

# Diseño y Construcción de un Prototipo de Supervisión Remoto de una Red de Luminarias de Alumbrado Público, para Mantenimiento Mediante un Sistema Embebido

William D. Guzman O.

wdguzmano@correo.udistrital.edu.co

Cristian A. Granados C.

cagranadosc@correo.udistrital.edu.co

Fredy H. Martínez S.

fhmartinezs@udistrital.edu.co

Grupo de investigación ARMOS (COL0029956)

Ingeniería en Electricidad

Facultad Tecnológica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Bogotá D.C., Colombia

**Resumen**—Este artículo presenta la especificación, diseño y construcción de un prototipo de supervisión remoto de una red de luminarias de alumbrado público, para mantenimiento mediante un sistema embebido, con el fin de optimizar la calidad del alumbrado público y brindar confiabilidad al sistema para su adecuado y oportuno mantenimiento. El prototipo usa sensores de luminosidad para tomar muestras del estado en que se encuentra la luminaria, el sistema embebido está enlazado con un módulo ethernet que funciona bajo el protocolo de red TCP/IP, que envía los datos de cada luminaria a un servidor web, permitiendo la visualización gráfica y la generación de alertas por medio de una interfaz gráfica de la página web. El usuario podrá encontrar la alerta de la luminaria que esté fallando, el lugar exacto mediante redireccionamiento a google maps y la gráfica de estado en tiempo real de la luminaria.

**Abstract**—This paper presents the specification, design, and building of a prototype for remote monitoring of a street lighting network for maintenance, through an embedded system, with the purpose of optimizing the street lighting quality and giving reliability to the system for its suitable and timely maintenance. The prototype uses luminosity sensors for taking up state luminary samples, the embedded system is linked with an ethernet module that works with TCP/IP protocol, that sends data of each luminary to a web server, allowing for graphic visualization and alerts generation through a graphical interface in a web page. The user may find an alert of a faulty luminary, exact location through redirect to Google maps and state in real time graph of a luminary.

## I. INTRODUCCIÓN

Para poder desarrollar el proyecto de diseño y construcción de un prototipo de supervisión remoto de una red de luminarias de alumbrado público, para mantenimiento mediante un sistema embebido, se acudió a diferentes antecedentes y proyectos

afines con el monitoreo a distancia de cargas de alumbrado público desarrollados mediante diferentes tipos de control, en los cuales se destacan los controladores mediante procesamiento de imágenes, cuyo objetivo es similar al del presente proyecto, ya que se trata del seguimiento y detección remota de un sistema de uso de alumbrado público mediante la visión por ordenador y procesamiento de imágenes, a través de cámaras zonales puestas en puntos estratégicos, este proyecto no incluye eficiencia energética y la exactitud en detección de fallas del sistema es óptima, este proyecto fue realizado por: Pooya Naja Zanjani, Morteza Bahadori y Mohammad Hashemi, en Irán [1].

Así mismo Gustavo W. Denardin, Carlos H. Barriuello, Alexandre Campos, Rafael A. Pinto, Marco A. Dalla Costa and Ricardo N de Brasil [2], presentan los distintos tipos de alumbrado público inteligente, en los cuales se destaca el uso de microcontroladores y se descarta el uso de PLC (programming logic controller), donde el escalamiento de información es un reto y no conviene por la sobrecarga que puede adicionar al sistema, sobresale el uso de radiofrecuencia usada como método de comunicación.

Siguiendo por la línea de los sistemas embebidos, se encontró un sistema de gran interés, hecho por Mathew Johnson, Aldo Fabregas, Zhenyu Wang y Srinivas Katkoori de USA [3] donde enfatizan en la conectividad y el uso de servidores para los clientes que quieran verificar el estado de las luminarias, adicionalmente tiene comunicación y resultados a partir de la variabilidad de la distancia de la cual se encuentre el objeto, en este caso se basan en el transporte vehicular, donde su objetivo es reducir la accidentalidad vial producido por la

escasez de iluminación, los datos recolectados por un vehículo que censa la iluminación en las vías, pretende capturar datos zonales, para incluirlo en una base de datos estatales.

Mediante localización geográfica y GPS. El uso de servidores o de plataformas Web, es un aspecto muy importante que se tiene que tener en cuenta, ya que este medio, es el transmisor de datos a un maestro, por así decirlo que toma las decisiones, con respecto al estado que presenten las luminarias, por ende Bidhan Chandra Mishra, Avipsa S. Panda, N.K. Rout y Sumant Kumar [4], presentaron un novedoso sistema de control, en el cual intervienen sistemas embebidos y monitoreo de redes utilizando zig bee, por las características a favor que pueden ofrecer en un sistema; Su topología de red en malla, Su bajo consumo, Su fácil integración, entre otras características que hacen de este un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica.

En China SHI Changhong y ZHANG Xianghong [5], enfatizan en la eficiencia de iluminación, donde incluyen diferenciación horaria, donde después de las cero horas se atenúa el alumbrado público, adicionalmente en el evento que se aproxime un automóvil o un peatón, las redes de alumbrado público asociadas se encenderán, este sistema funciona mediante microcontroladores, módulos de comunicación GPRS, amplificadores operacionales, estaciones de potencia diacs y triacs, para dimmerizar las luminarias y sensores que hacen la función de luxómetros.

Noriaki Yoshiura, Yusaku Fujii y Naoya Ohta de Japón [6], enfatizan en los sensores ultrasónicos y fotoeléctricos, donde mediante la detección de movimiento y la eficiencia de iluminación respectivamente, realizan un monitoreo con el fin de obtener eficiencia y a su vez se especifican en la ausencia de objetos o antes de los cuales la iluminación es vital para cualquier actividad que se ejecute, como vehículos o peatones, este sistema utiliza comunicación entre las luminarias asociadas en la red, con el fin de proporcionar al usuario un servicio casi imperceptible entre la red normal y la red controlada, esta red no se controla remotamente.

