

Proyecto Piloto de telegestión del servicio de  
Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga.

Estudiante: José Antonio Ramírez Pinto  
Código:299962

Trabajo de grado para optar al título de especialista en  
Iluminación Pública y Privada

Director : Ing Raúl Patiño Pineda

Universidad Nacional de Colombia.

Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y electrónica  
Bogotá, 2010.

**Titulo En Español:**

Proyecto Piloto de Telegestión del servicio de Alumbrado Público de la Ciudad de Bucaramanga,

**Titulo en Ingles:**

Pilot Remote management of public lighting of the City of Bucaramanga.

**Resumen en Español:**

EL trabajo está orientado a la visualización global de los requerimientos para llevar a cabo un ensayo piloto de telegestión del sistema de Alumbrado Público para la ciudad de Bucaramanga.

El objetivo general:

Concepción, diseño, especificación y evaluación para implementar un programa piloto de telegestión en la operación del sistema de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga. La telegestión del sistema de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga, es un proyecto piloto que se orienta fundamentalmente a modificar las prácticas tradicionales de operación y mantenimiento del sistema de Alumbrado Público. Se realiza una exploración preliminar que pretende orientar la definición de los criterios a tenerse en cuenta en la adquisición de un sistema de telegestión, para operar el sistema de Alumbrado Público de una forma moderna, más económica, ajustada a las políticas del Ministerio de Minas y Energía, que están sintonizadas con las políticas internacionales actuales, donde el uso racional de la energía es un principio, que a todos nos concierne.

Objetivo Especifico.

Realizar la especificación de un sistema piloto de telegestión para una porción de la red de Alumbrado Público de la ciudad, con base en una investigación Global, utilizando diferentes fuentes de documentación como las obtenidas en la WEB, y la suministrada por los fabricantes de sistemas de telegestión. Presentar una recomendación al municipio, en relación a la arquitectura de un sistema de telegestión con las características técnicas mínimas de los equipos que existen en el mercado como parte de la solución técnico-económica.

**Summary in English:**

This work is focused in the global visualization of the requirements needed to conduct a pilot test project for the remote management of the public street lighting system for the city of Bucaramanga.

Main objective:

To plan, design, specify and evaluate a pilot program for remote-managing the operations in the public lighting system for the city of Bucaramanga.

The pilot project is aimed primarily at modifying current operation and maintenance practices of the public lighting system in the city of Bucaramanga. A preliminary scoping was performed in order to determine useful guidelines and criteria required for the acquisition of the remote management system components. The ultimate goal of this pilot program, is to operate the street lighting system in a modern, economically sound way. The system operation is tailored to follow the Ministry of Mines and Energy policies which are at par with current international standard practices. The rational use of energy is a principle that concerns us all.

#### Specific Objectives

To determine the specifications of the system components for a pilot project for remote management of a portion of the public lighting network for the city of Bucaramanga. The specifications obtained were based on the results of the global research that included web information, as well as information supplied by several manufacturers of remote management systems.

To submit the findings and recommendations to the municipality. The recommendation details the architecture, characteristics and minimal technical specifications of currently available equipment that represent the most feasible economical and technical solution for the implementation of a pilot project.

#### **Descriptores o palabras claves:**

Telegestión  
Alumbrado Público.  
Ciudad de Bucaramanga.

#### **Summary descriptors or keywords:**

Telemanagement.  
Public Lighting.  
City of Bucaramanga.

Director Ingeniero Raúl Patiño Pineda \_\_\_\_\_

Autor: José Antonio Ramírez Pinto, 1954 \_\_\_\_\_

## ÍNDICE

	Pág.
1.0	Objetivo General..... 6
1.1	Justificación..... 6
1.2	Objetivo Especifico..... 6
2.0	Características del servicio de Alumbrado Público de Bucaramanga..... 6
2.1	Red inicial de Alumbrado Público seleccionada para gestionar con un piloto [1]..... 6
2.2	Parámetros que desea controlar el municipio..... 7
2.3	Estimación del crecimiento al futuro del Sistema de Telegestión de Alumbrado Público de Bucaramanga..... 7
2.4	Condiciones actuales de gestión del servicio de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga..... 7
2.4.1	Actividades..... 7
2.4.2	Recursos..... 8
3.0	Niveles de un sistema de telegestión..... 9
3.1	Nivel I..... 9
3.2	Nivel II..... 9
3.3	Nivel III..... 9
4.0	Comunicaciones en un sistema de telegestión..... 10
4.1	Onda portadora [2]..... 10
4.2	Redes inalámbricas..... 11
5.0	Información comercial de los posibles proveedores..... 12
5.1	Listado general de posibles proveedores de un sistema de telegestión..... 12
5.2	Características de las cinco alternativas con mejor información en la WEB, para la realización de un ensayo Piloto..... 13
5.2.1	Arelsa de España [3]..... 13
5.2.2	AFEISA Sistemas y Automatización SA de España [4]..... 13
5.2.3	Owlet del Grupo Schreder Alemania [5]..... 14
5.2.4	Starsense de Philips Holanda [6]..... 15
6.0	Características mínimas con las cuales debe contar un Piloto que se implemente para Bucaramanga..... 17
6.1	Características técnicas de los Equipos de captación de señales en punto luminoso..... 17
6.2	Características técnicas de los Equipos de concentración de puntos luminosos en centros de distribución..... 17
6.3	Características técnicas de los Equipos de comunicaciones entre los diferentes niveles..... 17
6.4	Características técnicas de los Equipos del centro de control para la telegestión..... 18
7.0	Cotizaciones suministradas por los proveedores..... 18
7.1	Presupuesto Sistema MINOS de UMPI electrónica Italia, para el proyecto piloto de telegestión de Bucaramanga..... 18
7.2	Análisis del tiempo en el cual se recupera la inversión..... 18
7.3	Conclusiones:..... 21

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO No 1 PROTOCOLOS APLICABLES A LA TELEGESTIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	23
ANEXO No 2 CUADRO COMPARATIVO DE ZIGBEE Y OTRAS TECNOLOGÍAS...	24
ANEXO No 3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA URBILUX .....	25
ANEXO No 4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA TELEASTRO.....	26
ANEXO No 5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA OWLET .....	27
ANEXO No 6 ARQUITECTURA DEL SISTEMA STARASENSE DE PHILIPS. ....	28
ANEXO No 7 ARQUITECTURA DEL SISTEMA MINOS DE UMPI ELECTRONICA.	29
ANEXO No 8 MATERIALES DEL PROYECTO.....	30
ANEXO No 9 COSTOS DE LA INGENIERIA DEL PROYECTO PILOTO DE TELEGESTION DE BUCARAMANGA SUMINISTRADO POR UMPI ELECTRONIC.....	31
ANEXO No 10 EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE RETORONO DE LA INVERSION DEL PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, CON EL SITEMA MINOS DE UMPI ELECTRONICA. ....	32

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**  
**Trabajo Final de Especialización en Iluminación Pública y Privada.**  
**Título: Proyecto Piloto de Telegestión del servicio de Alumbrado Público de la**  
**Ciudad de Bucaramanga,**

Por José Antonio Ramírez Pinto.  
Director : Ingeniero Raúl Patiño Pineda

**Resumen:** EL presente trabajo está orientado a la visualización global de los requerimientos para llevar a cabo un ensayo piloto de telegestión del sistema de Alumbrado Público para la ciudad de Bucaramanga.

**Palabra Clave:** Telegestión

**1.0 Objetivo General: concepción, diseño, especificación y evaluación para implementar un programa piloto de telegestión en la operación del sistema de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga.**

La telegestión del sistema de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga, es un proyecto piloto que se orienta fundamentalmente a modificar las prácticas tradicionales de operación y mantenimiento del sistema de Alumbrado Público. En éste trabajo se realiza una exploración preliminar que pretende orientar la definición de los criterios a tenerse en cuenta en la adquisición de un sistema de telegestión, para operar el sistema de Alumbrado Público de una forma moderna, más económica, ajustada a las políticas del Ministerio de Minas y Energía, que están sintonizadas con las políticas internacionales actuales, donde el uso racional de la energía es un principio, que a todos nos concierne.

**1.1 Justificación.**

A la fecha, no se tiene conocimiento del desarrollo de un piloto de telegestión del sistema de Alumbrado Público en Colombia. La implementación del proyecto de telegestión para la operación del servicio de Alumbrado Público de todo el Municipio de Bucaramanga, conlleva unas inversiones considerables, que se optimizan mediante la realización de un programa piloto, lo que permite evaluar las bondades reales de la tecnología que se escoja, detectar debilidades o falencias previas que no son fácilmente observables en un proceso licitatorio para realizar las compras

masivas de equipo tecnológico. La telegestión del servicio de Alumbrado Público se ha venido implementando a nivel mundial; se ha logrado comprobar su eficiencia en el manejo de energía y optimización de recursos que se reflejan en importantes beneficios económicos, por la reducción de los consumos de energía, tiempos de recuperación del servicio ante fallas, optimización de los mantenimientos, no requerimiento de personal en horas nocturnas detectando fallas. Para el caso de Bucaramanga en el numeral 7.2 de este documento se presenta un análisis técnico económico con algunos resultados, entre los que se destaca la recuperación de la inversión en 7,03 años lo que muestra la factibilidad de su implementación.

**1.2 Objetivo Especifico.**

Realizar la especificación de un sistema piloto de telegestión para una porción de la red de Alumbrado Público de la ciudad, con base en una investigación Global, utilizando diferentes fuentes de documentación como las obtenidas en la WEB, y la suministrada por los fabricantes de sistemas de telegestión. Presentar una recomendación al municipio, en relación a la arquitectura de un sistema de telegestión con las características técnicas mínimas de los equipos que existen en el mercado como parte de la solución técnico-económica.

