enero, 2018; Aceptado 20 Marzo, 2018

Resumen

El presente artículo habla sobre la propuesta para el desarrollo de un prototipo del sistema ambiental inteligente para los espacios de la Dirección de Tecnologías de la Información de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, con el objetivo de permitir crear un ambiente óptimo (temperatura, iluminación y humedad), utilizando la placa reducida (hardware y software abierto) Arduino, así como elementos eléctricos y electrónicos. La metodología utilizada fue propuesta por los autores, de acuerdo a su experiencia, la cual hace mención del análisis de requerimientos, análisis de especificaciones de diseño, creación de diagramas, análisis de costos, simulación eléctrica, armado de circuito, implementación y pruebas. Cabe mencionar que para el diseño del prototipo es necesario analizar una serie de Normas Mexicanas como NMX-R-021-SCFI-2013 (Escuelas – Calidad de la infraestructura física educativa - Requisitos), NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas (utilización) y NOM-007-ENER-2014 (Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residuales) que permiten establecer algunos parámetros esenciales. Además es importante mencionar que se desarrolló hasta la fase de simulación eléctrica en la cual se puede establecer si es factible su desarrollo e implementación.

Internet de las cosas, Arduino, Ambiente

Abstract

This article talks about the proposal for the development of a prototype of the intelligent environmental system for the spaces of the Information Technology Directorate of the Technological University of Valle de Toluca, with the aim of creating an optimal environment (temperature, lighting and humidity), using the reduced board (hardware and open software) Arduino, as well as electrical and electronic elements. The methodology used was proposed by the authors, according to their experience, which makes mention of requirements analysis, analysis of design specifications, creation of diagrams, cost analysis, electrical simulation, circuit assembly, implementation and testing. It is worth mentioning that for the design of the prototype it is necessary to analyze a series of Mexican Standards such as NMX-R-021-SCFI-2013 (Schools - Quality of educational physical infrastructure - Requirements), NOM-001-SEDE-2012 (Electrical Installations (utilization) and NOM-007-ENER-2014 (Energy efficiency for lighting systems in non-residual buildings) that allow establishing some essential parameters. It is also important to mention that it was developed until the electrical simulation phase in which it can be established if its development and implementation is feasible.

Internet of Things (IoT), Arduino, Environment

Citación: ROSALES-AVILES, Pamela, ORONA-LÓPEZ, Miguel, ROMERO-RODRÍGUEZ, Marco y QUIJANO-LÓPEZ, Jessica. Propuesta para el desarrollo de un prototipo del sistema ambiental inteligente para los espacios de la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Revista de Simulación y Laboratorio 2018, 5-14: 19-30.

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: pamela.rosales@utvtol.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer Autor

Introducción

Con el auge del Internet de las cosas (IoT), la implementación de placas reducidas (Raspberry Pi, Arduino, entre otras), para el desarrollo de proyectos que puedan permitir “facilitar” la interacción entre el humano y los objetos, por lo que es necesario obtener información, procesarla y generar una salida, por medio de estas placas y elementos eléctricos y electrónicos.

Con lo anterior se han desarrollado múltiples proyectos utilizando la placa reducida Arduino, en los cuales se pueden observar la versatilidad de ésta y sus múltiples usos. Se puede destacar los proyectos de Domótica que permiten controlar y crear un ambiente óptimo para cualquier tipo de actividad, permitiendo el control de los elementos para poder generar un ahorro al maximizar los elementos que intervienen.

Metodología básica

Planteamiento del Problema

La Universidad Tecnológica del Valle de Toluca está certificada en la norma ISO 14001 Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), el cual hace énfasis en la reducción del consumo de energía eléctrica.

Por lo que es importante considerar los siguientes elementos:

- La temperatura en esta zona cambia constantemente, debido a muchos factores meteorológicos.
- La ventilación no es óptima ya que no circula el aire por obstrucciones a las ventanas, ocasionadas por las persianas que están en mal estado.
- No se cuenta con ventiladores o extractores que apoyen a la circulación del aire.
- El personal administrativo, docente y estudiantes en algunas ocasiones, no apagan la luz, lo que incrementa el consumo de energía eléctrica.

- En la mayoría de los espacios no se tiene la iluminación correcta que permita realizar actividades utilizando los videos proyectores, ya que se tiene que apagar todas las luces, ocasionando que los asistentes no puedan tomar notas, genera sueño o poca participación en las actividades.
- En todas las aulas se cuenta con pizarrones de cristal, los cuales reflejan mucho la luz, lo que ocasiona que los estudiantes que están en los dos extremos del salón no pueden observar bien lo que está escrito en el.

