

# **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

PERFIL DEL TRABAJO PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**MÁSTER EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS DE ESTÁNDARES USADOS EN URBÓTICA, PARA PROPUESTA  
DE DISEÑO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE”**

**ALFONSO XAVIER CALDERÓN CASTRO**

Quito – 2016

## **AUTORÍA**

Yo, Alfonso Xavier Calderón Castro, portador de la cédula de ciudadanía No. 1719284703, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

-----  
Alfonso Xavier Calderón Castro

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 RESUMEN .....	6
1.2 INTRODUCCIÓN .....	6
1.3 ANTECEDENTES .....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.5 OBJETIVOS .....	11
1.5.1. OBJETIVO GENERAL. ....	11
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	11
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	12
2.1 RESUMEN .....	12
2.2 INTRODUCCIÓN .....	12
2.3 FUNDAMENTOS DE URBÓTICA .....	14
2.4 RED INTELIGENTE .....	16
2.4.1 CARACTERÍSTICAS.....	17
2.4.2 FUNCIONAMIENTO.....	19
2.4.3 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN.....	19
2.4.4 CASOS A NIVEL MUNDIAL. [] .....	23
2.4.5 CASOS DE PROYECTOS EN ECUADOR. ....	24
2.4.6 TIPOS DE IMPEDIMENTOS PARA REALIZAR URBÓTICA. ....	25
2.5 PROTOCOLO DE DATOS.....	26
2.5.1 DETERMINACIÓN DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN. ....	26
2.5.2 LONWORKS. ....	28
2.5.3 BACNET. ....	35
2.5.4 KNX. ....	40
2.6 MÉTODOS DE INTEGRACIÓN .....	52
2.6.1 PASARELAS (GATEWAY).....	54
2.6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PASARELA .....	54
2.6.3 TIPOS DE PASARELA. ....	55
2.6.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USO DE GATEWAY. ....	56
2.7 MÉTODOS DE MONITOREO Y CONTROL .....	57
2.8 CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	61
CAPÍTULO 3: ANALISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS .....	63
3.1 RESUMEN .....	63
3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS (KNX, LONWORKS, BACNET).....	63
3.3 CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	67
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO .....	70
1 RESUMEN .....	70
2 INTRODUCCIÓN .....	70
3 PROPUESTA DE DISEÑO PARA UNA PEQUEÑA CIUDAD INTELIGENTE.....	71
4.3.1 COMPONENTES GENERALES. ....	72
4.3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR. ....	73
4.3.3 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA .....	77
4.3.4 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN.....	81
4.3.5 SISTEMA SEGURIDAD CIUDADANA .....	85
4.3.6 PROPUESTA DE SISTEMA DE INTEGRACIÓN.....	90
4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	96
BIBLIOGRAFÍA .....	98
5 ANEXOS.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 CIUDAD INTELIGENTE COMO LO VE TVSMAGAZINE .....	13
FIGURA 2 SMART CITY NANSHA EN GUANGZHOU CHINA.....	16
FIGURA 3 FUNCIONAMIENTO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE .....	17
FIGURA 4 ÁREAS INVOLUCRADAS EN UNA CIUDAD INTELIGENTE .....	18
FIGURA 5 ESTRUCTURA DE UNA CIUDAD INTELIGENTE .....	18
FIGURA 6 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN .....	19
FIGURA 7 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN .....	22
FIGURA 8 REPRESENTACIÓN PARA DETERMINAR PROTOCOLOS .....	27
FIGURA 9 INTERCONEXIÓN DE DIFERENTES NODOS .....	30
FIGURA 10 VARIABLES DE RED DE DIFERENTES DISPOSITIVOS .....	31
FIGURA 11 TECNOLOGÍA DE RED DE DATOS .....	32
FIGURA 12 TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN LONWORKS .....	34
FIGURA 13 TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN BACNET.....	40
FIGURA 14 ACOPLAMIENTO SIMÉTRICO DE SEÑALES .....	43
FIGURA 15 ESTRUCTURA DE TELEGRAMA KNX.....	43
FIGURA 16 ENVÍO DE TELEGRAMAS MEDIANTE BUS.....	44
FIGURA 17 SUPERPOSICIÓN DE LA SEÑAL EN LA RED ELÉCTRICA .....	45
FIGURA 18 ESTRUCTURA TELEGRAMA KNX-PL .....	46
FIGURA 19 ESTRUCTURA DEL TELEGRAMA RF .....	48
FIGURA 20 STACK DE DISPOSITIVO KNX-IP .....	49
FIGURA 21 CONTENIDO DE MENSAJE IP-KNX.....	50
FIGURA 22 ESTRUCTURA DE TELEGRAMA IP .....	50
FIGURA 23 EQUIPOS CONECTADOS A BUS KNX.....	51
FIGURA 24 ESQUEMA SOBRE MÉTODOS DE INTEGRACIÓN .....	53
FIGURA 25 PASARELAS EN CADA SISTEMA ELECTRÓNICO .....	54
FIGURA 26 PASARELAS EN CADA SISTEMA ELECTRÓNICO .....	56
FIGURA 27 MÉTODOS DE MONITOREO Y CONTROL .....	59
FIGURA 28 ARQUITECTURA DE UN SCADA .....	59
FIGURA 29 SCADA APLICADO A LA URBÓTICA .....	61
FIGURA 30 CAMPOS DE AUTOMATIZACIÓN .....	68
FIGURA 31 PROPUESTA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	74
FIGURA 32 PROPUESTA DE MEDICIÓN DE AGUA Y ENERGÍA .....	78
FIGURA 33 PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE SEMAFORIZACIÓN .....	82
FIGURA 34 PROPUESTA DE SEGURIDAD PARA HOGARES Y EDIFICIOS .....	87
FIGURA 35 ESQUEMA DE RED DE DATA CENTER .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 TABLA DE SERVICIOS INTEGRADOS DE QUITO.....	24
TABLA 2 RESUMEN DE JERARQUÍA DE RED .....	30
TABLA 3 COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS A NIVEL DE USO .....	64
TABLA 4 COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS A NIVEL DE NORMA .....	65
TABLA 5 COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS A NIVEL DE ACCESO AL MEDIO .....	66
TABLA 6 COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS A NIVEL DE COSTOS .....	67
TABLA 7 MONTO REQUERIDO PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	71
TABLA 8 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	75
TABLA 9 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR INALÁMBRICA .....	75
TABLA 10 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR INALÁMBRICA .....	75
TABLA 11 CALCULO ANCHO DE BANDA ILUMINACIÓN.....	75
TABLA 12 PRESUPUESTO REFERENCIAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	77
TABLA 13 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA Y AGUA .....	79
TABLA 14 CALCULO ANCHO DE BANDA DE MEDICIÓN Y ENERGÍA .....	79
TABLA 15 PRESUPUESTO REFERENCIAL MEDICIÓN ENERGÍA Y AGUA .....	81
TABLA 16 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE SEMAFORIZACIÓN .....	83
TABLA 17 CALCULO ANCHO DE BANDA SEMAFORIZACIÓN .....	83
TABLA 18 PRESUPUESTO REFERENCIAL SEMAFORIZACIÓN .....	84
TABLA 19 RESUMEN DE EQUIPOS PARA PROPUESTA DE SEGURIDAD .....	87
TABLA 20 CALCULO ANCHO DE BANDA CCTV .....	88
TABLA 21 CALCULO ANCHO DE BANDA SEGURIDAD.....	89
TABLA 22 PRESUPUESTO REFERENCIAL CCTV Y SEGURIDAD .....	90
TABLA 23 ANCHO DE BANDA REQUERIDO POR DATA CENTER .....	91

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 RESUMEN**

El presente trabajo de final de Maestría presenta contenido técnico que permiten definir que es una ciudad inteligente y como esta puede llegar a ser implementada según los requerimientos y servicios, el temario en este estudio se definió en cuatro capítulos que contienen información que permiten manejar conceptos, estándares, requerimientos ejemplos y propuestas que se llevan a cabo en la integración de las TIC'S a las ciudades.