**2.0 Características del servicio de Alumbrado Público de Bucaramanga.**

**2.1 Red inicial de Alumbrado Público seleccionada para gestionar con un piloto [1].**

La red seleccionada obedece los siguientes aspectos:

- Es un circuito exclusivo de Alumbrado Público
- Toda la infraestructura es nueva

- Es un corredor vial muy importante de la ciudad, muy transitado y de difícil programación de mantenimiento, teniendo en cuenta su flujo vehicular.
- El número de luminarias es significativo, para poder medir los ahorros a obtener.

La red está compuesta por:

- a. Un Transformador de 75 kVA.
- b. 88 postes doble brazo con luminarias de 250 W con bombillas de vapor de sodio a alta presión.
- c. 56 postes brazo sencillo con luminarias de 250 W con bombillas de vapor de sodio a alta presión, para un total de 232 luminarias.
- d. Redes eléctricas en cable de cobre (3x2+1x4 AWG), Exclusivas para AP.
- e. Postería metálica 12 m.
- f. Fotocontroles individuales.

## **2.2 Parámetros que desea controlar el municipio.**

- a. Estado ON/OFF de cada una de las luminarias.
- b. Estado de los componentes de la luminaria.
- c. Encendido y apagado de los circuitos de BT
- d. Consumo de energía por centro de carga.

## **2.3 Estimación del crecimiento al futuro del Sistema de Telegestión de Alumbrado Público de Bucaramanga.**

Los costos de la telegestión de equipos de iluminación de bajas potencias (70 W) alimentadas desde redes eléctricas de uso general, que son los predominantes en sectores residenciales, hace que se descarte, por el momento, cualquier proyección de manejo automatizado de las luminarias instaladas en las calles de los barrios de la ciudad. Los ahorros en consumo de energía en estas potencias bajas permiten un retorno de la inversión sólo a largo plazo, por lo tanto se puede inferir que la telegestión por el momento sólo es atractiva para equipos de iluminación de potencias mayores o iguales a los 150 W, que son los que predominan para la iluminación de las principales vías arteriales de la ciudad, esto genera un potencial de máximo 4.500 puntos susceptibles de automatizar, hoy el censo de

equipos de Alumbrado Público de la ciudad es de 45.000 puntos luminosos<sup>1</sup>.

## **2.4 Condiciones actuales de gestión del servicio de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga.**

### **2.4.1 Actividades.**

A continuación se enumera un conjunto de actividades que se realizan hoy en día como parte de la gestión del Alumbrado Público y susceptibles de mejorar mediante el uso de un sistema de telegestión.

1. Supervisión nocturna para determinar puntos apagados.
2. Supervisión diurna para evitar luminarias directas durante el día.
3. Normalmente sobre las vías principales la comunidad informa sobre las fallas o daños que se presentan, con el sistema de telegestión se pretende tener en tiempo real las diferentes fallencias.
4. Conocer de antemano la posible falla de las luminarias (cual componente eléctrico falló), para cuando se va a ir al sitio llevar los elementos necesarios de reemplazar.
5. Aunque se tiene medida para todo el sistema de iluminación que atiende el transformador exclusivo del corredor vial, es necesario conocer el consumo de energía puntual por luminaria y circuitos, teniendo en cuenta que en el recorrido de la red pueden existir conexiones fraudulentas no autorizadas por el municipio (vallas publicitarias, mupis o avisos de parada de bus luminosos, fuentes luminosas, etc.) que inciden en el consumo real del sistema de Alumbrado Público.
6. Tener el control del sistema de iluminación directamente desde la oficina central, para mejorar los indicadores de mantenimiento en cuanto a tiempo de

---

<sup>1</sup> Información obtenida de la base de datos de infraestructura de Bucaramanga.

respuesta, teniendo en cuenta que esta vía es una arteria principal del sistema integrado de transporte masivo.

#### 2.4.2 Recursos2

**Los recursos involucrados en la gestión del Alumbrado Público actualmente son los siguientes:**

1 Director(a)

Encargado de gerenciar y dirigir el sistema del servicio de Alumbrado Público del Municipio de Bucaramanga.

Tres (3) Ingenieros electricistas.

Para las expansiones cuyas funciones son efectuar las visitas técnicas a los diferentes sitios de la ciudad para determinar las necesidades de ampliación, recuperación y/o modernización del Alumbrado Público. Estos funcionarios realizan la visita, verifican y elaboran los planos de los diseños, elaboran los presupuestos y lo presentan para la aprobación y posterior contratación por parte de la Dirección. Durante la ejecución de las obras de expansión estos ingenieros realizan la labor de supervisión y/o Interventoría.

Una (1) Ingeniero (a) electricista.

Encargado de la programación del mantenimiento, de realizar las ordenes de trabajo para las 6 cuadrillas, de revisar, junto con la tecnóloga, la descarga de la Palm al computador de las ordenes de trabajo realizadas en el día y que sean correctas, verificar actividades pendientes y su justificación, volverlas a programar, mirar que materiales se han utilizado y descargarlos del sistema, etc.

Seis (6) Supervisores de Cuadrilla.

Cargo desempeñado por personal con perfil de tecnólogo, el cual está todo el tiempo con la cuadrilla; supervisa que los trabajos sean realizados correctamente, que se empleen las normas de Construcción, el Manual de Alumbrado Público de la ciudad, RETILAP, RETIE, Seguridad Industrial y vial. Es apoyo técnico para el personal de la cuadrilla que supervisa que se instalen los materiales que

suministra el Municipio para el mantenimiento y elaboran los respectivos reportes en las Palm.

Un Supervisor nocturno quien se moviliza en motocicleta, que labora de 18:00 a 22:00 horas, haciendo recorridos que la ingeniera de mantenimiento le programa para inspeccionar las luminarias apagadas, sitios oscuros, etc. No tiene a cargo la elaboración de las mediciones de los niveles de iluminación, solamente llena una planilla indicando la ubicación de las luminarias apagadas, en los barrios, por medio de los recorridos nocturnos que se le programan. Generalmente los recorridos los realiza en compañía de los presidentes de las juntas de Acción Comunal, en procura de dar una mejor atención a la comunidad.

Un(a) (1) Tecnólogo(a).

Su función básica es el apoyar las actividades de programación.

Un(a) (1) Contador(a).

Este funcionario revisa que se paguen con recursos de la tasa de Alumbrado Público las cuentas que son autorizadas por la dirección, realiza la conciliación bancaria de las 2 cuentas que tiene el municipio de Bucaramanga para el recaudo del impuesto del servicio de Alumbrado Público, teniendo en cuenta que los cheques son girados directamente por la Tesorería General del Municipio. De acuerdo con el plan de inversiones y pagos de las cuentas del servicio de Alumbrado Público, se le tiene que informar a la Tesorería del Municipio si existen flujos de dinero en caja, que se coloquen en títulos valores como CDT's<sup>3</sup>, su cuantía y plazos de maduración. Estos rendimientos financieros también van a la cuenta de Alumbrado Público como un ingreso adicional.

Un(a) (1) Abogado(a).

Su función es soportar los apoyos a la atención de las quejas y reclamos del servicio de Alumbrado Público y el soporte jurídico de la coordinación de la Oficina de Alumbrado Público del Municipio de Bucaramanga,

Una (1) Secretaria.

Esta funcionaria tiene la responsabilidad de la recepción de las quejas y reclamos del servicio de Alumbrado Público, atención primaria al público, recibe adicionalmente la correspondencia, la cual es reportada a la

---

<sup>2</sup> Información suministrada por la Alcaldía de Bucaramanga.

---

<sup>3</sup> CDT's = Certificado de depósito a termino fijo(titulo valor)



Oficina de Alumbrado Público del Municipio de Bucaramanga, utilizando un software de referencia SCADO donde se digitaliza y controla toda la correspondencia, así como la documentación y correspondencia de los contratos de mantenimiento del servicio de Alumbrado Público, de acuerdo a las normas de archivística.

Un (1) contrato de mantenimiento.

Un (1) contrato de suministro de energía.

Las compras de materiales son gestionados por su Director con el acompañamiento de su equipo de colaboradores.

### 3.0 Niveles de un sistema de telegestión.

La operación de un sistema de Alumbrado Público, bajo un modelo de telegestión, está fuertemente correlacionada con los principios de optimización de los recursos, de la maximización de los beneficios, como es el ahorro de la energía, mejorar la calidad y confiabilidad del servicio de alumbrado ofrecido a una comunidad. De acuerdo con las múltiples alternativas ofrecidas en el mercado se plantea un modelo de telegestión dividido en tres niveles, los cuales se presentan a continuación, teniendo como referencia el marco teórico establecido en el trabajo *"Marco Teórico de la Telegestión del servicio de Alumbrado Público."* realizado por el ingeniero José Antonio Suárez Acevedo.

:



Fuente: Philips documentos de Starsense.

### 3.1 Nivel I.

Constituido por los equipos instalados en las luminarias, los cuales reportan el estado de su información y hacen el control de cada punto luminoso. Éste nivel detecta el funcionamiento y reporta las fallas que se pueden presentar en sus componentes, transmitiendo los datos al siguiente nivel de control, mediante un sistema de comunicación.

### 3.2 Nivel II.

Conformado por los equipos instalados en los centros de distribución, donde se hace el control para cada circuito exclusivo de Alumbrado Público en baja tensión, en resumen son concentradores que registran los eventos, las maniobras necesarias, miden o registran los diferentes parámetros eléctricos, registran anomalías o averías en cada circuito de baja tensión. Desde estos concentradores se transmite al nivel superior la información recibida de cada una de las luminarias existentes en los circuitos exclusivos de alumbrado, y la propia que se llega a generar por la operación misma del centro de distribución.