En el presente proyecto se utilizara un sistema de control con base en un sistema embebido, por ende es necesario enfatizar en sistemas en los cuales utilicen tecnologías similares, cuya aplicación puede diferir, sin embargo será muy importante para el desarrollo del presente proyecto de B. Krishna Chaitanya, R. Suresh, A.S.K. KaushikM. Mahesh, Chandra Kala y K.S. Ravi Kumar [7], realizaron un prototipo que consta de 6 luminarias de alumbrado público, las cuales mediante sensores ultrasónicos, activan o desactivan el servicio de alumbrado público, junto con un visualizador y entorno de comunicación mediante el software LABVIEW, no utilizan sensores foto resistivos, y se restringen a un software que es de uso netamente académico.

Para la conexión del servidor y la base de datos, Nayan Gupta y Deepali Shukla utilizan un sistema embebido con el fin de medir en tiempo real la energía eléctrica consumida remotamente, utilizan servidor web, que está diseñado con HTML. La base de datos se crea utilizando MySQL [8].

El artículo se encuentra organizado de la siguiente forma. En la Sección II se presenta el planteamiento del problema. En la sección III se detallan las partes que componen el prototipo, y su interrelación. En la Sección IV se detalla completamente el diseño de las partes que componen el prototipo selección y las especificaciones finales adoptadas. En la Sección V se presentan las pruebas realizadas al prototipo, además del escalado de las partes que componen el prototipo con el fin de aproximar lo más posible a una red de luminarias de alumbrado público real, en la sección VI se especifican las conclusiones. Por último en la sección VII se especifican las recomendaciones del prototipo.

## II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia es muy baja la aplicación de sistemas de monitoreo de alumbrado público para brindar un servicio de calidad y optimizar los tiempos operativos de mantenimiento, su estudio no es muy conocido, dada la importancia que puede representar la aplicación de los sistemas de monitoreo de alumbrado Público y la investigación de este, será de gran importancia el posible enfoque de innovación para las empresas dedicadas al mantenimiento de alumbrado público, como también en el sector energético colombiano. A gran escala se podrá ver su gran viabilidad en un futuro, ya que este proyecto puede tener una gran expansión de cobertura nacional utilizando este sistema que minimiza costos operativos en la búsqueda de iluminación pública en mal estado. Las fallas más frecuentes son: avería de las bombillas( natural o exógena) y daño en la fotocelda o sulfatación en los conectores bimetálicos, para este caso actualmente se deben seguir los procesos descritos en [9].

Se pretende realizar un prototipo de supervisión remota, con el fin de dar solución al problema, para que este prototipo a futuro se pueda establecer con mayor envergadura en el sector eléctrico.

## III. METODOLOGÍA

En la Fig. 1 se presentan las partes fundamentales para el monitoreo remoto de alumbrado público junto con la relación de las mismas.

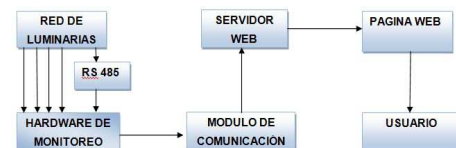


Figura 1. Diagrama de bloques sistema de monitoreo.

## IV. DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO DE ALUMBRADO PÚBLICO

### IV-A. Características técnicas del prototipo

El prototipo de supervisión de luminarias para mantenimiento está compuesto de una red de cinco luminarias, teniendo en cuenta que una red es un conjunto de elementos o equipos que

interactúan entre ellos o con un elemento encargado, en este caso de monitorizar, de esta forma se eligió este tamaño, ya que normalmente en una manzana de edificaciones en Bogotá está compuesta de cinco luminarias. El modelo de la manzana de edificaciones, está a escala 1:200. Los gabinetes, en este caso las cajas de control, donde se alojan los elementos de control, microcontrolador maestro, microcontrolador esclavo, módulo shield Ethernet, módulo de protocolo de comunicación rs485, se encuentra sin escala. En la tabla I se puede observar las características técnicas del prototipo.

#### IV-B. Red de iluminarias

Para realizar el modelo a escala de la red de luminarias, se opta por implementar una prototipo de una manzana de casas a escala 1:200, real cuya información de tendido eléctrico de alumbrado público se muestra en la Fig. 2 , en la Fig. 3 se muestra el prototipo de la manzana de edificaciones, en la Fig. 4 se puede observar la ubicación real de la manzana de casas en la cual se basa la red de luminarias de alumbrado público.



Figura 2. Información real de tendido eléctrico de alumbrado público.



Figura 3. Prototipo de la manzana de casas .



Figura 4. Ubicación real de la manzana de casas en la cual se basa la red de luminarias de alumbrado público [10].

#### IV-C. Transmisión de datos con modulo RS485

El modulo RS485 es un dispositivo que trabaja con base en el estándar de comunicaciones RS485 ubicado en la capa física del modelo OSI, cuyo funcionamiento es el siguiente: El maestro tiene un código para llamar a cada uno de los esclavos conectados en el bus de comunicaciones, en este caso con protocolo rs-485 este genera la llamada al esclavo y espera un tiempo para que el mensaje se transmita en el bus de datos, en ese momento todos los esclavos conectados a este reciban el mensaje, pero el mensaje va dirigido a solo un esclavo en específico, este tiene un programa para cuando el maestro le haga una llamada en específico, este verifica los lux del sensor y los transmite por el bus de datos RS485, es importante tener en cuenta que este tipo de configuración se hace con la categoría de comunicación half dúplex, en este tipo de comunicación se utiliza un solo canal para comunicarse, en un momento por el canal se transmiten datos y en otro momento se reciben datos, pero nunca se va a transmitir y recibir a la vez. Este estándar de comunicación permite conectar hasta 32 dispositivos y se pueden alcanzar distancias de hasta 1 km. Para realizar esta comunicación los pines DE y RE del módulo RS485 deben ir conectados al sistema embebido, así desde el programa se puede establecer al módulo como transmisor o receptor. El sistema completo se puede observar en la Fig 5.