El primer capítulo a manera de introducción define una idea general del cambio y la innovación que la domótica e Inmótica llegaron evolucionar para ser considerados no solo hogares o edificios y aplicarlo a ciudades este crecimiento se lo denomina como Urbótica, y su fundamento como criterios serán expuestos en el desarrollo de la investigación.

### **1.2 INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto de tesis de Maestría en Redes de Comunicaciones se enfocará en la investigación sobre los recursos que la automatización de sistemas y servicios con un propósito de mejorar la administración de servicios públicos, como el estilo de vida de las personas evolucionando a las llamadas ciudades inteligentes, es muy importante tomar en cuenta que la intervención de las redes de comunicaciones influyen en cada uno de los elementos que intervienen en la automatización de los servicios, tipos de topologías de comunicaciones, recursos para un monitoreo y control de los equipos que actúan sobre los servicios en la denominada Urbótica.

La automatización de servicios mediante equipos convencionales como PLC (programador lógico controlable) puede ser realizado, pudiendo ser este optimo o no, la diferencia entre un equipo convencional y equipos específicamente diseñados para la automatización de hogares, edificios y ciudades es muy extensa ya que mediante PLC es muy limitada el crecimiento como la complejidad de programarlos a diferencia de un equipo dedicado puede generar buses de comunicaciones y los equipos pueden crecer sin ninguna complicación.

Por la complejidad de diseño en la Urbótica y la gran cantidad de recursos que requieren ser evaluados antes de realizar un plan macro de automatización en la cual se recomienda hacer uso de normas y estándares que permitan facilitar el diseño para no llegar a ser un caso de fracaso absoluto al momento de llegar a implementarlo, los órganos de regulación internacional establecen normas que deben ser cumplidas y que son administradas por las entidades ASHRAE, TIA/EIA, ANSI, para lo cual se enfocara la investigación en el capítulo 3, en donde se podrá identificar cada uno de los estándares según su aplicación y servicio.

### **1.3 ANTECEDENTES**

La Urbótica permite dar respuesta a los requerimientos que plantean los cambios sociales y las nuevas tendencias de nuestra forma de vida intentado hacer las cosas más fáciles y de mejor acceso a los habitantes, permitiendo tener una libre disponibilidad de recursos de los servicios que el estado entrega al ciudadano, haciéndolos más funcionales y flexibles, gracias a este tipo de flexibilidad pueden ser combinadas de tal manera que pueden mejorar la calidad urbana en la ciudad.

El diseño de una ciudad inteligente no es igual que automatizar un edificio, sin decir que tenga su complejidad al momento de realizar la automatización, una ciudad puede tener los mismos servicios que un edificio como son Energía, Iluminación, Agua, Teléfono, Comunicaciones, TIC entre otros, pero el diseño es completamente diferente ya que es realizar la automatización como la integración de un sistema de sistemas convirtiendo de manera macro los recursos necesarios para la implementación del mismo.

La intervención de las TICS (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), en las construcciones ha permitido que las viviendas, edificios y ciudades puedan ser integrados a plataformas de comunicación, las TIC en las ciudades genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información entre los equipos e instalaciones permitiendo que cualquier equipo tecnológico pueda formar parte de la red diseñada para acceso de los ciudadanos.

Una automatización de ciudades puede ofrecer una amplia gama de aplicaciones en áreas como Seguridad, Gestión de la Energía, Monitoreo de Salud, Operación y mantenimiento de las instalaciones entre otros, con un propósito la administración descentralizada de cada servicio que puede ofrecer una ciudad posibilitando que el ciudadano pueda hacer uso de los mismos sin complicaciones.

La falta de control y monitoreo de los servicios en una ciudad llevan a producir gastos innecesarios de los recursos naturales que requieren para producir dichos servicios, esta propuesta de investigación pretende mostrar una visión sobre las ciudades inteligentes y cuál es la ventaja que esta tiene sobre las ciudades convencionales, salir de falsas creencias las cuales una ciudad inteligente barrio o casa es aquella que tiene servicios de comunicaciones (Internet).

Parte fundamental de las TICS en la creación de una ciudad inteligente es poder llegar a comunicar cada uno de los servicios básicos con los habitantes, esto se logra mediante la estandarización de los protocolos de comunicación permitiendo generar una sola red de comunicaciones definiéndola como red inteligente, a esta red se integran cualquier sistema que permita la optimización de recursos en la administración y bienestar del usuario, el uso de protocolos dedicados permite realizar una jerarquía en las comunicaciones optimizando el tiempo en el manejo y ubicación de errores, además la comunicación no será afectada por el medio de transmisión de la información ya que existen dispositivos (Parcelas o Gateway), que permiten realizar el cambio del medio sin limitar las funciones y características integrando de manera inmediata a la red inteligente.

Tomando en cuenta que el uso de los protocolos dependerá de la aplicación y será definido principalmente por el servicio que se desea optimizar, en este estudio pretende recomendar que protocolos y medios de comunicación sean los más adoptados para la implementación de Urbótica basándose en los estándares, BACNET, KNX y LONWORKS que son Administrados por AHSRAE, ANSI, TIA/EIA respectivamente.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Actualmente el mundo de las telecomunicaciones presenta un gran desarrollo en cuanto a sus aplicaciones, hoy en día diferentes tipos de sistemas se integran a la red de comunicaciones mediante protocolos, pasarelas (Gateway) o por simples señales lógicas, el estudio a realizar presenta conceptos y criterios de diseño para las comunicaciones e integraciones de los sistemas que intervienen en la automatización y optimización de servicios en las ciudades. Como

mediante elementos y dispositivos conectados a una red de sensores la información capturada puede ser monitoreada y controlada desde cualquier lugar solo con tener acceso al medio.

Como complemento de la investigación se realizara una propuesta de diseño en la cual se tomara en cuenta los servicios que una ciudad debe tener como son energía, agua, comunicaciones, transito, seguridad urbana (CCTV), considerando los estándares y el uso de cada uno de los mismos, cabe indicar que esta propuesta será realizada en función a la metodología de integración y diseño que cada uno de los estándares recomienda

Los principales errores cometidos en la automatización e integración de los sistemas es identificado por el desconocimiento de normas y estándares, cabe recalcar que sin un criterio o uso de una norma, un proyecto de automatización se vuelve rápidamente extenso y costoso, parte fundamental de esta investigación es indicar que normas son aplicadas en la automatización que están usando en ciudades con tendencia a ser inteligentes, permitiendo que se implementen sistemas que puedan controlar a través de dispositivos los cuales actúan sobre los elementos en sitio, estos dispositivos podrán comunicarse mediante buses de campo de forma remota y local, según el estándar hacia un equipo principal el cual proveerá de información hacia el usuario administrador todo a través de redes de comunicaciones.

Cuáles son los medios de comunicación que intervienen en una automatización de ciudades como son las redes ópticas de alta velocidad, las redes de sensores, las redes de cable y las redes inalámbricas, imprescindibles para posibilitar los beneficios que aportan sistemas de transporte de la información.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Realizar el estudio de estándares usados en Urbótica, para propuesta de diseño de una ciudad inteligente.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar el análisis sobre el estado del arte de la Urbótica
- Realizar un análisis comparativo sobre cuál es la diferencia entre protocolos LONWORKS, BACNET, KNX y el respectivo campo de aplicación.
- Realizar una propuesta de diseño perimetral en base a los resultados de la investigación realizada en donde se incluyen los servicios que una pequeña ciudad debe tener como es energía, agua, comunicaciones, transito, seguridad urbana (CCTV).