### 3.3 Nivel III.

Corresponde al centro de control o sala de operación de sistema de Alumbrado Público, en este lugar se recibe la información de los centros de distribución, y se gestiona la operación de los componentes del sistema, en él se realizan los análisis y se determinan los correctivos que sean necesarios, permite la supervisión y control de la información del sistema, mediante una unidad de mando central, recibe la información de los otros dos niveles a través del sistema de comunicación y se gestiona la totalidad de la información, se hace el análisis, se determinan las respuestas operativas a todos los eventos y se centraliza toda la información y control de las diferentes bases de datos que interactúan en el funcionamiento de un sistema de alumbrado; lleva el procesamiento de todas las señales, genera despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes, realiza los análisis y elabora el cálculo de indicadores. El software de telegestión del servicio de alumbrado que se elija para el centro de control, debe interactuar con el sistema de información de la infraestructura (base de datos de la infraestructura), con el sistema de atención de quejas y reclamos, y mantenimiento del servicio

y con el sistema de gestión de la red eléctrica de media y baja tensión.

#### 4.0 Comunicaciones en un sistema de telegestión.

Los tres niveles de telegestión están relacionados a través de un sistema de telecomunicaciones, el cual se encarga de la transmisión de la información al centro de control y desde el centro de control a los diferentes componentes del Sistema de Alumbrado Público. Existen varios medios de comunicación que se han venido utilizando como son onda portadora (PLC)<sup>4</sup> y comunicaciones inalámbricas como radio, WI-FI, telefonía celular (GPRS/3G).

Mediante el módulo de comunicaciones se transmiten las diferentes señales de estado de cada uno de los componentes del sistema de alumbrado, las cuales son almacenadas en bases de datos, que soportan interfaces gráficas del software adoptado para el centro de control. Los operadores, pueden acceder a los datos generados desde los diversos elementos del sistema de alumbrado, determinando las respuestas a los diferentes eventos asociados.

A continuación se presenta una breve descripción de los principales sistemas de comunicación utilizados para la telegestión del servicio de Alumbrado Público teniendo como referencia el marco teórico establecido en el trabajo “Marco Teórico de la Telegestión del servicio de Alumbrado Público”, realizado por el ingeniero José Antonio Suárez Acevedo.

#### 4.1 Onda portadora [2]

Los sistemas de onda portadora o *Power Line Communications* (PLC), aprovechan el cable eléctrico para comunicarse con las luminarias del sistema de Alumbrado Público, es una de las maneras más eficaces de comunicar puntos luminosos sin necesidad de un cableado adicional. Las frecuencias en el ancho de banda del rango de 20 kHz a 200 kHz conforman lo que se denomina banda estrecha

---

<sup>4</sup> Las abreviaturas utilizadas en el presente trabajo se presentan al final del documento numeral 8.0 al finalizar la bibliografía.

y puede ser usada para la transmisión de información modulada por la red eléctrica.

La Banda ancha sobre líneas eléctricas (abreviada BPL por su denominación en inglés *Broadband over Power Lines*) representa el uso de tecnologías PLC que proporcionan acceso de banda ancha a Internet a través de líneas de energía ordinarias. En este caso, una computadora (o cualquier otro dispositivo) necesitaría solo conectarse a través de un módem BPL en cualquier toma de energía en una edificación equipada para tener acceso de alta velocidad a Internet. A primera vista, la tecnología BPL parece ofrecer ventajas con respecto a las conexiones inalámbricas ya que utiliza medios guiados, al igual que la banda ancha basada en cable coaxial o en DSL, la amplia infraestructura disponible permitiría que la gente en lugares remotos tenga acceso a Internet con una inversión de equipo relativamente pequeña. Las características físicas y de capilaridad de la red eléctrica y las altas prestaciones de los estándares por parte de la IEEE, posicionan las comunicaciones vía PLC como una excelente alternativa, siempre que se disponga de redes privadas de cable sobre las que inyectar señales PLC, como son las redes exclusivas de Alumbrado Público. El ancho de banda de un sistema BPL se caracteriza por su estabilidad. Los módems PLC transmiten en las gamas de media y alta frecuencia (señal portadora de 1,6 a 30 MHz). La velocidad asimétrica en el módem va generalmente desde 256 kbit/s a 2,7 Mbit/s.

Las tecnologías de banda ancha sobre líneas eléctricas, tienen como desventaja que las señales de BPL no pueden pasar fácilmente a través de los transformadores (su alta inductancia los hace actuar como filtros de paso bajo, dejando pasar solo las señales de baja frecuencia y bloqueando las de alta) y por esta razón requieren repetidores en los centros de distribución.

El segundo problema principal de las tecnologías BPL tiene que ver con la intensidad de la señal junto con la frecuencia de operación. Se espera que el sistema trabaje en frecuencias en la banda de 10 a 30 MHz, que es utilizada por los radio aficionados, así como por emisoras radiales internacionales en onda corta y por diversos sistemas de comunicaciones (militar, aeronáutico, etc.), lo

que puede producir interferencia. Sin embargo, los sistemas modernos de BPL utilizan la modulación OFDM<sup>5</sup> que permite minimizar la interferencia con los servicios de radio mediante la remoción de las frecuencias específicas usadas.

La inmunidad frente a ruido e interferencias depende de la frecuencia de transmisión y de la utilización de un tipo de transmisión a dos hilos como línea-tierra ó línea-neutro; en cuanto a costos, el sistema es una alternativa económica y de rápida instalación para el transporte de datos. Uno de los protocolos más utilizados en los sistemas de onda portadora es la plataforma *LonWorks*, (*Local Operating Networks*) que es un protocolo estándar abierto y se encuentra homologado por las distintas normas Europeas (EN-14908), de Estados Unidos (EIA-709-1) y Chinas (GB/Z20177-2006), ahora es oficialmente conocido como ISO/IEC 14908-1.

Una gran desventaja de éste sistema es su inoperancia ante eventos como postes estrellados y vandalismo, dado que la señal en el centro de control desaparece totalmente. En redes eléctricas de uso general se requieren estudios detallados para evaluar su implementación. Por lo tanto, los costos adicionales no definidos por la utilización de las redes de uso general, conllevan a descartar el uso de éste medio de comunicación dentro del sistema piloto de telegestión.

#### 4.2 Redes inalámbricas.

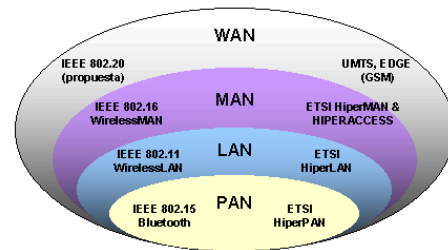
La comunicación inalámbrica, podría ser la solución ideal para la comunicación de la telegestión del servicio de Alumbrado Público, al permitir crear un sistema en el que la municipalidad no necesite construir un centro de control, sino que la información está a su disposición en cualquier momento y sitio a través de un simple acceso Web en Internet.

<sup>5</sup> *OFDM: Sistema de modulación robusta que distribuye el dato sobre un largo número de portadores que son espaciados en frecuencias precisas.*

La utilización de la telefonía móvil, permite la gestión total del sistema a través de Internet. Además, permitiría ayudar al trabajo diario de los servicios de mantenimiento, así como a facilitar la realización de acciones puntuales, empleando las posibilidades de la mensajería SMS. (Short Message Service), que es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos.

Es por ello que una alternativa que supera varios de los problemas de un sistema como el PLC, son las nuevas tecnologías inalámbricas.

Posicionamiento de Estándares Wireless



Fuente: Wikipedia.

Figura No 1 Estándares de comunicación inalámbrica

Existen entre otras:

**WPAN**, (en inglés Wireless Personal Area Networks, red Inalámbrica de área personal) es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.

**WMAN**, redes inalámbricas de área metropolitana. (wireless neighborhood area networks). Las redes inalámbricas de área extensa (WMAN) tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa. Las tecnologías principales son:

- GSM (*Global System for Mobile Communication*).

- GPRS (*General Packet Radio Service*).
- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*).

**WLAN** (en inglés, wireless local area network) es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas.

**WIMAX**, son las siglas de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (interoperabilidad mundial para acceso por microondas). Es una norma de transmisión de datos usando ondas de radio. Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales). El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Forum; todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

Los perfiles del equipamiento que existen actualmente en el mercado; compatibles con WiMAX, son exclusivamente para las frecuencias de 2,5 y 3,5 Ghz como puede comprobarse en la base de datos de WiMax Forum.

En el anexo No 1 se presenta la Tabla Protocolos aplicables a la telegestión de Alumbrado Público.

Una mayor descripción de estos protocolos se puede encontrar en el Documento "Marco teórico de telegestión de Alumbrado Público" elaborado como tesis de la Especialización de Alumbrado Público de la Universidad Nacional de Colombia, cuyo autor es el ingeniero José Antonio Suárez Acevedo. Bogotá 2010.

## **Alternativas paralelas a Zigbee.**

Hay muchas alternativas inalámbricas asequibles a los diseñadores. Comparando ZigBee con algunos de los estándares más populares que comparten la banda de 2.4 GHz sin licencia. Los parámetros mostrados en el Anexo No 2, incluyen el estándar.

## **5.0 Información comercial de los posibles proveedores.**

Para analizar y determinar las posibles alternativas de telegestión del servicio de Alumbrado Público de la ciudad de Bucaramanga, se evaluaron las funciones y las arquitecturas de las tecnologías disponibles en el mercado, para lo cual se recopiló información de los posibles proveedores de sistemas de telegestión detectados en la WEB, los cuales son presentados de forma concisa en los siguientes numerales.

### **5.1 Listado general de posibles proveedores de un sistema de telegestión.**

Las indagaciones del mercado nacional y en la WEB, permitieron encontrar los siguientes posibles proveedores de un sistema de telegestión del servicio de Alumbrado Público:

1. Arelsa de España,
2. Afeisa automatización SA de España.
3. Umpi Electrónica de Italia.
4. Philips de Holanda.
5. Schreder de Alemania.
6. Echelon de USA.
7. SCS Pyramid de España.
8. FaltCom de Suiza.
9. Eltodo de Bulgaria.
10. Cyclosystems de USA.
11. Conchiglia de Italia.
12. Citelum de Francia.
13. BEKA Pty Ltda del grupo Schreder de Sudáfrica.

## **5.2 Características de las cinco alternativas con mejor información en la WEB, para la realización de un ensayo Piloto.**

### **5.2.1 Arelsa de España [3]**

Con su **Sistema Urbilux** esta firma presenta un desarrollo de implementación de más de 17 años en la Telegestión del servicio de Alumbrado Público en las municipalidades de España.