Por lo anterior se propone el desarrollo de un prototipo de un sistema ambiental inteligente.

Objetivo General

Desarrollar la propuesta del desarrollo de un prototipo del sistema ambiental inteligente que permita crear un ambiente óptimo (temperatura, iluminación y humedad), en los espacios de la Dirección de Tecnologías de la Información de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, para la comunidad universitaria, por lo que se utilizará la placa reducida (hardware y software abierto) Arduino, así como elementos eléctricos y electrónicos.

Objetivos Específicos

1. Analizar el consumo de energía en los espacios.
2. Analizar los requerimientos del proyecto.
3. Analizar los requisitos de las normas mexicanas que impactan en el proyecto
4. Analizar los costos del prototipo y proyecto completo.
5. Diseñar el circuito de acuerdo a los requerimientos y requisitos de las normas mexicanas
6. Diseñar los diagramas de interconexión entre la placa Arduino y los elementos eléctricos y electrónicos.
7. Simular en software el prototipo.
8. Realizar las pruebas pertinentes para detectar fallas y mejorarlas.

Justificación

La implementación de la ISO 14001 en las organizaciones les permite identificar los aspectos ambientales y sus impactos reales o potenciales, para lograr el equilibrio ambiental.

Por lo anterior la Universidad considera que el ahorro de consumo de energía eléctrica es uno de los aspectos ambientales a tomar en cuenta, sin embargo el único control operacional es proporcionar ayudas visuales para hacer conciencia en el encendido y apagado del equipo de cómputo e iluminación.

Alcance y Delimitaciones

La Dirección de TIC de la UTVT cuenta con 12 espacios, sin embargo para el diseño del prototipo solo se considerarán 5 para la prueba en simulación eléctrica, estos incluyen un salón, un pasillo entre aulas, dos cubículos de profesor de tiempo completo y un laboratorio.

Cabe mencionar si es aprobada su implementación, se realizarán en los espacios restantes.

Se desarrollará la propuesta en el periodo de enero del 2018 a abril del 2019.

Se analizará los aspectos que intervienen en un ambiente óptimo en relación a temperatura, iluminación y humedad, en el que permitan que la comunidad de estudiantes, docentes y personal administrativo puedan desarrollar sus actividades.

Cronograma

No.	Actividad	Tiempo estimado
1.	Investigación	Enero – Abril 2018
2.	Metodología básica	Marzo – Abril 2018
3.	Marco teórico	Enero – Junio 2018
4.	Análisis de requerimientos	Enero – Febrero 2018
5.	Análisis de especificaciones del diseño	Enero – Abril 2018
6.	Análisis de costos	Abril - Junio 2018
7.	Creación de diagramas	Abril - Agosto 2018
8.	Simulación eléctrica	Mayo - Agosto 2018
9.	Armado del circuito	Septiembre – Octubre 2018
10.	Implementación	Octubre – Noviembre 2018
11.	Pruebas	Noviembre – Abril 2019

Tabla 1 Cronograma

Fuente: Elaboración Propia

Metodología de Desarrollo

Para el desarrollo de la propuesta del prototipo se utilizará la siguiente metodología:

1. Análisis de requerimientos
2. Análisis de especificaciones del diseño
3. Creación de diagramas
4. Análisis de costos
5. Simulación eléctrica
6. Armado del circuito
7. Implementación
8. Pruebas

A continuación se describe detalladamente cada fase, en la sección de desarrollo.

Marco teórico

Se expresa los conceptos, términos y herramientas necesarias para el desarrollo de la propuesta del prototipo, y son los siguientes.

Ambiente

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-R-021-SCFI-2013, menciona que ambiente es “El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados” (GOB.MX, 2013).

Humedad ambiental

Uno de los componentes a considerar para crear un ambiente óptimo, es la humedad ambiental la cual se refiere a la presencia de agua en el aire, el nivel de humedad depende de:

... diversos factores, entre los que se encuentran la composición de las masas de aire que llegan a él por medio del viento, la disponibilidad de cuerpos de agua y masas vegetales, el régimen de precipitaciones, las tasas de evaporación y las temperaturas promedio del aire. Existen diversos parámetros empleados para medir la humedad ambiental, entre los que se encuentran la humedad absoluta, la humedad relativa y la presión de vapor. (EcuRed Conocimientos con todos y para todos, s.f.)