## **CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 RESUMEN**

El presente capítulo contiene definiciones que permiten interpretar la función de la Urbótica, además información específica de estándares que rigen al momento de realizar un diseño de ciudades inteligentes, así como también ejemplos que actualmente se encuentran desarrollados en diversas partes del mundo, cuales son problemas que implican la implementación y cuáles serían los agentes que intervienen para no realizar el desarrollo de la misma, además se encuentran detallada la funcionalidad de los protocolos LONWORKS, BACNET y KNX, identificados con sus respectivas normas que las rigen internacionalmente, en este capítulo también se considera como parte del estudio el detalle de la interoperabilidad de los equipos, definiendo cuáles son los métodos de integración como los métodos de monitoreo que permiten realizar una comunicación en un red inteligente.

### **2.2 INTRODUCCIÓN**

El concepto de Urbótica es un término nuevo que empezó hacer utilizado luego que las palabras domótica e Inmótica como sus aplicaciones fueran quedando pequeñas en sus conceptos y aplicaciones por el crecimiento acelerado de la tecnología, la cual mediante procesos y protocolos estandarizados para la industria de la automatización han permitido que muchos sistemas puedan formar parte de una red de comunicaciones muy amplia, por lo que la Urbótica es todo aquel sistema de automatización aplicado a las ciudades, que proviene del latín “urbs” que significa “ciudad” y griego “tica” que significa autonomía. Que define como la agrupación de servicios y establecimientos públicos urbanos que se encuentran sistematizadas con el objeto

de lograr una mejor administración en el área energética, seguridad, y bienestar, mediante las redes de comunicaciones las cuales son integrables a cualquier tecnología o medio de transmisión permitiendo crecer sin limitar su funcionalidad.[1]



**Figura 1 Ciudad inteligente como lo ve tvsmagazine**

*“la Urbótica es la integración de la tecnología en la administración de los servicios que una ciudad tiene con un solo fin la seguridad del ser humano” [2]*

La expresión ciudad inteligente es la traducción y adaptación del término en inglés Smart City. Que es un concepto emergente, y por tanto sus acepciones en español y en otros idiomas, e incluso en el propio idioma inglés, están sujetas a constante revisión. Es también un término actual, que se está utilizando como un concepto de marketing (mercadotecnia) en el ámbito empresarial, en relación a políticas de desarrollo, y en lo concerniente a diversas especialidades y temáticas. [3]

---

<sup>1</sup> Interpretación realizada de información obtenida de (Barberis\_Walter, 2010)

<sup>2</sup> Tomado de: (Anónimo, 2015)

<sup>3</sup> Información tomada de : (Anónimo, 2015)

## 2.3 FUNDAMENTOS DE URBÓTICA

La Urbótica presenta soluciones a la carencia de funciones en los servicios públicos presentando soluciones como la automatización y optimización de recursos como métodos de administración consiguiendo como producto una mejor gestión de la ciudad, esto permite que la funcionalidad de la ciudad se ordenada y más eficiente, se pretende llegar a tener una ciudad que mantenga un sistema de comunicaciones unificadas que sea escalable y que cada servicio sea autónomo permitiendo establecer mejores tiempos en la atención al cliente , se pueden nombrar algunos de los servicios que pueden ser considerados en la implementación de una ciudad inteligente:

- La recolección automática de basuras
- La regulación de los semáforos
- Información ciudadana automatizada
- Sistemas de video vigilancia
- Sistemas de tele gestión
- Sistemas de control del alumbrado público
- Sistemas de tele-medición de consumo eléctrico

Todos estos sistemas forman parte de los servicios básicos que una ciudad posee pueden existir otros y se los determina con los requerimientos que los habitantes la forman, para poder administrar cada uno de los cambios y que estos no generen contratiempos ni molestias en los tiempos de ejecución de los servicios, la Urbótica pretende integrar a la red de comunicadores

mediante la intervención de las TIC'S los servicios públicos sistematizando y priorizando las funciones.

Una ciudad inteligente es considerada un sistema de sistemas que funcionan en forma conjunta (integración y medición de cada servicio básico), de manera ordenada esta vía exige que se realicen el uso de normas y que sean de acceso a los diseñadores e implementadores, esto quiere decir que las aplicaciones no son limitadas y mientras más servicios puedan formar parte de un red distribuida de comunicaciones, la ciudad se convierte en inteligente, vale mencionar y tomar cuenta que la complejidad de la administración en una ciudad incrementa, y para la administración de la misma se requiere de personal capacitado en áreas específicas para el monitoreo y control de los servicios, es ahí donde se requiere de optimizar los recurso para un servicio de calidad.

Entre las tecnologías que van formando una ciudad inteligente pueden mencionarse las redes ópticas de alta velocidad, las redes de sensores, las redes de cableado y las redes inalámbricas, que serían medios de transmisión fundamentales para posibilitar los beneficios de la automatización de ciudades, condicionando de tal manera que los protocolos para automatización de ciudades sean integrables a las redes existentes.



Figura 2 Smart City Nansha en Guangzhou China<sup>[4]</sup>

## 2.4 RED INTELIGENTE

Mediante métodos de monitoreo se muestran los estados de cada una de los servicios urbanos permitiendo identificar puntos críticos en el funcionamiento del sistema, estos métodos de monitoreo son llamados plataformas de integración o SCADAS, que son representaciones virtuales de los servicios y son observados remotamente mediante las redes de comunicaciones, la ciudad física (no virtual) contiene numerosos sistemas que requieren de infraestructuras, los servicios, las redes sociales, las comunicaciones son sistemas. Incluso la planificación urbana funciona como un sistema, la integración entre ellos, el intercambio de información y la flexibilidad cada uno de estos sistemas es un modelo que propone superar con el objetivo de mejorar el uso como extender la vida útil del mismo.

---

<sup>4</sup> Imagen tomada de (ISA, 2016)

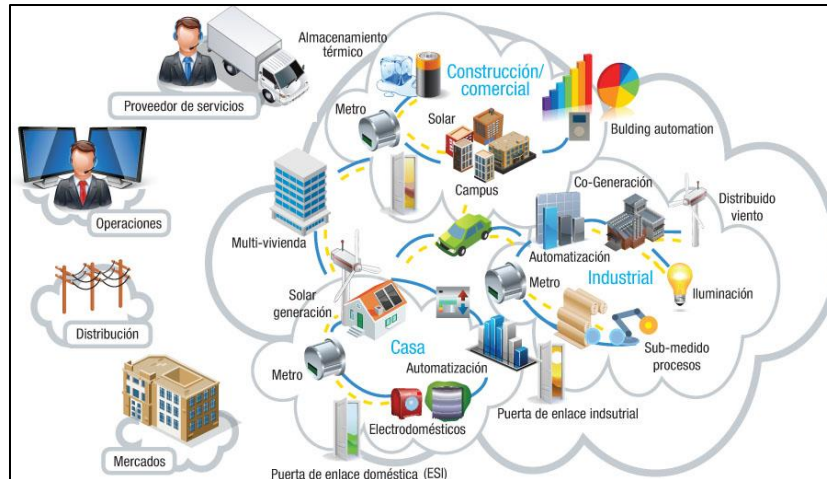


Figura 3 Funcionamiento de una ciudad Inteligente [5]

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS.