Su arquitectura se observa de forma esquemática en el anexo No 3, sus principales funciones:

- Inventario de activos municipales.
- Cartografía GIS.
- Telegestión de instalaciones.
- Control de incidencias en tiempo real.
- Mantenimiento de instalaciones.
- Explotación y control de calidad.
- Comunicaciones TCP-IP.

#### **TERMINALES DE COMUNICACIÓN.**

- Facilidades de comunicación vía cable, fibra óptica, telefonía fija, telefonía móvil GSM, GPRS, vía radio.
- Conversor RS232/RS485.
- Terminales de mano. Referencia URBIDAT.
- Modem GSM, GPRS y radio modem referencia AREMOD.
- Servicio de mensajería SMS.

#### **Características de la Cartografía.**

Motor GIS de alto rendimiento. Visualización de planos multiarchivo "Autocad" y "Microstation".

#### **Impresora térmica de etiquetas.**

Pueden imprimirse etiquetas con código de barras de cualquier elemento del inventario: centros de distribución, tableros, luminarias y postes de apoyo.

#### **Lector láser de código de barras.**

Terminal de mano para la lectura de etiquetas con código de barras de los elementos del inventario.

Éste proveedor afirma que como conclusión y en base a su experiencia puede asegurar que las inversiones en el SISTEMA CITIGIS se pueden amortizar exclusivamente con el ahorro obtenido en 3 años.

### **5.2.2 AFEISA Sistemas y Automatización SA de España [4].**

Con su **Sistema Teleastro** afirma que tiene un desarrollo de implementación de más de 10 años en la Telegestión del servicio de Alumbrado Público en las municipalidades de España.

Su arquitectura se observa de forma esquemática en el anexo No 4, sus principales funciones:

- Un Circuito para Reloj Astronómico (relé NC).
- Un Circuito para ahorro energético (relé conmutado).
- Dos Circuitos Especiales (relé NC).
- Seis entradas digitales para control de alarmas.
- Una entrada digital para control selector de manual.
- Tres entradas de medida de tensión 0-240 VAC de valor eficaz.
- Cuatro entradas analógicas de 0-2 VDC, de las cuales tres configurables de 0-1,5 VDC.
- Display LCD personalizado y teclado de seis teclas.
- Leds para la indicación del estado de cada uno de los circuitos.
- Un puerto RS232 para modem GPRS con protocolo TATP(TCP) y un puerto RS485 programable para periféricos.

#### **Características funcionales.**

- Cálculo astronómico mediante algoritmo de alta precisión.
- Cuatro circuitos de salida con programación astronómica y/o horaria.
- Programación de calendario de maniobra con múltiples opciones.
- Puesta en hora automática a través de Internet y reloj atómico.

- Cálculo automático de Semana Santa y los festivos relacionados a la misma.
- Control y mando de las maniobras, independiente a cualquier problema de comunicaciones del servidor.
- Configuración básica a través de teclado y avanzada desde Internet.
- Telemando y tele programación de maniobras vía SMS o GPRS.
- Envío de alarmas y consulta de estado del cuadro por mensajería SMS.
- Mando y supervisión de funcionamiento de cualquier regulador de flujo del mercado o sistema de ahorro de energía.
- Control de las protecciones y de las alarmas del cuadro de alumbrado.
- Supervisión del aislamiento de la instalación.
- Alarmas y medidas de tensión, corriente y potencia.
- Auditorias energéticas permanentes y supervisión de los medidores de energía.
- Display y teclado para la verificación de la instalación localmente.
- Supervisión del estado de toda la instalación mediante acceso a internet.
- Múltiples usuario del sistema sin necesidad de crear redes internas.
- Protección y confiabilidad de los datos garantizada.

### 5.2.3 Owlet del Grupo Schreder Alemania [5].

Su arquitectura se observa de forma esquemática en el anexo No 5, sus principales funciones:

- Canales de comunicación ambos usados en cada transmisión.
- Repetición es posible
- No se presenta ruido en la comunicación
- 5.4 kbit/seg, entre equipos.
- Secundaria 115 kHz; Primaria 132 kHz.
- IEEE 802.15.4 / ZigBee
- 16 canales de comunicación cada uno de banda ancha.
- Selección automática o manual.

- Saltos dinámicos de la frecuencia no se detectan.
- Malla multifuncional que autocorrigue fallas entre nodos a través de las múltiples conexiones.
- 250 kbit/segundo.

### Componentes del Sistema.

**Owlet Nightshift** – software de fácil utilización que monitorea, controla y administra la instalación de iluminación. El núcleo del sistema es el protocolo de comunicación abierto ZigBee, una tecnología de red de malla inalámbrica, ampliamente utilizado en varias industrias donde se necesita una tecnología de red con un estándar industrial seguro y fiable (estándar IEEE 802.15.4). El Sistema Owlet Nightshift, es tan simple como la página WEB de una aerolínea o como un motor de búsqueda en la Web. Toda la información recibida se almacena en una base de datos MySQL.

#### ▪ Controladores de Luminaria de exterior (OLC)

El “LuCo” y “CoCo” están disponibles en varias configuraciones. Todos los miembros de la familia comparten la comunicación confiable de Zigbee, las capacidades de conmutación y de dimerización y detección de fallo de la lámpara. Los OLC son independientes del balasto, y soportan equipos convencionales como balastos magnéticos y de doble potencia así como balastos electrónicos y controladores LED con interfase de 1-10 V o el estándar DALI. Cada salida es capaz de conmutar hasta luminarias de 1000 W con una tensión de alimentación de 230 V.

#### ▪ CoCo (Controlador de Columna)

Versión encapsulada para montaje en-poste tipo IP 67, se puede suministrar hasta con dos interruptores de potencia independientes, cada uno mide la energía individual, ideal si más de una carga se adjunta a un poste, es decir, doble encendido esto es las luminarias y el alumbrado navideño, pasacalles de publicidad, etc. El consumo de energía de cada salida se mide individualmente a través de un medidor de energía clase 1. Monitorea: Corriente, voltaje y factor de potencia. Presenta un reloj de

respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.

- **Luco (Controlador de luminarias)**

Luco es la opción si desea instalar el sistema dentro de las luminarias. El controlador está disponible en tres versiones: Luco-D con DALI-interfaz, Luco-M para construcciones con medidor de energía clase 1, y la Luco-U sin medición para aplicaciones donde se utiliza un medidor de energía común en el alimentador principal. Al igual que en el CoCo, corriente, el voltaje y factor de potencia son también monitoreados permanentemente y registrados. Un reloj de respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.

- **Segment Controller (SeCo) ó Controlador de segmentos.**

El Seco gestiona un segmento de hasta 150 unidades de CoCo y Luco. Recoge los datos del OLC a través de la red de malla ZigBee y lo transmite a través de Internet al servidor web, garantizando la seguridad a través de una VPN. La conexión a Internet se realiza ya sea con el ADSL, GPRS o 3G. Equipado con 2 entradas/salidas digitales y analógicas, así como también de una interfaz de Modbus Seco capaz de adquirir datos desde un medidor de energía para todo un segmento para efectos de facturación, también puede enviar y recibir comandos de sensores remotos, es decir, el cambio de alimentación de la iluminación, el controlador de segmento es totalmente programable y se puede personalizar si es necesario. Puede organizar grupos (es decir, las intersecciones, las carreteras principales, cruces de peatones, etc.) recibir y ejecutar comandos de interruptor y atenuación.

#### **5.2.4 Starsense de Philips Holanda [6]**

La solución de Philips Starsense utiliza la tecnología de las comunicaciones de Echelon, en cada una de las luminarias se instala un controlador (Outdoor Luminaire Controller). Los datos de las luminarias son percibidos por el Segmento Controlador (basado en SmartServer

i.LON de Echelon). El responsable del Segmento Controlador Starsense gestiona el Alumbrado Público y se comunica con el centro de control de una ciudad equipada con software de Supervisión de Starsense, otros dispositivos y proporcionan al usuario final con un paquete completo de aplicaciones de gestión Web, incluyendo el análisis de consumo de energía, la identificación automática de fallos, mantenimiento preventivo y las pruebas a distancia y control de Alumbrado Público en los mapas de la ciudad.

El Starsense se basa en el protocolo LonWorks mediante línea de energía (PLC), su arquitectura se observa de forma esquemática en el anexo No 6, sus principales funciones:

#### **Controlador Luminaria exterior (OLC)**

El controlador de luminaria atenúa el flujo luminoso y detecta fallos de las luminarias. Se comunica con el controlador de segmento a través de un cable eléctrico y utiliza una señal de 1-10 V, regulación de intensidad para la interfaz con el balasto electrónico y un relé para encender y apagar. EL OLC tiene una entrada digital diseñada para conectarse a una célula fotoeléctrica, permitiendo órdenes locales encendido/apagado. La unidad puede ser incorporada en la luminaria o montada en la base del poste.

#### **Segmento Controlador (SC).**

El Segmento Controlador opera una serie de OLCs conectados a la misma red eléctrica y reúne información de ellos para ser enviados, en caso necesario, al PC remoto a través de Internet, normalmente a través de GPRS. El SC se puede utilizar para interactuar con otros dispositivos en el gabinete, como los semáforos o los sensores meteorológicos.

#### **Software Supervisor Starsense.**

El software Supervisor Starsense transforma los datos con el objetivo de extraer información útil y facilitar las conclusiones. Es encargado de realizar el análisis energético, detección de problemas, duración de las bombillas y muchas otras características del sistema de Alumbrado Público.

### 5.2.5 Minos de UMPI Electrónica de Italia [7].

El sistema MINOS, está amparado por las Patentes mundiales números 01264183, 0711498 y 0746183.