El entorno de las comunicaciones para este tipo de proyectos es vital, ya que para una red de luminarias real, los datos sensados cambian en el tiempo y utilizando un sensor análogo como una fotorresistencia, se debe tener en cuenta que un dato de iluminancia representado en una tensión, se puede perder en términos de regulación de tensión por pérdidas de potencia en el conductor de transmisión de datos, por ende es necesario utilizar un protocolo como el RS485, teniendo

MÓDULO	DESCRIPCIÓN	CONEXIÓN FÍSICA
Modelo maqueta de manzana de edificaciones	El modelo de la manzana de edificaciones, está a escala 1:200, las medidas reales son de largo 103.35 m y de ancho 48.42 m	Nodo sensor
Sensor de luminosidad BH170	El sensor 1750, es capaz de detectar de 1 a 65535 lux, mediante este sensor cuyo valor está definido por la cantidad de bits de tipo entero que maneja igual a 16(32768 a 32768), el sensor se comunica por interfaz i2C. (Luminaria 5).	Nodo microcontrolador esclavo
Módulo de comunicación RS485	Categoría de comunicación half duplex, hasta 32 dispositivos distancia de bus de comunicaciones hasta 1 km. Conexión D2, RX, TX.	Nodo Bus doble canal, microcontrolador esclavo y maestro
Microcontrolador esclavo	Arduino NANO Atmega 328 con entradas análogas A0, A1, Vin,GND, TX Y RX	Nodo a módulo rs485
Microcontrolador maestro	Arduino MEGA Atmega 2560 con entradas analogas A0, A1, A2, A3, A4 Vin,GND, TX Y RX .	Nodo sensor y RS485
Módulo shield ethernet	Protocolo de comunicación de red TCP/IP, con entradas: SO o MISO (Master In Slave Out). (PIN 13) SI o MOSI (Master Out Slave In). (PIN 12) SCK (Serial clock). (PIN 11) CS o Select. (PIN 10). RJ45 cable utp categoría 6.	Nodo microcontrolador maestro y ethernet RJ45
Servidor WEB local.	Servidor Web gratuito Xampp, base de datos MySql, PHP Myadmin.	No aplica.
Página WEB.	Inicio con clave, presentación, alertas, gráficas en tiempo real, mantenimiento correctivo por usuario.	No aplica.

Tabla I  
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROTOTIPO.

en cuenta que este es ampliamente utilizado en aplicaciones de transmisión de datos a larga distancia con el fin de determinar fallas. La comunicación RS-485 BUS, que puede lograr la comunicación multiprocesador y es conveniente para la supervisión multipunto [11].

#### IV-D. Hardware de monitoreo

Un hardware convencional se refiere a las partes físicas tangibles de un sistema informático, como periféricos, entre otros. Bajo esta consideración se definen las características del sensor. El sensor obtiene la cantidad de luxes que está emitiendo la luminaria, mediante una sencilla fotoresistencia para cuatro de 5 luminarias que componen la red de alumbrado público propuesta, el restante se realiza con el sensor BH1750, capaz de detectar de 1 a 65535 lux, mediante este sensor cuyo valor está definido por la cantidad de bits de tipo entero que maneja igual a 16(-32768 a 32768), el sensor se comunica por interfaz i2C. Este sensor también funciona con una fotoresistencia la cual funciona de forma lineal con pendiente negativa entre la resistencia y la iluminancia. El sensor BH1750 funciona como un patrón para las fotoceldas que se colocan de forma directa. Este sensor junto con los sistemas embebidos se ilustran en la Fig 5.

#### IV-E. Modulo de comunicación

El modulo de comunicación Ethernet se establece como un componente fundamental para la visualización y conexión de

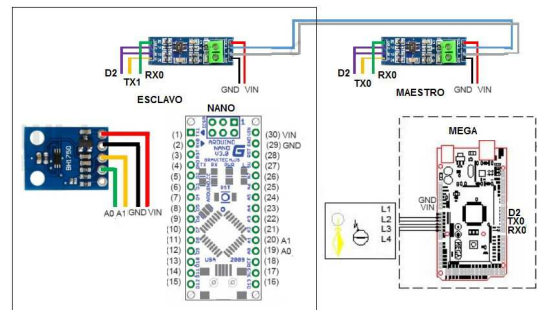


Figura 5. Hardware de monitoreo con estándar de comunicaciones RS 485.

infinidad de variables de monitoreo y control remoto. Es el mejor método para supervisar y controlar parámetros usando Internet. Esta gran red que tiene grandes ventajas para el monitoreo y control remoto. La combinación de un controlador Ethernet con el microcontrolador se ha convertido en la mejor opción para el sistema inteligente de hoy [12].

El modulo de comunicación Ethernet se encarga de codificar la información, estableciendo una comunicación entre el hardware de monitoreo y el servidor web mediante un protocolo de comunicación TCP/IP. A su vez el protocolo de comunicación SPI, es un protocolo serial sincrónico que se usa para comunicar

el microcontrolador master con el modulo de comunicación shield ethernet, este se conecta con cuatro líneas:

- SO o MISO (Master In Slave Out). (PIN 13)
- SI o MOSI (Master Out Slave In). (PIN 12)
- SCK (Serial clock). (PIN 11)
- CS o Select. (PIN 10)

El maestro hará un barrido cada 30 segundos, llamando a cada esclavo en orden, estos envían al maestro la cantidad de luxes que está captando, los datos obtenidos por el se envían por medio de un módulo Ethernet al servidor web. De esta forma se presenta el diseño completo para los dos primeras partes que componen el sistema de supervisión remoto ver en la Fig 6.