Lo que resalta en una ciudad inteligente de una ciudad convencional es la relación que existe entre los ciudadanos y la administración, esto se ve reflejado en los servicios, ya que una ciudad convencionales no pueden responder al crecimiento que la tecnología y que las TIC'S permiten acceder para sus habitantes, además la administración de una infraestructura tan grande está relacionada con aspectos económicos, culturales y sociales, por esta razón, una ciudad inteligente frente al cambio, es una ciudad con una visión más humana.

<sup>5</sup> Imagen tomada de (www.ieee.org, 2012)

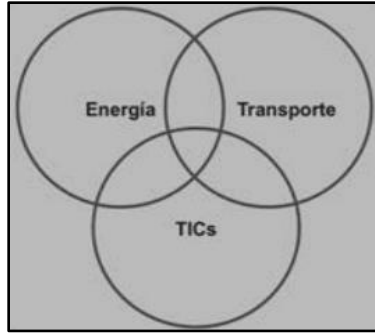


Figura 4 áreas involucradas en una ciudad inteligente [6]

La Urbótica define también como una ciudad eficiente y es relacionada con la búsqueda de soluciones que permitan tener un servicio equitativo de la energía y transporte haciendo el uso de las TIC's, permite que la ciudad responda y actúe de manera controlada a los requerimientos que los habitantes experimentan con el crecimiento de la ciudad.

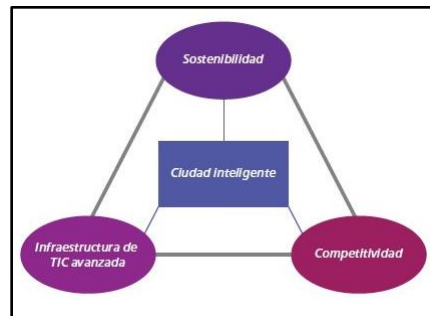


Figura 5 Estructura de una ciudad inteligente [7]

Una ciudad inteligente se encuentra relacionada con la sostenibilidad en donde se proyecta el desarrollo de inversiones que permitan tener como producto una competitividad siendo esta una de las formas de poder generar capital humano en donde se limitan aspectos

---

<sup>6</sup> Imagen tomada de (Sostenibilidad, 2015)

<sup>7</sup> Imagen tomada de (Sostenibilidad, 2015)

sociales como culturales, el acceso a las TIC's es otro método que permiten el desarrollo económico-ambiental durable y sostenible de una ciudad.

### 2.4.2 FUNCIONAMIENTO.

La Urbótica encierra como objeto principal, el desarrollo de sistemas inteligentes (que tienen la capacidad de procesar la información mostrarla y en la actualidad corregirla en tiempo real con conectividad hacia los centros principales de monitoreo), que permitan ser agregados a la gestión y al control de la ciudad (como en el caso de luz, agua, teléfono, seguridad, semaforización, etc.).

### 2.4.3 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN.

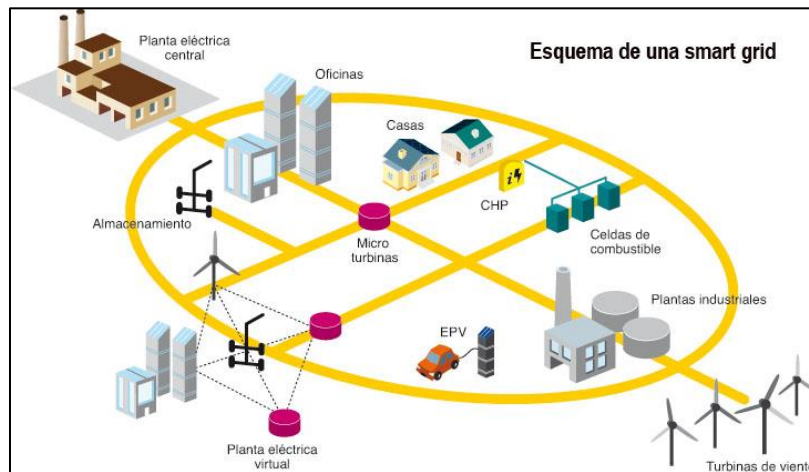


Figura 6 Arquitectura de comunicación [8]

El uso de las nuevas tecnologías en el urbanismo, interviene de manera exponencial en la calidad de vida de los habitantes ya que requieren de nuevos sistemas de administración como reducción de tiempo en la atención, permitiendo mejorar la eficiencia de los servicios públicos y

---

<sup>8</sup> Imagen tomada de (SmartGrids, 2012)

privados. En Urbótica es de mayor facilidad crear una red de comunicación que permitan integrar servicios y que estos de manera óptima y sistematizada desplieguen hacia el usuario una variedad de opciones.

La información que es enviada por cada uno de los dispositivos de campo integrados a la red es llevada hacia los servidores o paneles de control los cuales son transmitidos mediante internet hacia los centros de procesamiento, vale mencionar que los procesos son autónomos y no requieren del internet para ser operativos esto quiere decir que los procesos seguirán funcionando localmente, ya que los equipos y sistemas dependen solamente de sus paneles principales de control.

#### ***2.3.3.1 RED DE DATOS.***

La red de datos es usada para la interconexión y transmisión de información entre computadores, impresoras, escáneres, usuarios, otros, la diversidad de tecnologías disponibles para las redes de datos residenciales, no termina de imponerse ante una tecnología única que interconecte todos los equipos.

#### ***2.3.3.2 RED MULTIMEDIA.***

La red multimedia es aquella que permite sincronizar el uso de distintos equipos de difusión de audio y video, este tipo de sistemas son aplicados para la seguridad de los habitantes, sobre todo al momento de realizar evacuaciones en el caso de ocurrir eventos o simulaciones, para la existencia de una red dedicada para los equipos de audio y vídeo se debe tomar en cuenta los requisitos mínimos que estos sistemas requieren por ejemplo:

- Ancho de banda elevado.
- Calidad de servicio.
- Retardos.

Los equipos considerados para estos sistemas son de múltiples protocolos y en su diseño como configuración manejan códec específicos para las aplicaciones que se requieren según el protocolo utilizado permitiendo la interoperabilidad. La arquitectura de la red multimedia es distribuida, permitiendo llegar a más lugares. Con el uso de sistemas de comunicaciones permite tener una red distribuida de equipos multimedia capaces de informar a los habitantes de las ciudades.

#### ***2.3.3.3 RED DE CONTROL.***

Los servicios de monitoreo con redes de control son herramientas indispensables que permiten localizar, predecir y medir la actividad de fenómenos naturales. La forma de adquirir la información se la realiza mediante instrumentos (sensores), y pueden ser configurados e implementados según la necesidad del sistema, la instrumentación puede ser de diferentes tipos de sensores sísmicos (acelerómetros, sismómetros, etc.), instrumentos hidrogeológicos (piezómetros, muestreo, etc.) e instrumentos geotécnicos (extensómetros, inclinómetros, etc.). Esta instrumentación comprende las fases de adquisición, de procesado y de transmisión de los datos.

#### ***2.3.3.4 RED DE ACCESO.***

Dentro del desarrollo de redes, el acceso es de gran importancia para la integración de nuevos sistemas y servicios, como también las prestaciones mediante las redes de comunicación,

dos aspectos importantes y que limitan la comunicación de los usuarios y dispositivos son geográficas y técnicas, ya que un servicio puede estar geográficamente ubicado en lugares donde imposibilite realizar comunicaciones físicas entre los equipos.