#### **CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA MINOS.**

El sistema está compuesto por diferentes equipos que tienen la siguiente estructura de comunicación: El Syra es el equipo instalado en cada punto de luz a telecontrolar, este identifica la lámpara de forma unívoca y analiza su funcionamiento y el de los equipos que tiene asociados, arrancador, condensador y fusibles. Su arquitectura se observa de forma esquemática en el anexo No 7, sus principales funciones:

El Syra realiza las siguientes funciones:

- Comando ON/OFF.
- Comando cambio de nivel (reducido-plena potencia o viceversa).
- Desactivación automática del arrancador (en condiciones de lámpara averiada).
- El Syra es capaz de detectar las siguientes incidencias:
  - Lámpara en corto circuito.
  - Lámpara averiada.
  - Condensador con capacidad inadecuada.
  - Lámpara parpadeante (envejecida).
  - Ausencia de corriente en el equipo.
  - Fusible averiado

#### **Características de las Unidades Andros CM.**

La Unidad Andros es el dispositivo electrónico que se localiza en el centro de distribución, que tiene a su cargo la comunicación vía modem (GSM,GPRS, PSTN) por línea dedicada o TCP/IP de todos los eventos de las unidades SYRA, las lecturas de los consumos de energía, de los parámetros eléctricos. las anomalías detectadas en la parte de alimentación de energía, controla los estados On/Off de las luminarias, y las reducciones del flujo luminoso a través de las unidades SYRA, la programación del reloj astronómico y las comunicaciones con el servidor del centro de control.

- Incorpora reloj astronómico, se pueden definir tres horarios

- Capaz de gestionar 255 luminarias por cada armario.
- Memoria interna para 2500 eventos.
- Gestiona los cambios ON/ OFF.
- Dispone de 16 entradas para los controles externos
- Dispone de una salida de relé para encendido de la instalación.
- Dispone de 6 salidas de colector abierto para asociar a relés y gestionar la conexión o desconexión de otros equipos.
- Controles sobre la tensión de red (fallos de red sobretensiones)
- Se le pueden programar hasta tres números telefónicos diferentes para aviso de emergencia mediante mensajes SMS personalizables por el gestor (requiere modem GMS conectado).
- Permite dividir las luminarias asociadas hasta en 7 grupos para hacer una gestión de encendido o apagado o reducción de flujo luminoso diferenciada.
- Dispone de una batería interna que le proporciona autonomía hasta por 5 horas.

#### **SERVIDOR "IOS"**

Es el servidor central que contiene el software de gestión capaz de gestionar hasta 100 unidades ANDROS CM.

El servidor se comunica de forma automática con las unidades Andros CM una vez al día por defecto o en la periodicidad que se desee. También se puede conectar en forma manual en cualquier momento y con la periodicidad deseada, descargando los eventos y el estado de los equipos conectados.

Se puede acceder al servidor IOS por cualquier PC conectado por LAN/Intranet, si está en una red local o a través de Internet si se ha conectado a la red mediante una dirección IP (debe ser fija).

También se pueden gestionar otros servicios de interés municipal.

#### **Características de las comunicaciones**

Utiliza PLC entre las diferentes Unidades Syra instaladas en cada una de las luminarias hasta



la Unidad Andros, desde ésta Unidad se puede comunicar vía RTC, GSM, GPRS, Radio, Ethernet, líneas dedicadas, (Internet o LAN desde la unidades ANDROS a los PC del centro de control).

### **Otras características técnicas del Sistema Minos.**

Con balastos electrónicos Dalí controla reducciones del flujo luminoso del 95 a 30%  
Por su tamaño las unidades Syra se pueden instalar en la luminaria en la parte superior del poste metálico o en su base.

El software "Minos-X" opera con Linux, admite la configuración de 10 a 100 cuadros. Puede desplegar toda la información de una estación meteorológica y predecir el tiempo atmosférico, (temperatura, humedad, presión, rayos UV, fenómenos de lluvia, velocidad del viento).

### **Características del PLC:**

- Sistema de modulación 2 ASK a 112 kHz.
- 12 bits de ancho de los mensajes (control/comando: bits 1-4), (direcciones: bits 5-12).
- Retransmite 20 mensajes consecutivos con pausa de 12 mili Segundos
- Codificación de bits Manchester (2 mS, 4 mS)
- Mínima señal detectable: 40 mVpp.

### **6.0 Características mínimas con las cuales debe contar un Piloto que se implemente para Bucaramanga.**

#### **6.1 Características técnicas de los Equipos de captación de señales en punto luminoso.**

- Estado On/Off, capaz de conmutar luminarias hasta la potencia de 1000 W con una tensión de alimentación de 230 V.
- Comando cambio de nivel (reducido hasta el 30% del flujo luminoso para

balastos electrónicos-plena potencia o viceversa).

- Desactivación automática del arrancador, en condiciones de lámpara averiada.
- Lámpara parpadeante (envejecida).
- Ausencia de corriente en el equipo.
- Fusible averiado

#### **6.2 Características técnicas de los Equipos de concentración de puntos luminosos en centros de distribución.**

- Tres entradas de medida de tensión 0-240 VAC de valor eficaz.
- Medición de energía.
- Capaz de gestionar 255 luminarias por armario.
- Puertos de comunicaciones RS232

#### **6.3 Características técnicas de los Equipos de comunicaciones entre los diferentes niveles.**

- Comunicación con protocolo IEEE 802.15.4 / ZigBee, hasta los concentradores y/o PLC con modulación de 112 kHz a 115 KHz, o podría ser GPRS.
- Servicio de mensajería SMS
- Comunicación GSM/3G entre los concentradores y el centro de control. Podría ser GPRS
- Velocidad de transmisión mínima de 250 kbit/segundo con un paquete ilimitado de datos, suministrado por un operador de telefonía local, para la transmisión de registros entre el concentrador y el centro de control, independiente de si se opta por tecnología PLC para la comunicación entre luminarias o por tecnología inalámbrica.

#### 6.4 Características técnicas de los Equipos del centro de control para la telegestión.

Arquitectura básica:

- Manejo de un motor GIS de alto rendimiento. Visualización de planos multiarchivo "Autocad" y "Microstation".
- Capaz de gestionar mínimo 10 unidades concentradoras. **Conexión a Internet GPRS y/o 3G.** Puerto RS232 para modem GPRS.
- Sistema operativo Windows Server 2008 R2 Foundation en español.
- Dos procesadores Intel Xeon 3400.
- Memoria de 4 GB (4x1GB), 133 Mhz
- 4 Discos Duro Sata (7,2K RPM) 1TB cableados.
- Adaptador de red Ethernet integrado de un solo puerto.
- Unidad óptica interna DVD-RW

#### 7.0 Cotizaciones suministradas por los proveedores.

De la información solicitada a los proveedores se obtuvo precios, e información fragmentada, que no permite realizar una evaluación completa, que se pueda presentar en este trabajo, la única oferta seria y completa que se puede presentar es la de la firma Umpi electrónica de Italia a través de su representante para América Latina el Arquitecto Walter Darío Corral de Sistemas Controladores Inteligentes de Buenos Aires Argentina, teléfono oficina (0054 11) 4306 1763, Cel: (0054 911) 6276 0417, [waltercorral@sciargentina.com.ar](mailto:waltercorral@sciargentina.com.ar); [www.minos-system.com](http://www.minos-system.com).

#### 7.1 Presupuesto Sistema MINOS de UMPI electrónica Italia, para el proyecto piloto de telegestión de Bucaramanga.

Comentarios de aclaración del proveedor.

- 1) La primera hoja describe los componentes de MINOS SYSTEM. Tiene precio de lista FOB Italia. Al presente presupuesto se podrá agregar algún descuento, el mismo se decidirá luego de resolver la comercialización adoptada.
- 2) La segunda hoja comprende la ingeniería (que será realizada por SCI), los costos de materiales y mano de obra local, que deberán ser realizados por la empresa instaladora local.
- 3) El Servidor IOS presupuestado permite la gestión de hasta 100 paneles, sin incrementar los costos del Server/software.

#### 7.2 Análisis del tiempo en el cual se recupera la inversión.

Se recomienda al municipio de Bucaramanga cambiar los balastos de doble potencia y realizar la telegestión a un sistema que cuente con balastos electrónicos, dado que es más versátil su operación con un sistema de telegestión y la amplia gama de regulación del flujo luminoso que permite este tipo de tecnología, se lograría una recuperación de la inversión en un periodo de tiempo más corto. Entendiendo que para quienes están al frente de la coordinación del servicio del municipio incluir un cambio de los **balastos doble potencia** de reciente instalación, no es factible en corto tiempo, salvo que se reutilicen en otros sectores de la ciudad como podría ser la iluminación de campos deportivos donde hay equipos de 250 W sodio tendrían cabida, es forzoso contar que por un buen tiempo el piloto continuará con los balastos doble potencia con los cuales cuenta el proyecto Metrolínea, que fue el sector vial escogido para la realización del piloto de telegestión, por el municipio de Bucaramanga, presentamos la tabla No 5, que para su interpretación se debe tener en cuenta:

Periodo actual de funcionamiento de los balastos de doble potencia es de 4,5 horas.  
Periodo de funcionamiento a potencia reducida 7,5 horas.  
Periodo de funcionamiento del Alumbrado Público Normal 12 horas.

Con la adopción del sistema MINOS, gracias al propio reloj astronómico combinable con el sensor crepuscular, es posible utilizar, de la manera más adecuada, la luz residual del crepúsculo y la que anticipa la aurora. Este recurso permite un ahorro de aproximadamente

unos 40 minutos de energía al día, lo que supone aproximadamente el 6,5% del total de horas de funcionamiento.

La adopción del modelo SYRA asociado a un balasto de doble nivel (que realiza la reducción de potencia del 40% de cada punto de luz) permite un ahorro adicional: Realizando la reducción de potencia durante el 60% de las horas de funcionamiento nocturno, **se consigue un ahorro aproximado del 24%**. Análogos resultados se obtienen, según sea la tipología de la calle, utilizando el modelo SYRA que permite la apagada de puntos de luz en horarios predefinidos.