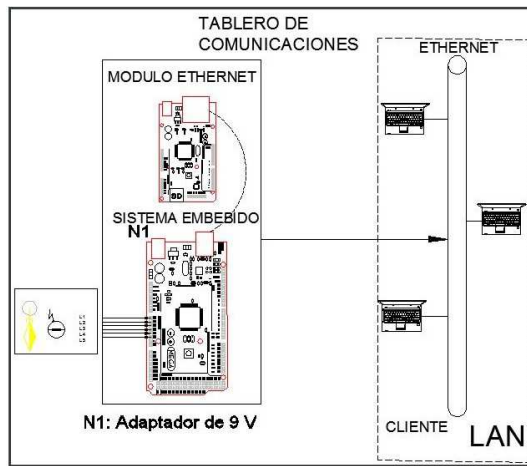


Figura 6. Diagrama para las dos primeras etapas del sistema de monitoreo.

#### IV-F. Servidor WEB

XAMPP es un sistema de gestión de bases de datos MySQL gratuito, en este caso para lenguajes PHP, este servidor web provee y almacena datos emitidos por el modulo shield Ethernet, donde se pueden ver los mismos gráficamente en una página web y las alertas respectivas cuando el sensor detecte un comportamiento fuera de los rangos establecidos. XAMPP es administrado por phpMyAdmin teniendo en cuenta la cantidad de funcionalidades que tiene esta herramienta, como alterar las tablas, modificarlas, ejecutar sentencias SQL entre otras. Este ofrece un acceso remoto a las bases de datos, estos datos se suben mediante la conexión remota a SQL de la base de datos.

Debido a que PHP y MYSQL es gratuito, de código abierto y así sucesivamente, se destacan por los profesionales de TI. Desde la perspectiva del tráfico del sitio web, más del 70% del tráfico del sitio web se proporciona con LAMP (sistema operativo Linux, servidor de red Apache, base de datos MySQL, lenguaje de programación PHP), que es la plataforma más popular para el desarrollo de la página web [13].

#### IV-G. Sistema implementado completo

En la Fig. 7 se puede observar el sistema implementado completo, en el cual las partes más destacadas son:

- Sensor BH170 [14].
- Modulo de comunicación RS485 [15].
- Sistema embebido arduino mega y nano [16].
- Modulo shield ethernet [17].

#### IV-H. Pagina WEB

La pagina web presenta las generalidades del proyecto, el marco de aplicación del mismo, la ubicación exacta de las luminarias para la manzana de casas delimitada, el panel de alertas para cada luminaria, la grafica de datos de cada sensor y la ubicación de cada luminaria en google maps, para que el operador en el marco de un contexto real pueda enviar y programar cambios de luminaria de una forma más organizada y productiva. la página web que tendrá las secciones: Inicio, Diseño y planos del prototipo, supervisión gráfica del comportamiento de las luminarias, Alertas y ubicación de las luminarias.

#### IV-I. Usuario

El usuario será la persona encargada del mantenimiento de alumbrado público asignado por una compañía, esté podrá acceder a información relacionada con el funcionamiento de cada luminaria gráficamente, adicionalmente podrá observar además de las alertas que se generen en tiempo real, la ubicación de la luminaria en Google maps, para proporcionar calidad, productividad y una considerable reducción de costos en cargos y en tiempos de procesos. A continuación se presenta una ilustración del sistema completo, ver Fig 8.

## V. RESULTADOS

En este prototipo se pudo determinar mediante varias pruebas el alcance de cada una de las partes que lo componen, a continuación se presenta los resultados obtenidos para cada una de las secciones que hacen posible el funcionamiento del prototipo.

#### V-A. Hardware de monitoreo

Inicial mente se optó por utilizar una foto resistencia para cada una de las luminarias, en el transcurso del proyecto se cambió la característica del sensor, en este caso se utiliza un sensor BH1750, ya que este sensor tiene un patrón de linealización mucho más exacto que una sencilla fotorresistencia, así esta se pueda linealizar a partir del método patrón. El BH1750 es un sensor de luminancia capaz de detectar de 1 a 65535 lux, mediante este sensor cuyo valor está definido por la cantidad de bits de tipo entero que maneja igual a 16(-32768 a 32768), de los aproximadamente 10000 lux esperados de la luminaria, lo cual hace de este un dispositivo, funcional, exacto y económico. El sensor se comunica por interfaz i2C. en la Fig. 9 se puede mostrar el sensor a utilizar en la Fig. 10 se observa la respuesta espectral del sensor.

En la Fig. 11 se puede observar el sensor BH1750 en la maqueta.