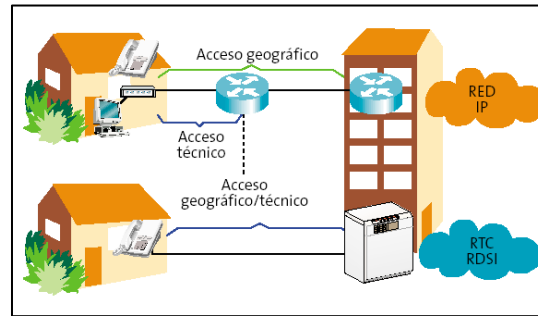


Figura 7 Arquitectura de comunicación [9]

Cuando la posición geográfica de las localidades es de difícil acceso a los medios de comunicación se plantean diferentes métodos y formas de realizar el acceso como por ejemplo:

- Redes xDSL
- Redes de Fibra óptica & HFC
- Redes WLL (Wireless Local Loop)
- Redes Acceso por satélite
- Redes PLC (Power line communication)
- Redes UPnP
- Redes DLNA

E rendimiento de la transmisión dependerá del medio de acceso que disponga la arquitectura de red planteada para la integración de un servicio a Urbótica como también de la

---

<sup>9</sup> Imagen tomada de (Apazam, 2013)

velocidad de transmisión de cada uno de los equipos que formen parte de la red inteligente propuesta para la ciudad.

#### **2.4.4 CASOS A NIVEL MUNDIAL. [<sup>10</sup>]**

Tokio: Es considerada la ciudad de la tecnología en donde se encuentran empresas como Panasonic, Sharp, Mitsubishi entre otros, que son considerados como grandes de innovación en la industria y la tecnología, estas empresas se proponen en trabajar desarrollando sistemas de integración de servicios para la comunidad y convertir a Tokio en una ciudad inteligente, uno de los aspectos que definen a la ciudad es el servicio que la ciudad brinda a los habitantes, existe una red de transmisión de mensajes que es usada como alerta temprana cuando ocurren sismos. Este sistema consiste en el envío de mensajes de texto a los habitantes a través de redes móviles, este procedimiento es realizado mediante una emisión de señales similares a las TV o radio, este tipo de señales son conocidas como emisión por celdas, otro de los servicios que actualmente se encuentran operativos hacia los habitantes es el uso de la tecnología NFC que es aplicada para el transporte público permitiendo pagar los consumos mediante el celular.

Nueva York: Nueva York implemento una plataforma interactiva que introduce pantallas con acceso a la red de comunicaciones distribuidas en toda la ciudad para transmitir información a los transeúntes sobre las noticias, eventos, publicidad esta iniciativa se la denomina ciudad 24/7 y la infraestructura de comunicación es realizada con equipos cisco.

---

<sup>10</sup> según un investigador (Sparx, 2011)

Santander: existe una propuesta de distribuir 12.000 sensores en el asfalto estos sensores pueden medir varias tipos de variables y adquirir la información como la polución del aire, lugares en donde exista parqueo disponibles, además de indicar a los camiones recolectores de basura que acumulador se encuentran lleno, y como parte principal el controlar el sistema de iluminación de las calles tener un control sobre el consumo de energía.

Toronto: Es consideras una de las ciudades más inteligentes de Norteamérica, implemento una plataforma BASC (centro de soluciones analíticas para el negocio) es desarrollado por IBM, para el desarrollo de este proyecto el sector privado está colaborando con la iniciativa de Smart Commute Toronto, que tiene como objetivo elevar la eficiencia de tránsito en el área metropolitana.

#### 2.4.5 CASOS DE PROYECTOS EN ECUADOR.

Ecuador con el cambio de la matriz productiva ha considerado proyectos emblemáticos que se dedican a la integración de sistemas sin consolidarlos a una sola plataforma definiéndolos como independientes como se pueden destacar varios de los proyectos realizados en Quito son:

**Tabla 1 Tabla de servicios integrados de Quito**

SERVICIO	SISTEMA
Seguridad	ECU-911
Comunicaciones	GPON
Electricidad y Energía	Sistema de energía eólica
	Sistema de medidores inteligentes
Transporte	Sistema inteligente de semaforización
Medicina	Sistema integrado de servicio público AS400

Estos servicios son considerados en todo el país, Loja es una ciudad que se encuentra en proyecto de reconversión y pretende realizar las modificaciones para que esta sea inteligente, el estado actual solo se encuentra en propuestas.

#### **2.4.6 TIPOS DE IMPEDIMENTOS PARA REALIZAR URBÓTICA.**

Sociales: el desconocimiento de la tecnología y la limitación sobre el crecimiento que esta tiene en la sociedad, la falta de interés por la inversión en investigación y el uso de nuevas tecnologías es un factor que limita la implementación de sistemas inteligentes para el uso de la sociedad.

Profesionales: Uno de los factores que son parte fundamental para no considerar la implementación de sistemas autónomos en las ciudades, es la falta de personal técnico calificado. Es muy importante que el grupo de personas que realizan la planificación diseño e implementación sean calificados o certificados por los diferentes estándares, este tipo de certificaciones son de costo elevado y generalmente se realizan en centros especializados que se encuentran fuera del país, además de la falta de requerimientos de calidad en las entidades de control regionales.

Políticos y Regulatorios: Las políticas regulatorias dependerá de cada país, en Ecuador no existe una norma constructiva que permita tomar o seguir recomendaciones en la construcción para la implementación de sistemas autónomos de hogares, edificios y ciudades, esto depende mucho de los colegios de arquitectos como de la cámara de la construcción del país las cuales aún no regulan la Domótica, Inmótica y Urbótica, poniendo su diseño a consideración de la persona contratada sin seguir una norma regulatoria propia del país.

Económicos: Los equipos considerados para la integración de sistemas, como la automatización es de costo elevado y según las políticas regulatorias del país tienen importes a los impuestos que terminan encareciéndolos, se puede considerar que es una de los más importantes impedimentos que limita la implementación y que van relacionados con la construcción.

## **2.5 PROTOCOLO DE DATOS**

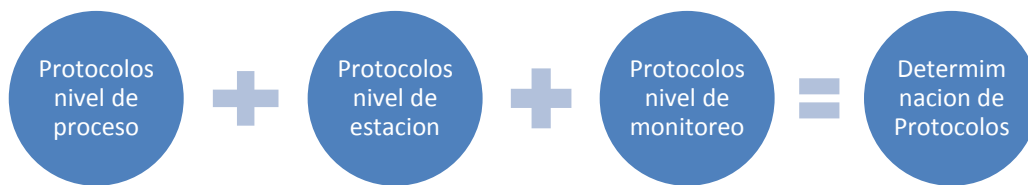
Al transmitir información entre equipos esta debe ser identificada por cada una de las capas en el receptor permitiendo diferenciar los datos transmitidos y ejecutar las instrucciones adecuadas, este tipo de descomposición de la información se lo conoce como uno a uno (transmisor **Tx**, receptor **Rx**) este proceso es realizado durante la recepción en donde cada protocolo de capa intercambia información, este mismo concepto se maneja en equipos de control para la formación de una red inteligente cumple el mismo principio, cada uno de los elementos conectados a la red enviara mensajes al receptor con el cual este será interpretado por cada uno de los elementos.

Se toma como referencia en el siguiente estudio los protocolos de uso para la integración de sistemas como transmisión de datos para el control y monitoreo de procesos relacionados a una ciudad, el origen de los protocolos son definidos según el campo de aplicación específica.

### **2.5.1 DETERMINACIÓN DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.**

La determinación del protocolo de comunicación está relacionada directamente con el tipo de medio de transmisión que los equipos de automatización poseen, es decir cada equipo puede manejar en su hardware varios tipos de medios de transmisión y para cada medio de

transmisión su pila de protocolo, por lo que debe ser tomado en cuenta antes de dimensionar las funciones de una ciudad inteligente, el plan de integración y como realizara la comunicación entre dispositivos y plataformas de comunicación, para determinar protocolo de comunicación es muy importante tomar en cuenta la el siguiente procedimiento que de detalla en la siguiente figura:



**Figura 8 Representación para determinar Protocolos <sup>11</sup>**

*Protocolos a nivel de proceso:* En este nivel se realiza un análisis de cada uno de los protocolos que intervienen en la comunicación con los sensores que se encuentran en los terminales de los equipos a monitorear, define el protocolo y medio de transmisión física que se realice con el equipo.