El costo de mantenimiento por punto de luz anualmente en Bucaramanga es \$194.146,00<sup>6</sup>.

Ahorro anual que se puede llegar a obtener sobre los costes de mantenimiento: es alrededor del 35%. Con los ahorros planteados por el sistema MINOS y mirando la incidencia de los costos de mantenimiento en Bucaramanga, el ahorro sería aproximadamente del 35%<sup>7</sup>.

El piloto como ya se mencionó incluye 232 luminarias.

En la medida en que se adopte el piloto y se incremente el número de puntos luminosos, el tiempo de recuperación de la inversión se reduce, en razón a no requerirse la inversiones fijas como son el PC del Centro de Control, el software, y la ingeniería de implementación del proyecto.

La metodología se soporta en calcular los costos de inversión y la estimación de los ahorros por energía y mantenimiento, no se incluye el beneficio de mejorar los tiempos de atención al usuario, el beneficio a la comunidad por menores tiempos de interrupción al servicio, dado que estos parámetros no son claramente soportables, pero si son beneficios reales que no se deben perder de vista. De la información suministrada por Umpi Electrónica de Barcelona España en su página WEB, se toman textualmente los párrafos que se presentan a continuación por los aportes y claridad que ofrecen sobre el tema. La siguiente información ha sido un aporte relevante para el presente trabajo.

<sup>6</sup> Fuente Municipio de Bucaramanga.

<sup>7</sup> Fuente Municipio de Bucaramanga.

## VENTAJAS DE AHORRO ENERGÉTICO DEL SISTEMA MINOS [8]

Con la adopción del sistema MINOS, gracias al propio reloj astronómico combinable con el sensor crepuscular, es posible utilizar, de la manera más adecuada, la luz residual del crepúsculo y la que anticipa la aurora. Este recurso permite un ahorro de aproximadamente unos 40 minutos de energía al día, lo que supone aproximadamente el 6,5% del total de horas de funcionamiento.

La adopción del modelo SYRA asociado a un balasto de doble nivel (que realiza la reducción de potencia del 40% de cada punto de luz) permite un ahorro adicional: Realizando la reducción de potencia durante el 60% de las horas de funcionamiento nocturno, se consigue un ahorro aproximado del 24%. Análogos resultados se obtienen, según sea la tipología de la calle, utilizando el modelo SYRA que permite la apagada de puntos de luz en horarios predefinidos.

Si al futuro los operadores de red establecen la medición y cobro de la energía reactiva en Alumbrado Público, otro factor de ahorro que se deriva de la precisa identificación de los condensadores defectuosos, incidiría en este caso, minimizando la penalización por reactiva una vez substituido el elemento defectuoso.

Ahorro anual que se puede llegar a obtener sobre el gasto en energía: es de alrededor del 30%.

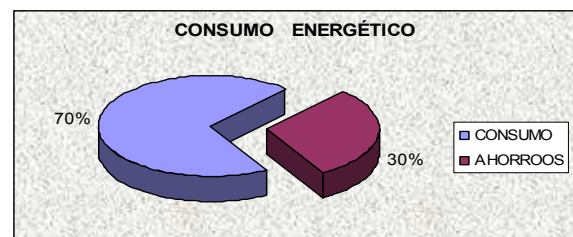


Figura No 8 Consumo Energético utilizando el sistema MINOS.

## EL AHORRO SOBRE EL COSTE DE MANTENIMIENTO

El costo de mantenimiento por punto de luz en Bucaramanga es aproximadamente \$194.146,00<sup>8</sup>

Personal de servicios	26%
Material de consumo y recambios	38%
Vehículos y equipamientos	34%
Activación de instalaciones y búsqueda de averías	2%

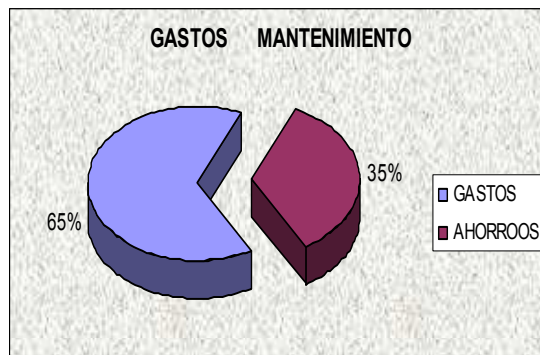
La adopción del sistema MINOS, y la correcta gestión de los datos que suministra a la administración, hace posible una reducción de los costes, estimándose para cada una de las partidas indicadas, en la siguiente medida:

Personal de servicios	-20%
Material de consumo y recambios	-20%
Vehículos y equipamientos	-25%
Activación de instalaciones y búsqueda de averías	-100%

Ya que, disponer de información en tiempo real del estado de cada componente de la instalación, permite aprovechar al máximo su vida útil (lámparas, arrancadores, condensadores, etc.).

Las averías no tienen que ser avisadas por costosos servicios de rondas y ni mucho menos por el propio ciudadano. El conocimiento de ciertos tipos de avería, permite intervenciones específicas y un control puntual de la efectividad del trabajo realizado.

Ahorro anual que se puede llegar a obtener sobre los costes de mantenimiento: es alrededor del 31%. Con los ahorros planteados por el sistema MINOS y mirando la incidencia de los costos de mantenimiento en Bucaramanga, el ahorro sería aproximadamente del 35%<sup>9</sup>



<sup>8</sup> Fuente Municipio de Bucaramanga, el gráfico se ajusta al valor suministrado por la Alcaldía.

<sup>9</sup> Fuente Municipio de Bucaramanga.

### 7.3 Conclusiones:

Se concluye que la telegestión de un sistema de Alumbrado Público de Bucaramanga tiene ventajas como menores costos de explotación, reducción de los tiempos para la recuperación del servicio en un punto en falla, uso racional y eficiente de la energía al eliminar los puntos luminosos que se quedan permanentes en el día, elimina que los usuarios tengan que reportar los puntos luminoso fuera de servicio, regulación de los niveles de luminosidad desde el centro de control, mejor percepción del servicio por parte de la ciudadanía, optimización de las actividades de las cuadrillas y personal técnico encargado de la reparación del sistema, otros comentarios se presentan a continuación.

1. La inversión realizada se recupera en 7,03 años, en el evento de optar por la propuesta de la firma UMPI electrónica de Italia, la información obtenida de otros proveedores no permitió realizar este tipo de evaluación.

2. La cotización ofrecida por UMPI presenta un descuento que se decidirá al momento de resolver la comercialización adoptada, e incidirá en el tiempo en el cual se recupera la inversión de forma favorable para el municipio, la cual asciende a la suma de \$233 196.497,19.

3. Por las características de la arquitectura y equipos ofrecidos, lo cual se observa en la calidad de la información suministrada en la WEB, así como su representante en América Latina, UMPI Electrónica es la primera opción a contactar como un posible proveedor de un sistema de telegestión Piloto para la ciudad de Bucaramanga.

4. Como ya se comentó previamente, los cinco posibles proveedores escogidos todos son buenos y con amplias experiencias en el tema, y son susceptibles de invitar a un proceso licitatorio si este se presenta.

### Referencias y/o fuentes.

- [1] Datos suministrados por la Alcaldía de Bucaramanga.

- [2] Fuente wikipedia, con adaptaciones y ajustes aclaratorios, no transcripción textual.
- [3] **Arelsa de España, [www.arelisa.com](http://www.arelisa.com)**
- [4] **Afeisa de España, <http://www.afeisa.es>.**
- [5] The Owlet Telemanagement System; <http://www.owlet.de>
- [6] Starsense Supervisor; <http://www.philips.com/starsense>.
- [7] Minos System UMPI Electronics; <http://www.minos-system.com>; [www.umpi.it](http://www.umpi.it); [umpi@umpi.it](mailto:umpi@umpi.it).
- [8] Minos System UMPI Electronics, S.A.T.A.,S.L. C/Mallorca, 606 6º - 08026 BARCELONA, Tel. 932 322 366 – FAX 932 321 493 – mail: [sata@sata.es](mailto:sata@sata.es)

### Bibliografía.

- The PLANet system, Public Lighting Active Network; <http://www.telensa.com>.
- Control Your World with ZigBee; <http://www.zigbee.org>.
- PYRAMID, Telegestión Eficiente del Alumbrado Público; <http://www.scs-lighting.com>.
- Lighten Your Streetlights' Energy Load and Your Costs; <http://www.echelon.com>.
- <http://www.zigbee.org>.
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Minos System UMPI Electronics, S.A.T.A.,S.L. C/Mallorca, 606 6 - 08026 BARCELONA, Tel. 932 322 366
- [WWW.arelisa.com](http://www.arelisa.com).
- [WWW.Afeisa.es](http://www.afeisa.es)
- <http://www.owlet-streetlight.de/english/owlet/>
- [www.philips.com/starsense](http://www.philips.com/starsense)., <http://www.elektrostaupymas.lt/info/Starsens>
- Tesis, Diseño y evaluación de una red inalámbrica de sensores Zigbee 802.15.4 elaborado por John Jairo calderón y Carlos mantilla de la Corporación Universitaria y Desarrollo de Bucaramanga, Septiembre de 2006.

**Abreviaturas:**

PLC: Los sistemas de onda portadora o *Power Line Communications* .

WPAN: Wireless Personal Area Networks, red Inalámbrica de área personal.

WNAN: Wireless neighborhood area networks.  
Las *redes inalámbricas de área extensa*.

GSM: *Global System for Mobile Communication*.

GPRS: *General Packet Radio Service*.

UMTS: *Universal Mobile Telecommunication System*.

WLAN: *Wireless local area network* es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas.

WIMAX :*Worldwide Interoperability for Microwave Access* (interoperabilidad mundial para acceso por microondas).

OLC: Controlador Luminaria exterior.

SC: Segmento controlado de luminarias.

WEB: World Wide Web, el sistema de documentos o páginas web interconectados por enlaces de hipertexto, disponibles en Internet.

SMS: *Short Message Service*

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers, en español Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos

BPL : *Broadband over Power Lines, comunicación PLC de banda ancha*.