Tipos de ventilación

Se analiza los tipos de ventilación los cuales son:

- Ventilación natural
- Ventilación mecánica

Normas Mexicanas

Se presenta la relación de las Normas Mexicanas que son consideradas para el desarrollo del prototipo:

Referencia	Nombre de la Norma Mexicana
NMX-R-021-SCFI-2013	Escuelas – Calidad de la infraestructura física educativa - Requisitos
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones Eléctricas (utilización)
NOM-007-ENER-2014	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residuales

Tabla 2 Relación de las Normas Mexicanas

Fuente: Elaboración Propia

Voltaje

El voltaje se puede expresar como:

...una fuerza de atracción entre una carga positiva y una negativa. Se debe aplicar cierta cantidad de energía, en forma de trabajo, para vencer dicha fuerza y separar las cargas a determinada distancia. Todas las cargas opuestas poseen cierta energía potencial a causa de la separación que hay entre ellas. La diferencia en la energía potencial por carga es la diferencia de potencial o voltaje. En circuitos eléctricos, el voltaje es la fuerza propulsora y es lo que establece la corriente. (Floyd, 2007, pág. 23)

Corriente eléctrica

La corriente eléctrica se define como “la velocidad que lleva el flujo de la carga. En un material conductor, el número de electrones (cantidad de carga) que fluyen más allá de cierto punto en una unidad de tiempo determinan la corriente” (Floyd, 2007, págs. 23-25).

Corriente Continua (CC) o Corriente Directa (DC)

Los circuitos de corriente continua (CC) o circuitos DC del inglés *Direct Current*, son aquellos en donde los electrones circulan a través del conductor a la misma dirección. (Torrente, 2013).

Existen distintas fuentes de voltaje de Corriente Directa afirma (Floyd, 2007, págs. 26-32), las cuales se mencionan a continuación:

- Baterías
- Celdas solares
- Generador eléctrico
- Fuente de potencia eléctrica
- Termopares
- Sensores piezoeléctricos

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará las fuentes de potencia eléctrica, ya que “...convierten el voltaje de ca de una toma de corriente de pared en voltaje constante de cd que está disponible a través de dos terminales...” (Floyd, 2007, págs. 26-32).

Energía y Potencia

“Energía es la capacidad de realizar trabajo, y potencia es la razón de cambio a la cual se utiliza la energía. Potencia (P) es cierta cantidad de energía (W)¹ utilizada en cierto tiempo (t)...” (Floyd, 2007, págs. 98-101) su relación entre ellas se muestra en la siguiente formula:

$$P = \frac{W}{t} \quad (1)$$

donde:

P= potencia en watts (W)
W= energía en joules (J)
t= tiempo en segundos (s)

Es necesario calcular la potencia disipada del proyecto (circuito eléctrico), por lo que es necesario considerar las siguientes ecuaciones (Floyd, 2007), ya que se puede utilizar de acuerdo a los parámetros con los que se cuenta:

$$P = I^2 R \quad (2)$$

¹ Para la fórmula de la Potencia, es importante considerar que W en cursiva es utilizada para representar a la energía en la forma de trabajo y una W no cursiva para watts, que es la unidad de potencia.

donde:

P= potencia en watts (W)

I= corriente en amperes (A)

R= resistencia en ohms (Ω)

$$P = VI \tag{3}$$

donde:

P= potencia en watts (W)

V= voltaje en volts (V)

I= corriente en amperes (A)

$$P = \frac{V^2}{R} \tag{4}$$

donde:

P= potencia en watts (W)

V= voltaje en volts (V)

R= resistencia en ohms (Ω)

Potencia nominal en resistores

Este término se define como:

...cantidad máxima de potencia que un resistor puede disipar sin que sufra daños por calentamiento excesivo. La potencia nominal no está relacionada con el valor óhmico (resistencia), sino más bien está determinada principalmente por la composición física, el tamaño y la forma del resistor. Si todas las características anteriores son iguales, mientras más grande es el área superficial de un resistor más potencia puede disipar. El área superficial de un resistor cilíndrico es igual a la longitud (l) por la circunferencia (c). (Floyd, 2007, pág. 102)

Componentes eléctricos

Resistencias o Resistores

Se presenta el Código de colores para resistores de 4 bandas:

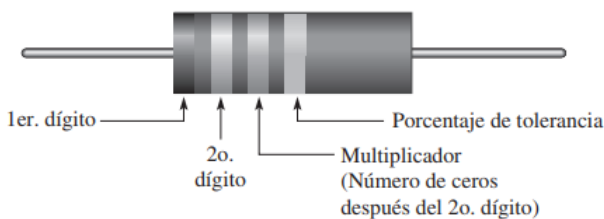


Figura 1 Bandas de código de color en un resistor de 4 bandas

Fuente (Floyd, 2007, págs. 34-35)

Descripción	Dígito	Color
Valor de la resistencia, primeros tres dígitos:	0	Negro
	1	Café
	2	Rojo
Primera banda-1er. dígito	3	Naranja
	4	Amarillo
Segunda banda-2o. dígito	5	Verde
	6	Azul
	7	Violeta
Tercera banda-multiplicador (número de ceros después del 2o. dígito)	8	Gris
	9	Blanco
Cuarta banda-tolerancia	$\pm 5\%$	Oro
	$\pm 10\%$	Plata

Tabla 3 Código de colores en un resistor de 4 bandas

Fuente (Floyd, 2007, págs. 34-35)

Led

El diodo emisor de luz (LED), “es un dispositivo basado en semiconductores, que emite luz cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. Es una fuente de luz de estado sólido (se compone de cristales de Silicio u otros materiales) que emite luz por electroluminiscencia...” (Enginyers Industrials de Catalunya, 2009). Para el cálculo de la corriente que consume el led, es necesario considerar la siguiente tabla.

Color	Luminosidad (mcd)	Consumo (mA)	Longitud onda (nm)	Diámetro (mm)
Rojo	1,25	10	660	3 y 5
Verde, amarillo y naranja	8	10		3 y 5
Rojo (alta luminosidad)	80	10	625	5
Verde (alta luminosidad)	50	10	565	5
Hiper Rojo	3500	20	660	5
Hiper Rojo	1600	20	660	5
Hiper Verde	300	20	565	5
Azul difuso	1 a 60°		470	5
Rojo y verde	40	20		10

Tabla 4 Características de los leds

Fuente (SiLed)

Arduino

La placa reducida Arduino se puede describir como:

... una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero.

Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring), y el software Arduino (IDE), basado en el Processing. (Arduino, 2018)

Algunas de las características de Arduino de acuerdo a su fabricante (Arduino, 2018) son:

- Económico
- Multiplataforma
- Entorno de programación sencillo y claro
- Software de código abierto y extensible
- Hardware de código abierto y extensible

Herramienta

Multímetro Digital

La herramienta más utilizada en la electrónica son los multímetros, la mayoría permiten medir corriente alterna, corriente directa, voltaje, resistencias, entre otros, se clasifican en:

- Multímetro digital
- Multímetros analógicos

Desarrollo

A. Análisis de requerimientos

Los requerimientos para el desarrollo de la propuesta se resumen en 4, los cuales son:

- Espacios físicos
- Temperatura ambiental promedio
- Humedad
- Iluminación

Este proyecto se desea implementar en todas las áreas de la Dirección de Tecnologías de la Información de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, con un total de 12 espacios, los cuales se especifican a continuación:

- 1 Dirección
- 1 sala de juntas
- 1 sala de espera
- 13 cubículos para profesores de tiempo completo
- 1 cubículo para profesores de asignatura
- 3 laboratorios de cómputo
- 1 laboratorio de cisco-electrónica
- 2 bodegas
- 8 salones de clases
- 2 pasillos entre las aulas

- 1 pasillo entre los cubículos de los profesores de tiempo completo
- 1 escalera

Cabe mencionar que para el análisis se contempla los siguientes requerimientos:

Área	Requerimientos	Control ambiental
Dirección	1. Mostrar la temperatura ambiental en sala de espera.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural.	Iluminación
	3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural.	
	4. Mostrar la humedad ambiental en sala de espera.	Humedad
Sala de juntas	1. Mostrar la temperatura ambiental.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural.	Iluminación
	3. Apagar la luz cuando se indica que se utilizará el video proyector.	
	4. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural.	
	5. Mostrar la humedad ambiental en sala de juntas.	Humedad
Sala de espera y asistente de la Dirección	1. Mostrar la temperatura ambiental en sala de espera.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural	Iluminación
	3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural.	
	4. Mostrar la humedad ambiental en sala de espera.	Humedad
Cubículos para profesores de tiempo completo	1. Mostrar la temperatura ambiental en el pasillo de los cubículos.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural, en cada cubículo.	Iluminación
	3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, en cada cubículo.	
	4. Mostrar la humedad ambiental en el pasillo de los cubículos.	Humedad
Cubículo para profesores de asignatura	1. Mostrar la temperatura ambiental en el pasillo del cubículo de profesores de asignatura y aulas.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural.	Iluminación
	3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural.	
	4. Mostrar la humedad ambiental en el pasillo del cubículo de profesores de asignatura y aulas.	Humedad
Laboratorios de cómputo y Laboratorio de cisco-electrónica	1. Mostrar la temperatura ambiental en cada laboratorio.	Temperatura
	2. Mostrar la temperatura ambiental en cada laboratorio.	
	3. Encender una alarma a los laboratoristas cuando la temperatura exceda los 30°C.	
	4. Encender un ventilador cuando la temperatura sea mayor a 23°C, en cada laboratorio.	

	5. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural, en cada laboratorio. 6. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, en cada laboratorio.	Iluminación
	7. Mostrar la humedad ambiental a los laboratoristas de cada laboratorio.	Humedad
Bodegas	1. Mostrar la temperatura ambiental a los laboratoristas.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural, en cada bodega.	Iluminación
	3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, en cada bodega.	Humedad
Salones de clases	1. Mostrar la temperatura ambiental, en cada salón.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural, en cada salón 3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, en cada salón.	Iluminación
	4. Mostrar la humedad en el pasillo del cubículo de profesores de asignatura y aulas.	Humedad
Pasillos entre las aulas	1. Mostrar la temperatura ambiental.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural. 3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, del pasillo.	Iluminación
	4. Mostrar la temperatura ambiental.	Humedad
Pasillo entre los cubículos de los profesores de tiempo completo	1. Mostrar la temperatura ambiental.	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural. 3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, del pasillo.	Iluminación
	4. Mostrar la temperatura ambiental.	Humedad
Escalera	1. Ninguno	Temperatura
	2. Encender la luz cuando se detecte presencia y poca intensidad de luz natural. 3. Regular la intensidad de la luz de acuerdo a la intensidad de la luz natural, de la escalera.	Iluminación
	4. Ninguno	Humedad

Tabla 5 Análisis de requerimientos

Fuente: *Elaboración Propia*

La temperatura promedio del municipio de Lerma durante todo el año es:

Mes	Temperatura Máxima / Mínima(°C)	Lluvia	Horas de luz
Enero	19° / 1°	1 día	11
Febrero	21° / 2°	1 día	11.5
Marzo	23° / 4°	2 días	12
Abril	24° / 6°	3 días	12.5
Mayo	24° / 8°	8 días	13
Junio	22° / 10°	13 días	13.5
Julio	21° / 10°	16 días	13
Agosto	21° / 10°	15 días	13
Septiembre	21° / 10°	12 días	12.5
Octubre	21° / 7°	6 días	11.5
Noviembre	20° / 4°	2 días	11.5
Diciembre	20° / 1°	0 días	11

Tabla 6 Temperatura promedio Lerma

Fuente: *(National Centers for Environmental Information, s.f.)*

Sin embargo en el Prontuario de información geográfica del Municipio de Lerma del 2009, menciona lo siguiente:

Clima

Rango de temperatura	de 8 – 14°C
Rango de precipitación	de 800 – 1 300 mm
Clima	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (70.45%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (29.55%)

Tabla 7 Clima Lerma

Fuente *(INEGI, 2009)*

Iluminación

Para el análisis del análisis de consumo eléctrico en los espacios, se diseñó e implementó el formato Auditoría de iluminación, en cual permitió determinar el uso en promedio de las luminarias. Se presenta a continuación los formatos utilizados:

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Cubículos

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
1 - 12 Iyeliz	2								
1 - 13 Miguel Orona	2								
1 - 14 Carlos Millán	2								
1 - 15 Roxana	2								
1 - 16 Abish	2								
1 - 17 Alejandra	2								
1 - 18 Norma	2								
1 - 19 Pamela	2								
1 - 20 Joel	2								
1 - 21 Jesús Apollinar	2								
1 - 22 Esquivel	2								
1 - 23 Miriam	2								
Pasillo	9								

Figura 1 Auditoría Iluminación de los cubículos de profesores de tiempo completo
Fuente: *Elaboración Propia*