*Protocolos a nivel de estación:* En este nivel el uso de parcelas para la comunicación es muy común, ya que a nivel de integración se está realizando una comunicación entre protocolos y se los trata de concentrar en paneles de control distribuidos con el fin de descentralizar la red.

*Protocolos a nivel de monitoreo (Supervisión):* En este nivel siendo el más alto a nivel de integración, se busca definir el tipo de aplicación y los protocolos que va a requerir para poder realizar la supervisión de cada uno de los elementos que se encuentran en la red a nivel macro.

---

<sup>11</sup> Imagen de plataforma (WiPaM)

## 2.5.2 LONWORKS.

LonWorks® fue creado por Echelon Corporación en 1988 ([www.echelon.com](http://www.echelon.com)), empresa dedicada a la investigación y búsqueda de soluciones en el ámbito de ahorro energético como optimización de servicios, forma parte de sociedad LonMark ([www.lonmark.org](http://www.lonmark.org)), que definen el protocolo LON para la automatización de sistemas de edificios o ciudades, también conocidos como BMS. [<sup>12</sup>]

Protocolo optimizado para control de dispositivos en una red a través de medios como par trenzado, líneas eléctricas, fibra óptica y RF. Es popular para la automatización de diversas funciones en el control industrial, domótica, transporte y edificios tales como sistemas de iluminación y climatización, el protocolo ha sido adoptado como un estándar de red de control internacional abierto en la norma **ISO / IEC 14908** familia de normas. Publicado por **ISO / IEC JTC 1 / SC 6**, esta norma especifica una red de control de la pila de protocolos de usos múltiples optimizado para la red inteligente. [13]

### 2.5.1.1 FUNCIONAMIENTO.

La capacidad de no depender de un medio físico propietario permite transmitir información por cualquier estándar establecido para la transmisión de información (RF, fibra, TCP/IP, RS-232, RS-485, RS-422, Power Line, etc.), permitiendo ser comparado con TCP/IP, ya que la información puede ser transmitida por cualquier medio físico o inalámbrico, cuando existen varios medios de accesos y se requiere de integrar a la red componentes con

---

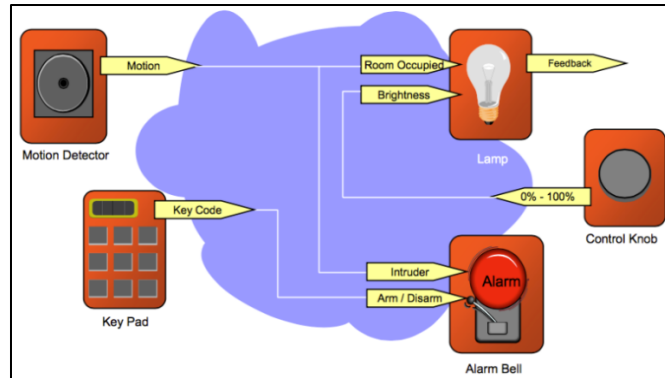
<sup>12</sup> Información resumida de (Echelon)

<sup>13</sup> Información interpretada de (Echelon)

requerimientos específicos para el medio de acceso se debe hacer el uso de ‘transceiver’ adecuado para integrar a una red Lonworks, por esta razón los medios de transmisión más usados en soluciones de automatización es ‘par trenzado’ y PL (Power Line), que gracias a parcelas de comunicación pueden integrarse a TCP/IP en intranet o Internet.

La característica de formar redes con arquitectura Lonworks es su capacidad de crecimiento no es afectado en respuesta a la velocidad de transmisión, quiere decir que es escalable y la robustez de integración de equipos permite que la cantidad de equipos sin necesidad de sustituir elementos en la red existente, los equipos en la red lonworks es identificado como ‘nodo’, y define una unidad de control, esta unidad de control en un red realiza su funciones localmente y a la vez es independiente esto permite que en el momento de que el sistema sea tenga una falla de transmisión los equipos estén controlados de manera autónoma con en controlador principal (nodo), por ejemplo un nodo que forma parte de la red mide la humedad exterior y el nivel de luminosidad, esta información adquirida por los nodos envían los datos a cualquier equipo de la red que los necesite para realizar su funcionamiento.

La arquitectura de la red LON permite enviar mensajes entre nodos, mediante un direccionamiento que es manejado por jerarquías la cual asigna direcciones específicas a los componentes de la red que incluye dirección de dominio, subred y nodo (dispositivo en cuestión). Cada uno de los equipos forma parte de la red diseñada como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 9 Interconexión de diferentes nodos [14]**

El dominio en una red LON es una asignación lógica de nodos que forman parte de uno o varios canales. Una subred es una asignación lógica definida con una cantidad máxima de 127 nodos dentro de un dominio. La capacidad máxima de dimensionamiento es hasta 255 subredes dentro de un único dominio. Todos los nodos de una subred deben pertenecer al mismo canal. Cada nodo tiene un identificador único de 48-bits, y este es asignado cuando es fabricado, este identificador es muy importante al momento de ser instalado y configurado, ya que sirve como dirección de red y permite establecer comunicación con el software de configuración, la siguiente tabla presenta un resumen sobre la jerarquía de red que presenta la red LON:

**Tabla 2 Resumen de jerarquía de Red**

JERARQUÍA DE RED	
SUBREDES	255
NODOS POR SUBRED	127
NODOS POR DOMINIO	32,385
GRUPOS POR DOMINO	255
NODOS POR GRUPO	63
NÚMEROS DE DOMINIOS	281,474,976,710,656

<sup>14</sup> Imagen tomada de (Echelon)

En LON para el intercambio de información es realizado mediante variables de red estas variables de red contienen información de los nodos conectados al medio de comunicación se lo puede definir como uno o varios formatos de mensajes estándar que permiten enlazar nodos de manera virtual sin importar el fabricante, a las variables de red se les asigna el identificador estándar SNVT (estándar) que es implementado en nodos de otras marcas, en la Figura 10, se muestra el contenido de una variable de red estándar que contiene uno o varios dispositivos en la red.

Los nodos en general, son diseñados para realizan tareas puntuales permitiendo ser más sencillo su uso como implementación, gracias a su arquitectura de comunicación pueden estar conectados a la red con lo que el monitoreo puede ser permanente comparándose como una red neuronal ya que la información está viajando por la red hacia el equipo que lo requiera.

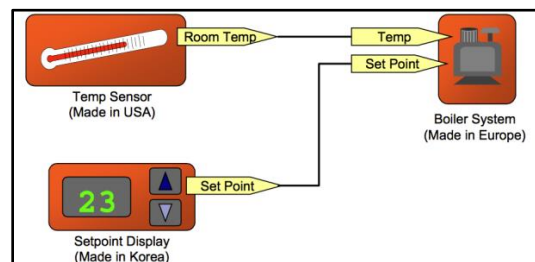


Figura 10 Variables de red de diferentes dispositivos [15]

### 2.5.1.2 TECNOLOGÍA DE REDES DE DATOS.

Para la transmisión de datos en la mayoría de casos se usan solo dos velocidades, la de 78Kbps y 1,25Mbps, estas velocidades de transmisión pueden parecer bajas, pero la información que contiene son mensajes cortos que son interpretados por los nodos, al ser

---

<sup>15</sup> Imagen tomada de (Echelon)

mensajes cortos con una capacidad de 58 bytes no requiere de un ancho de banda superior, para segmentar el tráfico de información que requiera mayor ancho de banda se suelen implementar routers (como en redes de datos), que limitan el tráfico, permitiendo no propagar mensajes a lugares donde no es necesario. En la siguiente figura se muestra las diferentes tecnologías de datos que puede ser integrada.