OFDM:*Sistema de modulación robusta que distribuye el dato sobre un largo número de portadores que son espaciados en frecuencias precisas.*

DSL: *Protocolo de banda ancha de internet*.

GIS: *Geographical Information System. Sistema de información geográfica.*

RTC: Red telefónica conmutada.

TCP-IP Los dos protocolos más importantes de internet como son: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de

Internet (IP), permite la transmisión de datos entre computadoras.

Tx Transmisión de una señal de radio

## ANEXO No 1

### PROTOCOLOS APLICABLES A LA TELEGESTIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Nombre comercial	Protocolo	Características técnicas
WNAN	IEEE 802.22	70 Mb/s, hasta varios km de alcance.
WWNAN	IEEE 802.20	De 1 a 10 Mbps, de 4 a 10 Km. de alcance.
WIMAX	IEEE 802.16	2,4 GHz 30 Mbps Alcance hasta 3,5 Km.
WPAN (Zigbee)	IEEE 802.15.4	868 MHz 20 Kbps 915 MHz 20 Kbps 2,4 GHz 250 Kbps Alcance entre 10 a 70 m
WPAN (Zigbee)	IEEE 802.15.4C	868 MHz 20 Kbps 915 MHz 20 Kbps 2,4 GHz 250 Kbps Alcance entre 10 a 70 m
WPAN (Bluetooth)	IEEE 802.15.1	1 Mbps, hasta 30 metros de alcance.
WIFI	IEEE 802.11.b	11 Mbps,
WIFI	IEEE 802.11.g	54 Mbps,

Fuente: Diseño y evaluación de una red inalámbrica de sensores Zigbee 802.15.4 elaborado por John Jairo Calderón Arboleda y Carlos Mantilla de la Corporación Universitaria y Desarrollo de Bucaramanga, septiembre de 2006

## ANEXO No 2

### CUADRO COMPARATIVO DE ZIGBEE Y OTRAS TECNOLOGÍAS

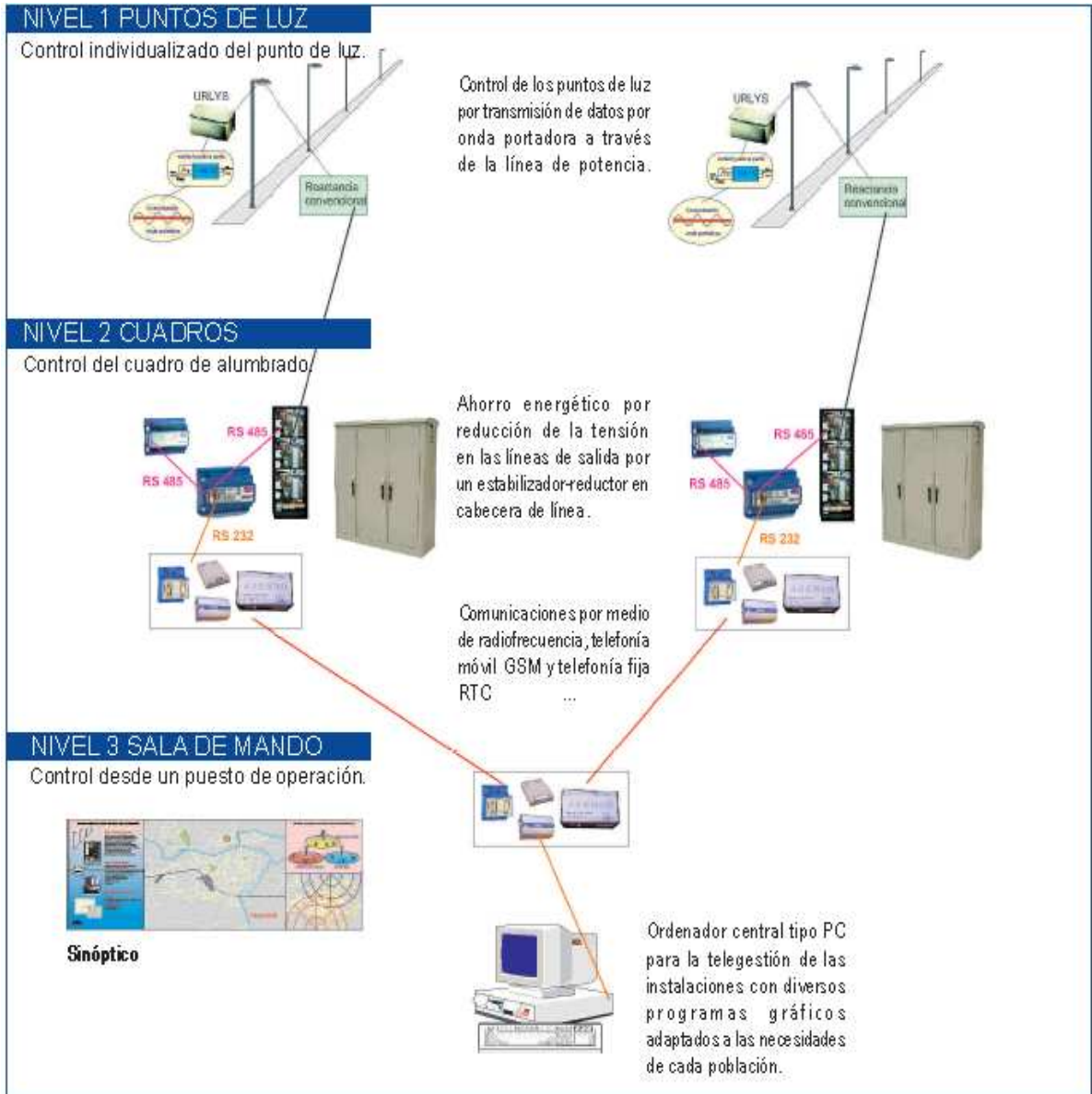
<b>ZigBee (WPAN)</b>	<b>Bluetooth (WLAN/WPAN)</b>	<b>Wi-Fi (WLAN)</b>
Estándar 802.15.4	Estándar 802.15.1	Estándar 802.11
250 Kbps	1 Mbps	Hasta 54 Mbps
Consumo Tx: 35 mA	Consumo Tx: 40mA	Consumo Tx: > 400 Ma
Consumo (Stand By): 3 μA	Consumo (Stand By): 200 μA	Consumo (Stand By): 20 mA
Memoria: 32-60 KB	Memoria: Mayor de 100 KB	Memoria: Mayor de 100 KB
<b>ZigBee (WPAN)</b>	<b>Bluetooth (WLAN/WPAN)</b>	<b>Wi-Fi (WLAN)</b>
Aplicación: Iluminación, sensores, control, remoto, etc.	Telecomunicación, radio, etc	Internet, etc
Topologías: Malla, punto a punto a multipunto.	Punto a multipunto	Punto a multipunto

Fuente: Diseño y evaluación de una red inalámbrica de sensores Zigbee 802.15.4 elaborado por John Jairo Calderón Arboleda y Carlos Mantilla de la Corporación Universitaria y Desarrollo de Bucaramanga, septiembre de 2006.



## ANEXO No 3

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA URBILUX.



Fuente: Página WEB de Urbilux

## ANEXO No 4

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA TELEASTRO.



#### SISTEMAS DE AHORRO

- Mando y supervisión del equipo de ahorro.
- Alarmas adaptadas al tipo de sistema de ahorro.



#### PARÁMETROS ELÉCTRICOS

- Visualización local de los parámetros eléctricos.
- Apoyo al mantenimiento de las instalaciones.



#### RELOJ ASTRONÓMICO

- Versátil programación del alumbrado.
- Reloj sincronizado por internet.



#### ALUMBRADO

- Adaptable a cualquier cuadro eléctrico.
- Configurable a las necesidades de la instalación.



#### ALARMAS

- Envío de alarmas por GPRS, SMS y/o email.
- Supervisión, local o a distancia, de la instalación.



#### ACTUACIÓN

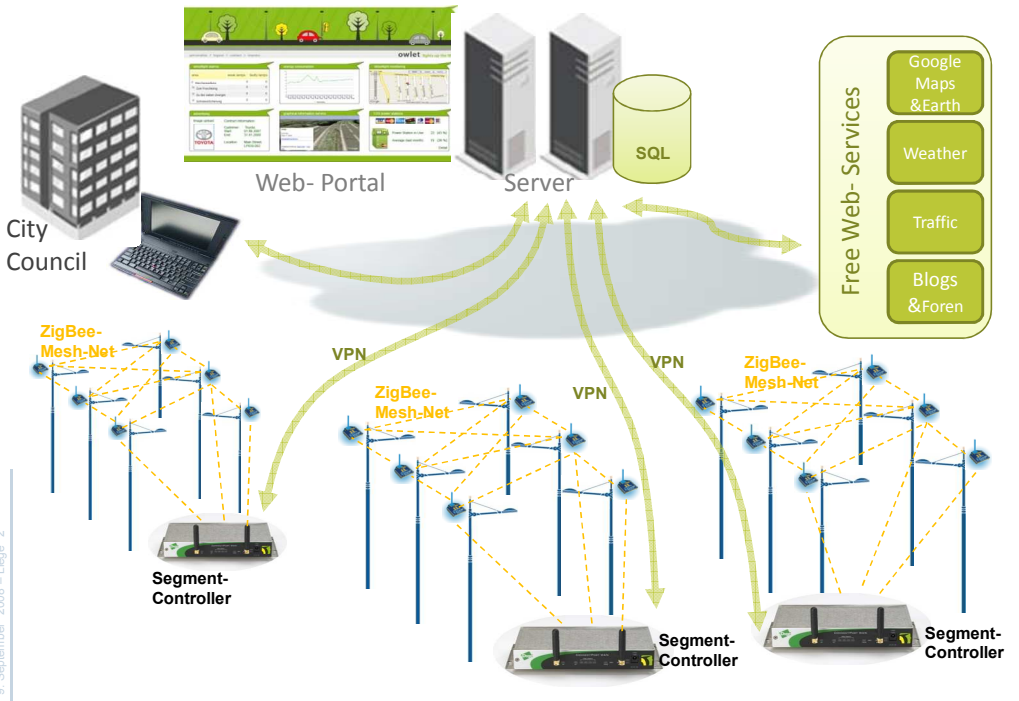
- Telemando y programación por Internet y/o SMS.
- Teclado y display para la actuación local.