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Aulas planta alta

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
A - 108	12								
A - 109	12								
A - 110	12								
A - 111	12								
A - 112	12								
A - 113	12								
A - 114	12								
A - 115	12	No se usa en el periodo Mayo-Agosto 2018					Algunas láminas de las persianas se atorán o se caen, permanecen cerradas.		
A - 116	12	No se usa en el periodo Mayo-Agosto 2018			x				x
Pasillo planta alta	30								
Escaleras	12								
Sala de maestros	8								

Figura 2 Auditoría Iluminación de las aulas planta alta
Fuente: *Elaboración Propia*

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Dirección

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
Dirección TIC	8								
Recepción de Dirección de TIC	10								
Sala de Juntas	10								

Figura 3 Auditoría Iluminación de la Dirección
Fuente: *Elaboración Propia*

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Aulas planta baja

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
A - 104	12	No se usa en el periodo Mayo-Agosto 2018			x				x
A - 105	12								
A - 106	12								
A - 107	12								
Pasillo planta baja	24								

Figura 4 Auditoría Iluminación de las aulas planta baja
Fuente: *Elaboración Propia*

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Laboratorios

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
Lab 1	24								
Lab 2	6								
Lab 3	15								
CISCO	30								

Figura 5 Auditoría Iluminación de los laboratorios
Fuente: *Elaboración Propia*

Auditoría de iluminación. Fecha: _____

Área: Adicionales

Espacio	Cantidad de luminarias	Hora	Luminarias		Persianas				
			Encendidas	Apagadas	Funcionan		Estado		
					Si	No	Abiertas	Cerradas	
Cubículo 1C	2						No tiene persianas		
Bodega 1C	2						No tiene persianas		
Bodega L3	1						No tiene persianas		

Figura 6 Auditoría Iluminación de las áreas adicionales
Fuente: *Elaboración Propia*

Con lo anterior se logró calcular la potencia utilizada por cada área, el cual se muestra a continuación.

Área	Cantidad de Luminarias	Cálculo de la potencia
Dirección	8	480
Sala de juntas	16	960
Sala de espera y asistente de la Dirección	10	600
Cubículos para profesores de tiempo completo	26	1,560
Cubículo para profesores de asignatura	8	480
Laboratorios de cómputo y Laboratorio de Cisco-Electrónica	75	4,500
Bodegas	3	180
Salones de clases	156	9,360
Pasillos entre las aulas	54	3,240
Pasillo entre los cubículos de los profesores de tiempo completo	9	540
Escalera	12	720

Tabla 8 Análisis del cálculo de energía
Fuente: Elaboración Propia.²

Con lo anterior se puede calcular el consumo de energía eléctrica

Área	Potencia	Horas de uso diario ³	Energía consumida
Dirección	480	9	4,320
Sala de Juntas	960	3	2,880
Sala de espera y Asistente de la Dirección	600	10	6,000
Cubículos para profesores de tiempo completo	1560	8	12,480
Cubículo para profesores de asignatura	480	8	3,840
Laboratorios de cómputo y laboratorio de cisco-electrónica	4500	8	36,000
Bodegas	180	1	180
Salones de clases	9360	9	84,240
Pasillos entre las aulas	3240	9	29,160
Pasillo entre los cubículos de los profesores de tiempo completo	540	8	4,320
Escalera	720	3	2,160
Total de consumo energético diario			185,580

Tabla 9 Análisis del cálculo de energía
Fuente: Elaboración Propia

La energía consumida diariamente es de 185,580w, lo que equivale a 185.58Kwh/día y mensualmente 5567.4Kwh.

Análisis de especificaciones del diseño

Es necesario analizar una serie de Normas Mexicanas que permiten establecer algunos parámetros para el diseño del prototipo, las cuales se presentan a continuación:

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-R-021-SCFI-2013, en su apartado 8.7 Elementos para la conservación del ambiente -solo se coloca las referencias necesarias para la investigación-, menciona que:

Requisito	Método de comprobación
8.7.1 Envoltente	
B) Los locales deben tener iluminación natural	Verificar que: a. Los espacios curriculares u no curriculares de uso administrativo tengan iluminación diurna natural por medio de ventanas, orientadas directamente a superficies descubiertas o patios o domos de iluminación central. b. El área de iluminación natural no sea inferior al 17.5% del área del local. d. Para la iluminación principal de las aulas y además locales destinados a la enseñanza, provengan del lado izquierdo de los alumnos y estar perfectamente orientados al norte.
C) Los locales deben tener ventilación natural.	a. Verificar que los espacios curriculares y no curriculares de uso administrativo, cuenten con ventilación natural en un porcentaje mínimo del 5% del área del local.
8.7.1.3 Zona templada y fría	
B) Que se utilicen techos inclinados, más bajos en la zona de ventanas, y más altos en las áreas de muros, para que propicien el paso del aire el calentamiento interior del edificio.	a. Verificar la utilización de techos inclinados.
C) Que la orientación de los espacios sea de oriente - poniente	a. Verificar que los espacios estén orientados de oriente-poniente.
Optimización del consumo de energía	
A) Que los sistemas de alumbrado interior cumplan con los valores de densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA ⁴) establecidos en la Tabla 1 de la norma NOM-007-ENER-2004.	b. Documentalmente que los valores de DPEA de los sistemas de alumbrado interior no exceden los valores establecidos en la Tabla 1 de la NOM-007-ENER-2004.

² Cabe mencionar que las luminarias son de tecnología LED y cada luminaria consume 60w

³ Se calculó el uso promedio de las luminarias en un periodo de 2 semanas

⁴ DPEA - Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado

B) Que los valores de DPEA para los espacios comunes se apegan a los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) establecidos en el Apéndice informativo A.1 de la Norma NOM-007-ENER-2004.	b. Documentalmente que los valores de DPEA de los sistemas de alumbrado interior no exceden los valores establecidos en el Apéndice informativo A.1 de la norma NOM-007-ENER-2004.
C) Se cuenta con señalización para el uso eficiente de las instalaciones	a. Verificar que hay rotulación para el apagado de equipo y luces al dejar de utilizarlo.
8.7.2.2 Uso de energías renovables	
D) Que se cuente con una bitácora para registrar periódicamente los registros de los consumos totales de energía.	a. Verificar documentalmente que se registra el consumo eléctrico en kWh/m ² por año, por medio del cual se demuestre la reducción del consumo energético.

Tabla 10 Análisis de requisitos de la Norma Mexicana NMX-R-021-SCFI-2013
Fuente (GOB.MX, 2013)

La fórmula utilizada para obtener los valores de DPEA, se establece en la norma NOM-007-ENER-2014 y se muestra a continuación:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada al alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} \quad (5)$$

La DPEA se expresa en W/m².

Los siguientes valores –solo se coloca las referencias necesarias para la investigación– expresan “Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios...” (Federación, 2014) por lo que se especifica los distintos espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios:

Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
Oficinas	
Oficinas	12
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15
Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	10

Tabla 11 Valores máximos permitidos de DPEA de la Norma Mexicana NOM-007-ENER-2014.
Fuente (Federación, 2014)

La siguiente tabla muestra las consideraciones que se tomaran a futuro de los valores máximos permitidos de DPEA de acuerdo a la Norma NOM-007-ENER-2014.

Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
Aulas	13.35
Bodegas	6.78
Escaleras	7.43
Laboratorio escolar	13.78
Oficina abierta	10.55
Oficina cerrada	11.95
Pasillos	7.10
Salas de juntas	13.24
Bodegas o áreas de almacenamiento	10

Tabla 12 Futuros Valores máximos permitidos de DPEA de la Norma Mexicana NOM-007-ENER-2014
Fuente (Federación, 2014)

Para el diseño del prototipo se implementará en un salón, un pasillo entre las aulas, dos cubículos de profesor de tiempo completo y un laboratorio, posteriormente cuando se tenga la retroalimentación de la fase de Pruebas se colocarán en las demás áreas.

Además es necesario especificar que el proyecto constará de varios módulos que permiten que funcione, los cuales son:

- Módulo de alimentación para:
 - Arduino
 - Sensores
- Módulo de etapa de control
- Módulo de Indicadores visuales de operación
- Módulo de Interfaces entre módulos (procesamiento y control)
- Módulos de Sensores para:
 - Temperatura
 - Iluminación
 - Humedad
 - Presencia

Creación de diagramas

Con respecto al diseño del proyecto se utilizará el software, que permite esquematizar y simular la interconexión entre los dispositivos, el cual se muestra a continuación:

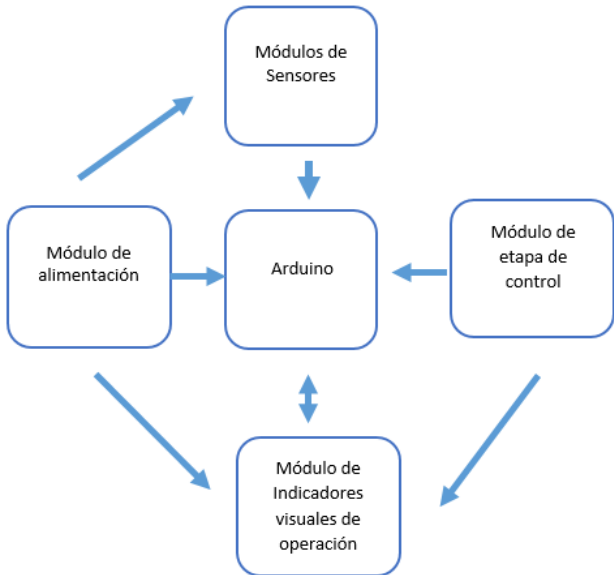


Figura 7 Diseño Lógico del dispositivo
Fuente: *Elaboración Propia*

Análisis de costos

Se presenta de forma general el análisis de costos de la etapa de la prueba, los elementos que conforman el proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Módulos	Análisis de costos
Módulo de alimentación para: – Arduino – Sensores	\$480
Módulo de etapa de control	\$650
Módulo de Indicadores visuales de operación	\$400
Módulo de Interfaces entre módulos (procesamiento y control)	\$380
Módulos de Sensores de: – Temperatura – Iluminación – Humedad – Presencia	\$950
Total	\$2,860

Tabla 13 Estimación de costos por módulos
Fuente: *Elaboración Propia*

Simulación eléctrica

Es importante mencionar que por falta de presupuesto en estos momentos no se ha podido comprar el software para la realización de la simulación eléctrica. Cabe mencionar que de acuerdo a la metodología desarrollada las fases análisis de costos, armado del circuito, implementación y pruebas aún no se concretan, de acuerdo al cronograma propuesto.

Resultados

Los resultados parciales de la propuesta del desarrollo de un prototipo del sistema ambiental son los siguientes:

- Se indagó las especificaciones de las normas mexicanas que deben considerarse para el diseño.
- Se analizó la temperatura y la humedad en promedio de la región.
- Se realizó una auditoria en el consumo de energía eléctrica de los espacios.
- Se determinó la ubicación de los sensores y los módulos de indicadores visuales.
- Se están diseñando los diagramas de interconexión, sin embargo por presupuesto en estos momentos no se ha comprado la licencia del software.
- Se está desarrollando la programación del Arduino para el módulo de control.
- Se estimó los costos para la fase del armado del armado del circuito.

Agradecimiento

El presente trabajo está apoyado por la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la propuesta del desarrollo de un prototipo del sistema ambiental se puede concluir que las fases desarrolladas están concluidas, sin embargo por el presupuesto aún no se ha terminado la fase de simulación eléctrica, por lo que estamos en la espera de compra. Es importante mencionar que la placa, los circuitos eléctricos y electrónicos deberán aislados de la energía eléctrica de las instalaciones para la protección de sobrecargas, así como la adaptación de la fuente de energía.

Referencias

Arduino. (23 de Abril de 2018). *Introduction*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>

EcuRed Conocimientos con todos y para todos. (s.f.). *Humedad ambiental*. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de https://www.ecured.cu/Humedad_ambiental

Enginyers Industrials de Catalunya. (2009). *Led: Soluciones innovadoras de iluminación*. Recuperado el 18 de Mayo de 2018, de <http://www.eic.cat/gfe/docs/2781.pdf>

Federación, D. O. (7 de Agosto de 2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014

Floyd, T. (2007). *Principios de circuitos eléctricos* (Octava ed.). México: Pearson Prentice Hall.

GOB.MX. (2013). *Norma Mexicana NMX-R-021-SCFI-2013 Escuelas - Calidad de la Infraestructura física educativa - Requisitos*. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112084/NMX-R-021_Calidad_de_la_INFE_requisitos.pdf

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Lerma, México*. Recuperado el 10 de Abril de 2018, de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15051.pdf

National Centers for Environmental Information. (s.f.). *NOAA*. Recuperado el 8 de Junio de 2018, de <https://www.ncdc.noaa.gov/>

SiLed. (s.f.). *LEDs*. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de <http://www.siled.com.mx/catalogos/leds/>

Torrente, O. (2013). *ARDUINO curso práctico de formación*. Madrid: Alfaomega.