<b>Name</b>	<b>Media</b>	<b>Bit Rate</b>	<b>Definition</b>	<b>Standard</b>
FO-20L	Fiber Optic	1.25Mbps	ANSI/EIA/CEA-709.4	Yes
FO-20S	Fiber Optic	1.25Mbps	ANSI/EIA/CEA-709.4	Yes
IP-852	EIA/CEA-852 IP Tunneling	N/A	ANSI/EIA/CEA-852	Yes
PL-20A	CENELEC A-band Power Line	2613bps	ANSI/EIA/CEA-709.2	Yes
PL-20C	CENELEC C-band Power Line w/access protocol	3987bps	ANSI/EIA/CEA-709.2	Yes
PL-20N	CENELEC C-band Power Line w/o access protocol	3987bps	ANSI/EIA/CEA-709.2	Yes
TP/FT-10	Free Topology Twisted Pair	78.13kbps	ANSI/EIA/CEA-709.3	Yes
TP/RS485-39	RS-485 Twisted Pair	39.06kbps	EIA/TIA-232-E	Yes
TP/XF-1250	Transformer-Isolated Twisted Pair	1.25Mbps	LONMARK Interoperability Guidelines	Yes

**Figura 11 Tecnología de red de datos [16]**

#### 2.5.1.2.1 *TP/FT-10.*

Un sistema de control convencional utilizando cableado topología de bus (tales como RS-485) se compone de una red de sensores y salidas de control que están interconectados mediante un blindado par de hilos trenzados, de acuerdo con las directrices RS-485, todos los dispositivos deben estar, por cable en una topología de bus para limitar los reflejos eléctricos y garantizar fiable comunicaciones. Con una velocidad de bits de 78,125 bps.

---

<sup>16</sup>Imagen tomada de (Echelon)

#### 2.5.1.2.2 *TP/RS-485-39.*

Diseñado para topología tipo bus, el medio de comunicación es un par trenzado y es compatible con una velocidad de bits de 39kbps.

#### 2.5.1.2.3 *TP/XF-1250.*

El TP / XF - 78 y tipo de canal TP / XF -1250 usa como medio de comunicación par trenzado y es usado generalmente en topología tipo bus. TP / XF -78 trabaja a velocidades de 78kbps, TP / XF -1250 trabaja a velocidades de 1.25 Mbps.

#### 2.5.1.2.4 *PL-20.*

El canal más fácil de instalar son dispositivos de línea eléctrica simplemente se pueden conectar a una toma de corriente sin más cableado necesario. El protocolo de comunicaciones europea gestiona automáticamente, eliminando la necesidad de los usuarios desarrollar el complejo de sincronización y algoritmos de acceso, estos transceptores utilizan señalización a través de una banda de frecuencia 115kHz-132 kHz en la red eléctrica de banda estrecha medios de comunicación y apoyar a una tasa de bits 5.4kbps en la banda C, y una frecuencia de 75kHz-86kHz banda en los medios de comunicación del suministro eléctrico y apoyar a una velocidad de bits en bruto 3.6kbps en A-Band

#### 2.5.1.2.5 *IP-852.*

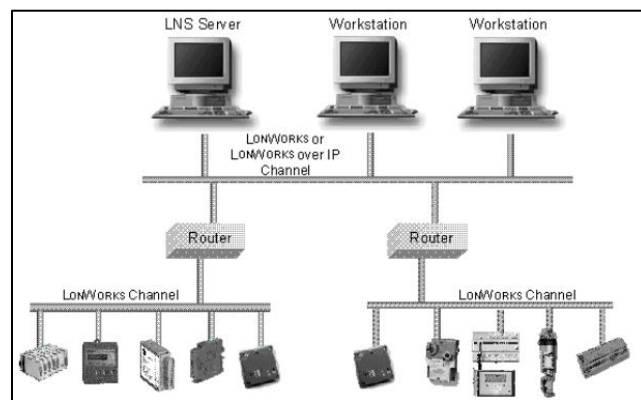
A diferencia tradicional de los canales que utilizan un cable físico dedicado a crear conexiones entre los dispositivos en el canal, un canal IP- 852 utiliza una red IP compartida para

conectar los dispositivos, y se define por un grupo de direcciones IP. Estas direcciones formar un "cable virtual" entre los dispositivos de la canal IP -852.

### **2.5.1.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN.**

Para la implementación es más sencilla, dos componentes y una fuente de alimentación pueden trabajar conjuntamente sobre un bus de comunicación, la distancia está limitada por el número de equipos que puede soportar la red de comunicación, en el caso de superar las distancias establecidas por la arquitectura según el tipo de componente se pueden conectar equipos que permiten la repotenciación de la señal.

Se plantea como parte de la arquitectura el uso de routers que permiten realizar el direccionamiento de los mensajes hacia los dispositivos finales quienes serán los transmisores de información en el bus, la sectorización queda limitada por parte de los elementos de campo permitiendo que la red no sea saturada con información que no tiene que ver con el funcionamiento o instrucciones de los nodos.



**Figura 12 Topología de conexión Lonworks<sup>17</sup>**

---

<sup>17</sup> Imagen tomada de (Echelon)

### **2.5.3 BACNET.**

BACnet® abreviación de "Building Automation Control Network", en español Red de Control para Automatización de Edificios, es un protocolo de comunicación de datos para la construcción de redes de automatización y control, BACnet es a la vez una norma internacional ISO y ANSI para la interoperabilidad entre dispositivos de automatización de edificios.

Originalmente desarrollado en 1987 bajo los auspicios de la Sociedad Americana de Calefacción Refrigeración y aire acondicionado Ingenieros (ASHRAE), BACnet ha sido un estándar ANSI desde 1995 y un estándar ISO desde 2003. BACnet es una marca comercial registrada de ASHRAE.

BACnet fue desarrollado, y está bajo un mantenimiento continuo, utilizando un proceso de consenso abierto donde cualquiera y todas las partes interesadas son bienvenidas y pueden participar. [<sup>18</sup>]

#### **2.5.3.1 FUNCIONAMIENTO.**

La información transmitida por un equipo BACnet es denominada como objeto, y este objeto contiene información específica de las funciones y propiedades del dispositivo, un objeto como información representa una dirección física o virtual del equipo y es aquella que permitirá generar una comunicación entre los equipos de la red, como ejemplo un objeto del equipo puede contener información sobre el estado de una entrada o salida que mediante el enlace virtual este puede realizar una acción sobre otro equipo de la red. BACnet la pila del protocolo establece 25

---

<sup>18</sup>Información tomada de (BacNet)

tipos de objetos, en donde cada objeto es reconocido por un identificador de objeto, la representación del identificador es en un formato binario de 32 bits, en donde es codificado el lugar del objeto, para definir la información en donde se encuentran establecidas las características de los mismos se denomina como propiedad BACnet que es aquella que representa todas las características del objeto. A esta información del equipo se puede acceder de en modo lectura o escritura respectivamente, en BACnet se encuentran definidos cinco tipos de propiedades de acceso para los objetos de los equipos:

- Acceso a objetos
- Gestión del equipo
- Alarmas y eventos
- Transferencia de archivos
- Terminal virtual.

### ***2.5.3.2 TECNOLOGÍA DE REDES DE DATOS.***

BACnet, es acogido y establecido como estándar ANSI/ASHRAE/ISO Standard 135-2004. En donde el modelo de automatización es predial y se lo determina en el protocolo de comunicaciones, esto permite que se realice la interacción con los dispositivos del sistema. El protocolo define:

- La información es administrada bajo un modelo orientado a objeto.
- El acceso a los datos es mediante servicios.
- La red creada es flexible.