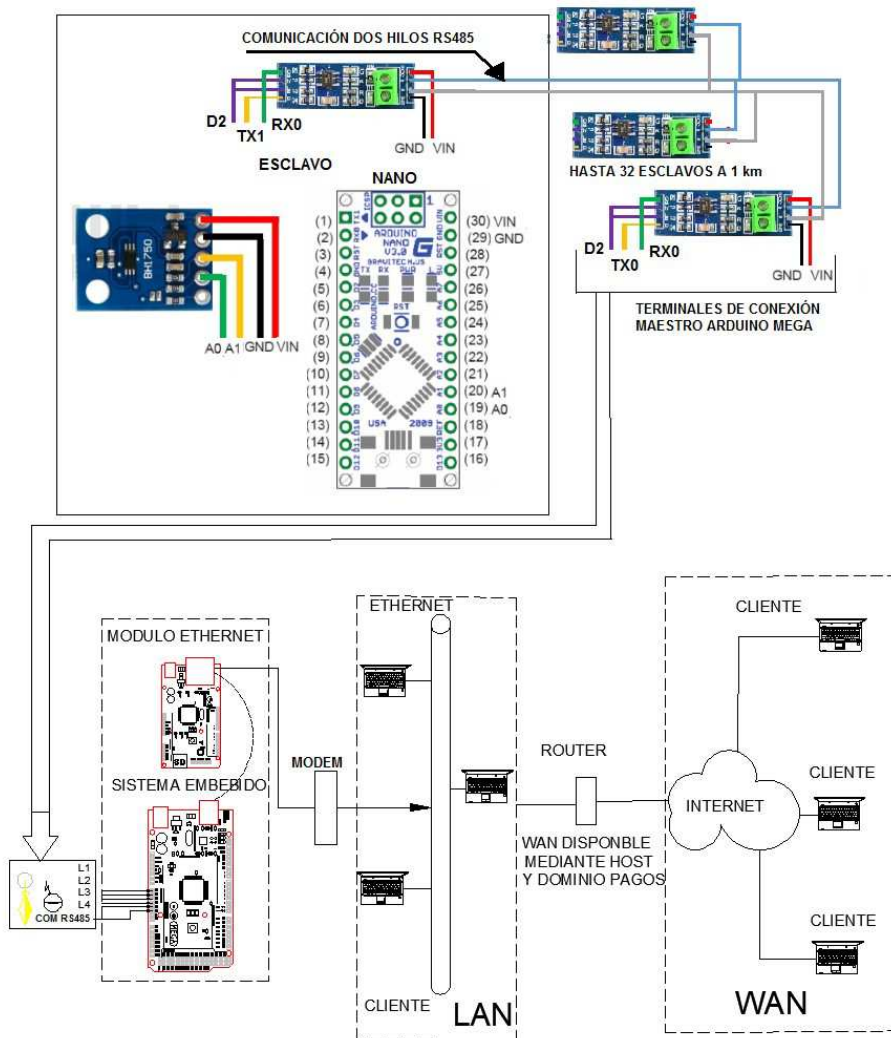


Figura 7. Sistema implementado completo.

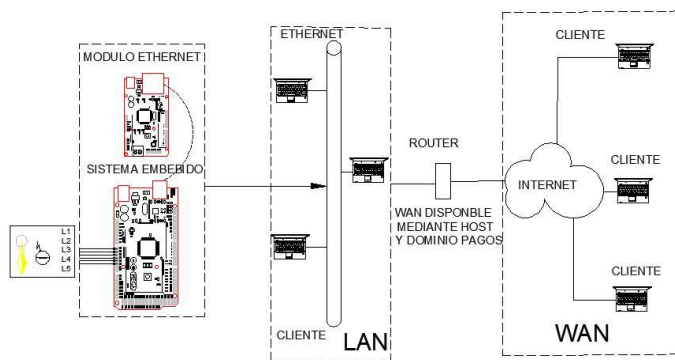


Figura 8. Diagrama general del Sistema de monitoreo remoto, opcional para una red local o global.

En este prototipo se especifica que idealmente cada luminaria debe llevar un hardware de protocolo RS 485, teniendo en



Figura 9. Sensor BH1750[14].

cuenta que durante el desarrollo del proyecto se determinó que una fotorresistencia, no tiene el alcance suficiente para entregar un dato análogo al microcontrolador de manera confiable a largas distancias de transmisión. Este protocolo se escogió,

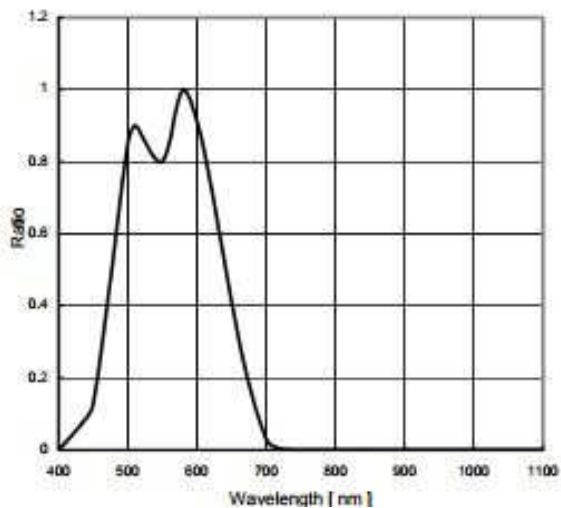


Figura 10. Respuesta espectral de sensor BH1750[18].

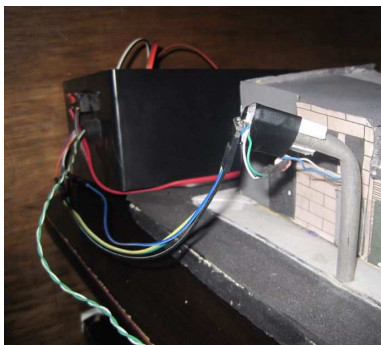


Figura 11. Sensor BH1750 en prototipo.

teniendo en cuenta las distancias de operación del prototipo, se maneja de una forma alámbrica de dos hilos, idealmente blindados o apantallados, para interferencias electromagnéticas, humedad, entre otras. Ver la Fig 12. Ver códigos de microcontrolador esclavo- maestro en anexos.



Figura 12. Hardware de protocolo rs485 en el prototipo.