Fuente :Página WEB de Teleastro.

## ANEXO No 5

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA OWLET .

#### Owlet Topologie – Intelligent Digital Streetlighting



Fuente : Página WEB de Owlet

## ANEXO No 6

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA STARASENSE DE PHILIPS.

**PHILIPS**

#### El Sistema



Fuente: Página WEB de Philips.

## ANEXO No 7

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA MINOS DE UMPI ELECTRONICA

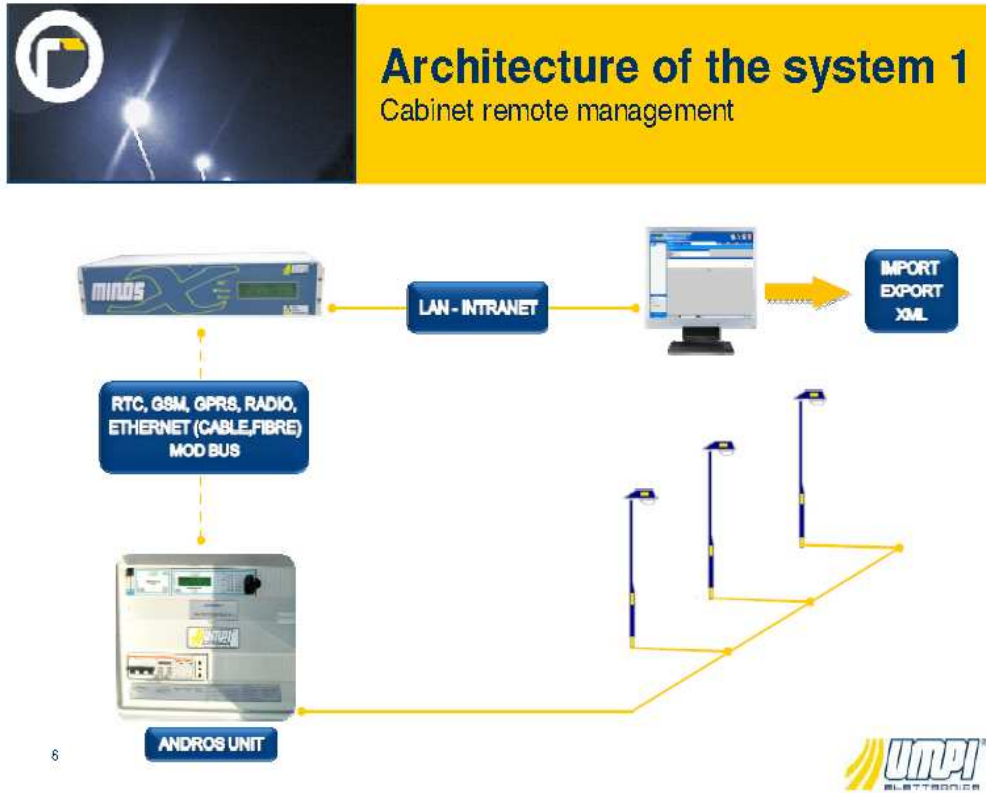


Figura No 7 Arquitectura del Sistema Minos

## ANEXO No 8

### MATERIALES DEL PROYECTO.

#### Sistema de control individual de lámparas Bucaramanga

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN COMPONENTES UMPI	PRECIO UNITARIO Fábrica euros	PRECIO TOTAL fábrica euros
61406	248	SYRA PT-250: Módulo de control y comando lámpara ON OFF, potencia max 400 Watt	134,00	33.232,00
61920	1	ANDROS CM: Módulo de comando y control tablero	1.270,00	1.270,00
61922	1	ANDROS TR: Módulo de alimentación	70,00	70,00
61921	4	ANDROS PL: Módulo con microprocesador para gestión	185,00	740,00
61923	1	ANDROS RDE: Módulo de registraci3n eventos eléctricos	250,00	250,00
61951	1	PAROS: Módulo modem para GSM	295,00	295,00
62051D	12	PHIL 60D: filtros de 30 Amp	52,00	624,00
62195	1	WM2: Módulo analizador de energía	400,00	400,00
40185	3	TAD2 105/5: Transformador de intensidad	12,50	37,50
61900	1	CENTRAL IOS RTC-100: server con modem GSM	5.000,00	5.000,00
61954	1	IOS GSM: Módulo hardware GSM/GPRS para comunicaci3n con paneles remotos	350,00	350,00
66108-100	1	Soft OP1-100: Integraci3n server IOS para la gesti3n de comandos a nivel lámpara.	2.000,00	200,00
66109-100	1	Soft OP2-100: Integraci3n server IOS para la gesti3n de la seálizaci3n a nivel lámpara	3.000,00	3.000,00
66110-100	1	Soft OP3-100: Integfraci3n server IOS para la gesti3n y lectura de parametros eléctricos	4.000,00	4.000,00
20236	1	Rel-1: Interface modular 1 relé 230V 6A	20,00	20,00
62054	1	CAP 3: FILTRO en contenedor DIN tipo capacitivo	56,00	56,00
<b>SUB TOTAL PRECIO LISTA FOB</b>			<b>EUROS</b>	<b>51.344,50</b>

Fuente: Umpi electronica

## ANEXO No 9

### COSTOS DE LA INGENIERIA DEL PROYECTO PILOTO DE TELEGESTION DE BUCARAMANGA SUMINISTRADO POR UMPI ELECTRONIC.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN GASTOS LOCALES	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
	<b>INGENIERIA: PROY. DIREC.DOCUMENT.</b>		
1	ANALISIS DE LA INSTALACIÓN		
1	DIRECCIÓN TÉCNICA		
1	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y CONTROL		
248	PROGRAMA SYRAS		
1	PROGRAMACIÓN ANDROS		
1	PROGRAMACIÓN SOFT		
1	CONTROL ARMADO DE TABLERO ELECTRÓNICO		
	<b>SUBTOTAL INGENIERIA SCI</b>	<b>Euros</b>	<b>5.647,90</b>
	<b>COMPRAS LOCALES</b>	<b>PRECIO UNITARIO US\$</b>	<b>PRECIO TOTAL US\$</b>
	<b>ELEMENTOS DE ARMADO</b>		
1	GABINETE TABLERO ARMADO INTEMPERIE	200,00	200,00
1	MATERIALES VARIOS DE ARMADO TABLERO	300,00	300,00
4	CAJAS PARA FILTROS	40,00	160,00
	<b>SUBTOTAL ELEMENTOS DE ARMADO</b>	<b>US\$</b>	<b>660,00</b>
	<b>MANOS DE OBRA</b>		
12	ARMADO DE FILTROS EN CIRCUITOS		
248	ARMADO DE BANDEJAS PORTA EQUIPO		
248	MONTAJE DE SYRAS EN COLUMNAS		
1	ARMADO DE TABLERO ELECTRÓNICO		
1	MONTAJE DEL TABLERO EN EL SITIO		
1	ADECUACIÓN TABLERO DE POTENCIA		
	<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>US\$</b>	<b>16.140,00</b>
	<b>TOTAL INSTALACIÓN E INGENIERIA</b>	<b>US\$</b>	<b>22.447,90</b>

Fuente: Umpi electronica

**ANEXO No 10**

**EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO PILOTO DE TELEGESTIÓN DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, CON EL SISTEMA MINOS DE UMPI ELECTRONICA.**

Cálculo de la Energía consumida, por las 232 luminarias en los diferentes ciclos *	Energía en Wh	Número de kWh a considerar se para los cálculos	Ahorro en kWh/período de operación diaria	Energía en Wh ahorrada por optimización del sistema de telegestión	Ahorro en kWh/día, por optimización del reloj astronómico	Ahorro diario en \$	Ahorro mes en \$	Ahorro año en \$
12 horas	776,736	777	0					
4,5 horas	291,276	291	0					
7,5 horas	485,460	485	116	43,152	43			
24% de ahorros en el ciclo de 7,5 horas		116.4			116			
					159	47,700.00	1,431,000.00	17,410,500.00
			<b>Costo mantenimiento anual</b>	<b>Ahorros en monto anual (35%)</b>				
Fuente El tiempo 10/07/2010			194,146.00	67,951.10			<b>Ahorro en 232 Luminarias/año</b>	15,764,655.20
Euros \$ = 2372,05 US\$ =1877,66							<b>Ahorro Totales por año</b>	33,175,155.20
	<b>Euros \$</b>	<b>US\$</b>	<b>Pesos Colombianos</b>	<b>Transporte, gastos de importación 20%</b>	<b>IVA</b>	<b>SUBTOTAL en pesos Colombianos</b>		
<b>Materiales</b>	51,344.50		121,814,826.25	146,177,791.50	23,388,446.64	169,566,238.14		
<b>Ingeniería</b>	5,647.90		13,397,101.20	0	1,339,710.12	14,736,811.31		
<b>Compras Locales</b>		22,447.90	42,149,523.91	0	6,743,923.83	48,893,447.74		<b>Tiempo en el cual se recupera la inversión (en años)</b>
<b>Inversión total requerida por el proyecto piloto de telegestión de Bucaramanga</b>						233,196,497.19		<b>7.029251131</b>
* =12 de las cuales 4,5 se operan a plena potencia y 7,5 con reducción del 40% de la potencia								
EL consumo de las luminarias es de 250 W y sus pérdidas son de 29 W para un total de 279 W								

Los 485 kWh=7,5 horas X 232 luminarias X 279 W/luminaria.

Los 116 kWh=24% de ahorros por implementación de optimización X 485 kWh.

Los 43 kWh=(40minuto/hora) X 232 luminarias X 279 W /luminaria.