#### V-B. Sistema de comunicación

En este tipo de comunicaciones se tiene la opción de comunicar varios esclavos al bus de comunicaciones, posteriormente

el maestro es el encargado establecer la conexión física con el módulo ethernet, el cual está conectado al router, esto con el fin de transmitir los datos del maestro por el protocolo TCP-IP, a continuación en la figura se muestra el puerto serial que plasma los datos enviados desde el esclavo al maestro y este comunicado al servidor, en la Fig. 13 datos entrantes a base de datos Mysql. Ver en anexos los códigos de enlace.

#### V-C. Servidor WEB

En este proyecto se utilizó un servidor web xampp, teniendo en cuenta este no es un software que necesite de licencias o un software para uso netamente académico, ya que esto limitaría el uso en infraestructura en el sector eléctrico, el uso de este servidor es gestionado por mysql, la captura de datos en la base de datos descrita, se hace mediante el método get. Ver en anexos los códigos de enlace. ver Fig 14.

#### V-D. Página web

Para la realización de esta se tuvo que utilizar lenguaje HTML y PHP, teniendo en cuenta la comunicación con la base de datos, la página web terminada cuenta con las siguientes secciones:

- Acceso
- Inicio
- Alarmas
- Gráficas
- Ubicación geográfica.

#### V-E. Acceso

En esta sección se restringe el acceso al personal no autorizado, con usuario y contraseña, ver Fig 15.

#### V-F. Inicio

Esta muestra la descripción general del proyecto con el alcance y los diferentes diseños para la construcción de este prototipo. ver Fig 16.

#### V-G. Gráficas

Esta muestra el comportamiento instantáneo de la iluminación con respecto al tiempo de cada uno de las luminarias a supervisar, esta gráfica se obtuvo reconstruyendo los últimos 30 datos, que ingresaron a la base de datos en el sensor específico de cada luminaria, esto para que en el momento de la ocurrencia de una falla temporal o prolongada el operario pueda estar seguro de una avería en esta, la forma de graficar fue adquirida mediante una librería llamada highcharts ver Fig 17.

#### V-H. Alarmas

Para vías de poco acceso según el RETILAP [19] se tiene un mínimo de 12 luxes en una vía de este tipo, a nivel del suelo o al nivel de una persona de 1,80 m de estatura, como el sensor está ubicado justo debajo de la luminaria, se espera un nivel de iluminancias mucho mayor. De día, en horario de 6:00 am a 6:00 pm la luminaria debe estar apagada, de noche, en horario de 6:01 pm a las 5:59 am la luminaria debe estar encendida. Ver fig. 18 y 19.

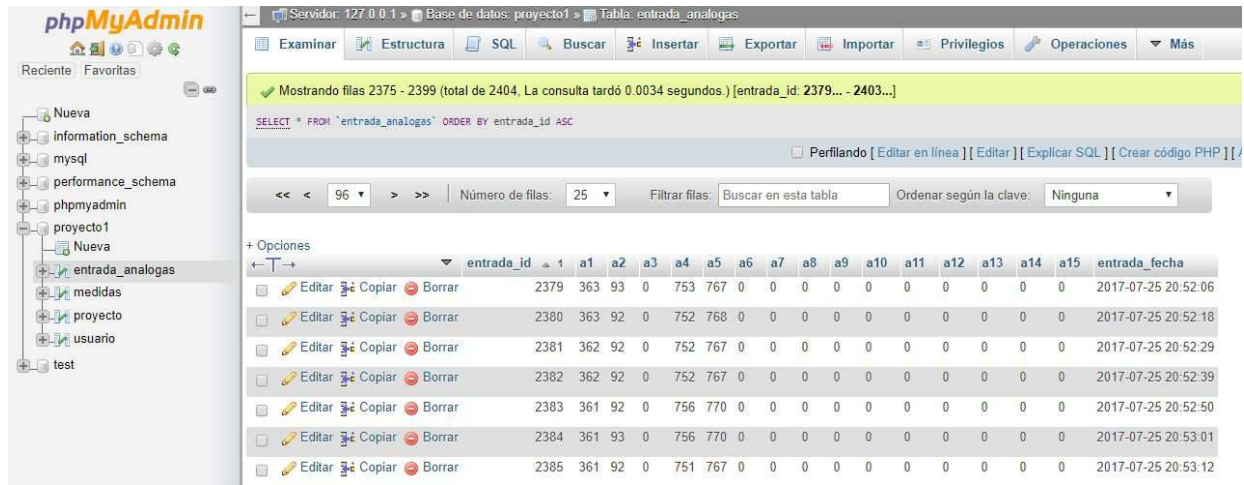


Figura 13. Base de datos entrantes MySQL.

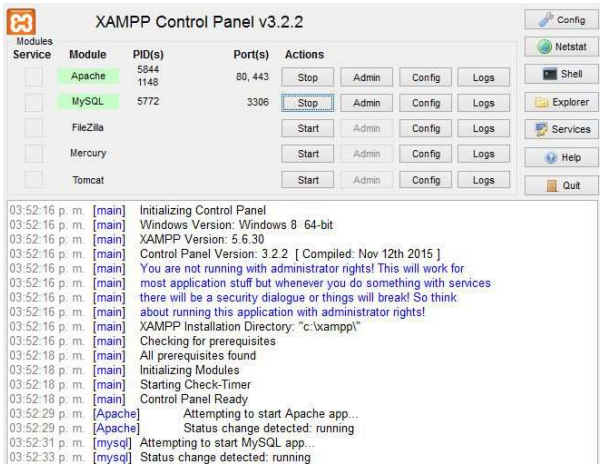


Figura 14. Servidor web utilizado.

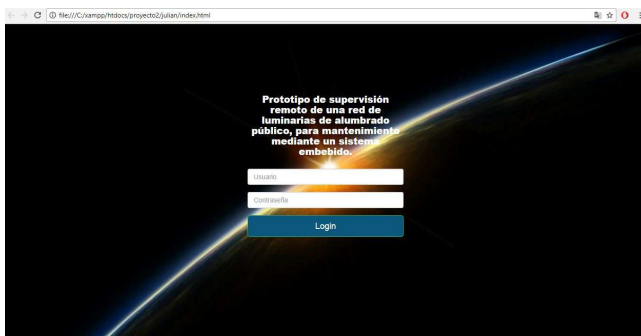


Figura 15. Acceso a la página web.

Para definir una alarma en el funcionamiento de las luminarias se tuvo en cuenta la característica horaria y los luxes registrados en la base de datos, estos fueron comparados con el funcionamiento que debe tener el alumbrado público. Ver la Fig. 20. Ver código html y PHP en anexos.



Figura 16. Inicio de Página web desarrollada.

### V-I. Ubicación geográfica

Para un mantenimiento eficiente se optó por incluir una ubicación geográfica para cada luminaria teniendo en cuenta el esclavo que registre avería en su funcionamiento. Enmarcado en el prototipo, registrará avería y el usuario podrá ver la ubicación específica. Ver Fig. 4, ver código html en anexos.

### V-J. Protocolo de pruebas para el prototipo

Para verificar el correcto funcionamiento del prototipo implementado se procede a realizar las pruebas, que están directamente relacionadas con las fig 17 , fig 18 y fig 19. Donde un elemento fundamental, es el tiempo en el cual está sincronizado el servidor, ya que de acuerdo a la hora, la luminaria debe estar ó no encendida. Como se puede observar en los anexos multimedia se realizan eventuales cortes a luminarias aleatorias, en un horario establecido, de esta forma se puede observar el comportamiento gráfico y la visualización de las alertas cuando la luminaria está fallando. En los anexos multimedia se puede observar el comportamiento gráfico de las luminarias que componen el prototipo, se observa un comportamiento continuo, sin embargo se especifica que la toma de datos es discreta, en este caso toma muestras aproximadamente cada 30 segundos.



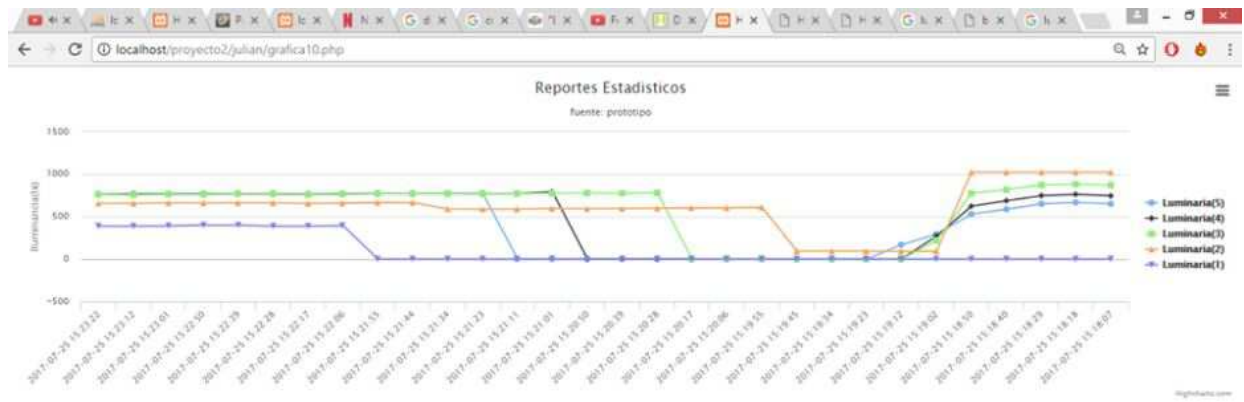


Figura 17. Gráficas simultaneas de las 5 luminarias en tiempo real.

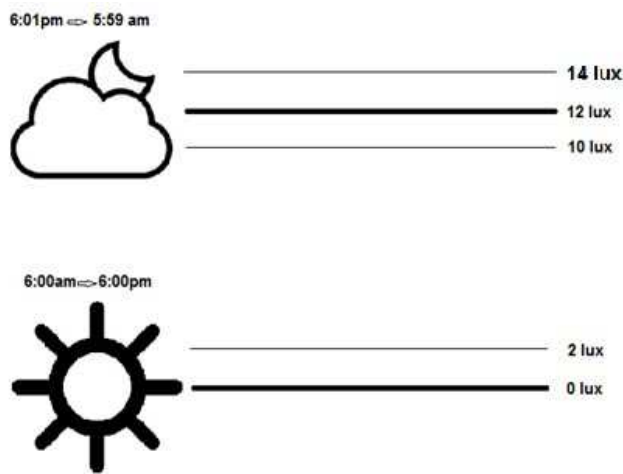


Figura 18. Parámetros para la definición de alarmas.



Figura 20. Ilustración de alarma en pagina WEB.

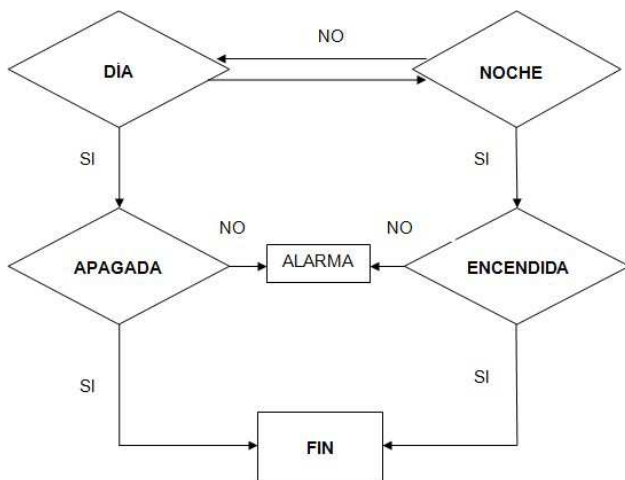


Figura 19. Diagrama de flujo para definir la alarma existente.

## VI. CONCLUSIONES

Se implementó el hardware de monitoreo de alumbrado público con el sensor bh1750, un microcontrolador que adquiere la información del sensor y un hardware de protocolo de comunicación en este caso rs485, ya que se obtiene el rango de operación con un bus de datos de máximo un kilómetro a 9600 baudios. Este hardware de monitoreo y de comunicación es implementado para una única luminaria, los cuatro restantes son censadas por fotorresistencias, por razones económicas.

El bus de comunicaciones definido por los módulos rs485 (alámbrico de dos hilos trenzado y apantallado), tienen la capacidad de comunicar a 32 esclavos y un maestro, razón por la cual este dispositivo es indispensable para este prototipo, ya que tiene la capacidad de cubrir con una distancia mayor a otros tipos de protocolos inalámbricos como lo son wi-fi y bluetooth que su rango de operación es menor a 100 m.

Se generó enlace tanto para el maestro y los esclavos mediante la transmisión de datos con el módulo rs485 y su debida programación de cada uno de estos, como para el

maestro y el módulo ethernet. Se estableció exitosa conexión del módulo ethernet con el servidor, registrando la información adecuadamente de cada luminaria en la base de datos del servidor, estos datos se postearon mediante el método get.

Para la realización de la página web se utilizó lenguaje PHP y HTML, realizando finalmente las pruebas respectivas, donde exitosamente existe conexión entre todas las partes involucradas, dando como resultado una página web de supervisión remota de alumbrado público mediante un sistema embebido. Cabe resaltar que esta página web se visualiza de forma local, si se quiere ver de forma global es necesario adquirir un host y un dominio, esto no está dentro del alcance del presente proyecto.

## VII. RECOMENDACIONES

Este proyecto como está estructurado puede tener gran cantidad de aplicaciones, ya se puede supervisar una variable física utilizando transductores adecuados conectados a los sistemas embebidos esclavos, siempre. En un futuro se podría realizar una plataforma de mayor envergadura, para así obtener los datos de las luminarias de alumbrado público de grandes ciudades como Bogotá D.C. Los módulos esclavo y maestro se energizan con 120 V AC. Así mismo la lectura detallada de este documento permite realizar una conexión adecuada de cada uno de los módulos que componen este prototipo. Se recomienda al operario del centro de control observar siempre las gráficas cuando previamente se ha detectado una alerta.

## REFERENCIAS

- [1] Z. Pooya Najafi, B. Morteza, and M. Hasemi, "Monitoring and remote sensing of the street lighting system using computer vision and image processing techniques for the purpose of mechanized blackouts development phase," *22 International Conference on Electricity Distribution*, 2013.
- [2] W. Denardin G, H. Barriquello, C. A. Campos, A. Pinto R, A. Dalla Costa, M, and N. Ricardo, "Control network for modern street lighting systems," *IEEE Federal University of Santa Maria*, 2011.
- [3] J. Mathew, W. Aldo Fabregas Zhenyu, and S. Katkooi., "Embedded system design of an advanced illumination measurement system for highways," *IEEE journal*, 2014.
- [4] C. Mishra B, S. Panda, A, K. Rout, N, and S. Kumar, "A novel efficient design of intelligent street lighting monitoring system using zigbee network of devices and sensors on embedded internet technology," *14th International Conference on Information Technology*, 2015.
- [5] S. Changhong and Z. Xianghong, "Design of new intelligent street light control system," *8th IEEE International Conference on Control and Automation*, 2010.
- [6] Y. Noriaki, F. Yusaku, and O. Naoya, "Smart street light system looking like usual street lights based on sensor networks," *13th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)*, 2013.
- [7] K. Chaitanya, S. KaushikM, C. Kala, and R. Kumar, "Automation of street lights using arduino& ni lab view," *IEEE UP Section Conference on Electrical Computer and Electronics (UPCON)*, 2015.
- [8] N. Gupta and D. Shukla, "Design of embedded based automated meter reading system for real time processing," *2016 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science*, 2016.
- [9] M. Gonzalez Gelvez A and M. E. Pinilla Marquez, "Gestión de mantenimiento para alumbrado público," *Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia*, 2009.
- [10] google maps, "mapas," <https://www.google.com.co/maps/place/Bogot2017>.
- [11] D. Jiang, "Tecnología de comunicación multi-nivel basada en rs-485 y scm," *Información sobre Ciencia y Tecnología de China No.17*, pp. pp.126–129, 2006.
- [12] Y. Pandurang and M. Vijayshree, "Embedded ethernet microcontroller prototype for different parameter monitoring and control," *international Conference on Energy Systems and Applications (ICESA 2015)*, 2015.
- [13] Y. Xiaosheng and Y. Cai, "Design and implementation of the website based on php & mysql," *IEEE*, 2010.
- [14] s. ROHM, "sensor bh1750," <https://goo.gl/bHuXdt>, 2017.
- [15] A. developers, "Modulo rs 485," <https://goo.gl/BJu4DZ>, 2017.
- [16] A. developers, "Arduino mega 2560 y arduino nano," <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>, 2017.
- [17] A. developers, "Modulo shield ethernet," [http://www.mouser.com/catalog/specsheets/A000056\\_DATASHEET.pdf](http://www.mouser.com/catalog/specsheets/A000056_DATASHEET.pdf), 2017.
- [18] s. ROHM, "datasheet bh1750," <https://goo.gl/tBtwbP>, 2017.
- [19] M. de minas y energía, "Retilap," *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público*, 2016.