BACnet para el transporte de mensajes define seis tipos de redes de comunicación los cuales se detallan a continuación:

#### 2.5.3.2.1 *BACnet Lontalk.*

LonTalk y BACnet comparten algunos objetivos comunes, cada uno tiene características únicas que los hacen mejor equipados para áreas específicas del sistema de automatización. Permitiendo que los equipos sean interoperables manejando los dos tipos de protocolos, la red formada con equipos de este tipo de características integra aplicaciones que los protocolos y los sistemas manejan por separado.

#### 2.5.3.2.2 *BACnet Point-to-Point.*

PTP es única para BACnet y proporciona comunicaciones en red internas de módems y líneas telefónicas de grado de voz. PTP tiene capacidad para protocolos que manejan los módem y también es compatible con conexiones directas por cable que utilizan el estándar de señalización EIA- 232. La transmisión de datos se la realiza a partir 9,6 kbit/s a 56,0 kbit/s.

#### 2.5.3.2.3 *BACnet / ARCNET.*

Como Ethernet, ARCNET puede ser clasificado como un enlace de datos y capa física. Datos de ARCNET enlace y opciones de capa física, que incluyen soporte para coaxial, de par trenzado y cableado de fibra óptica, Velocidades de datos van desde 156 kbps a 10 Mbps. diferente a Ethernet, ARCNET utiliza un determinista de paso de testigo protocolo, proporcionando de ese modo mejora de rendimiento en tiempo real.

La red conexión requiere tres cables y no dos ya que la señal común debe realizarse entre dispositivos aislados. Con un no-aislado transceptor, sólo dos cables se realizan porque sólo hay un solo común (circuito común del dispositivo BACnet es el mismo que el transceptor común). Con dispositivos que no son aislados, más cuidado es requerido cuando se interconectan dispositivos desde el potencial de tierra debe ser el mismo en cada dispositivo la red.

#### 2.5.3.2.4 *BACnet / Ethernet.*

IEEE 802.3, ahora un estándar ISO, se refiere a la parte 3 del Institute de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos titulado acceso múltiple estándar 'con detección de colisiones (CSMA / CD). Puede funcionar a velocidades de 10 Mbps, 100 Mbps y 1 Gbps. Capa física de Ethernet incluye varias opciones de cobre y fibra como 10BASE2, 10BASE5, 10BASE-FL, 100BASE-TX, 100BASE-FX y 1000BASE-T.

Cualquiera de estas opciones se pueden combinar en una sola pieza de equipo y cada uno es compatible con BACnet / Ethernet. Ethernet proporciona una mayor velocidad, la topología de estrella, y transceptores transformador aislado. Sin embargo, BACnet / Ethernet no es el mismo que BACnet / IP Ethernet, BACnet / Ethernet, utiliza la dirección de control de acceso al medio de Ethernet (MAC). La dirección MAC es el 48-bit de valor única en el mundo dado a cada chip controlador Ethernet y no la dirección IPv4 de 32 bits que se piensa que es de un dispositivo IP / Ethernet. De todos los enlaces de datos BACnet, Ethernet ofrece la mayor velocidad.

#### 2.5.3.2.5 *BACnet / IP:*

El cuerpo de la norma BACnet hace uso exclusivo de direcciones MAC para todos los enlaces de datos, incluyendo Ethernet. BACnet / IP, se define una dirección MAC equivalente

que comprende de una dirección IP de cuatro bytes seguido de un número de puerto UDP de dos bytes, BACnet / IP incorpora el mismo modelo ISO de cuatro capas. Los routers operan en la capa de red. Se intercambia un mensaje dirigido entre dos direcciones IP. Un mensaje de difusión se origina a partir de una dirección IP y se envía a todas las demás direcciones IP de la subred.

#### 2.5.3.2.6 *BACnet MS / TP.*

Maestro-esclavo / de paso de testigo permanece un enlace de datos BACnet entre velocidades de transmisión de 9,6 kbaudios a 76,8 kbaudios. Proporciona su propio control de enlace lógico a nivel de red de BACnet. MS / TP utiliza un protocolo de paso de testigo, pero se implementa en software mediante un puerto serie en un microcontrolador. MS / TP se basa en una capa física muy común que se llama EIA-485. Transceptores EIA-485 son relativamente baratos y se encuentran típicamente en los controladores de bajo costo. Pueden conducir largas colas y pueden funcionar a la velocidad de datos requerida límite superior de 78,6 kbaudios.

#### **2.5.3.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN.**

En implementación la instalación es más sencilla, dos componentes y una fuente de alimentación pueden trabajar conjuntamente sobre un conductor bus, el bus se adapta al tamaño de la instalación y a las funciones exigidas progresivamente, todos los dispositivos conectados al bus pueden intercambiar información con otros a través de una ruta compartida de transmisión:

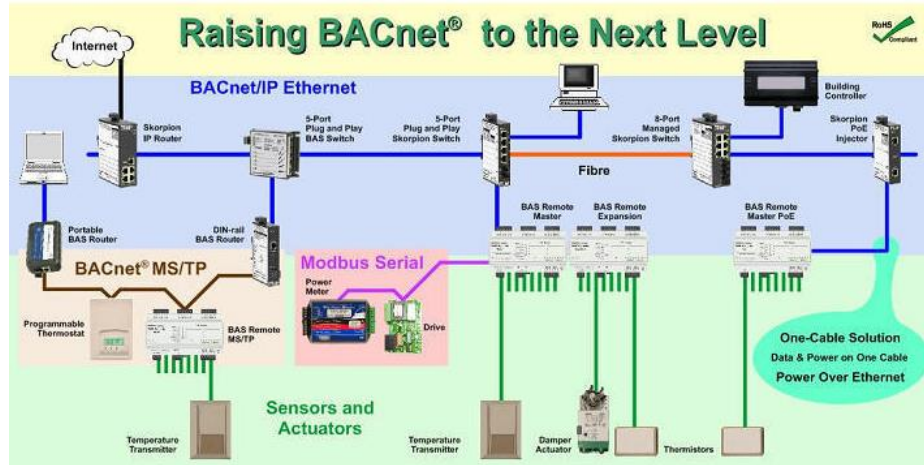


Figura 13 Topología de conexión BACnet [19]

## 2.5.4 KNX.

KNX es un sistema desarrollado para la automatización de viviendas, edificios y ciudades, el medio de comunicación que realiza es de tipo bus, esto quiere decir que los equipos pueden integrarse a la red formada sin requerir de nuevas infraestructuras, en este tipo de topología todos los dispositivos usan el mismo medio de comunicación y pueden intercambiar información a través del bus lo que permite encontrar un punto de falla de manera más ordenada y en menor tiempo. En KNX hay que considerar los siguientes criterios:

- El acceso al bus debe estar regulado de tal manera que los equipos no sean conectados en contra polaridad ya que puede producir que el bus desactive todos los equipos siguientes, físicamente es conocido este procedimiento como acceso al bus.

<sup>19</sup>Imagen tomada de (BacNet)

- La mayoría de datos transmitidos no son datos “útiles” esto es ya que se trata de un bus de comunicaciones cada uno de los componentes se encuentran enviando información pero solo un dispositivo es el que responde a las llamadas de los equipos.

#### **2.5.4.1 FUNCIONAMIENTO.**

Los equipos que forman la red son autónomos esto quiere decir que los equipos dependen de sí mismos y esto es gracias a que cada equipo dispone de su propio microprocesador o controlador. Permite mantener la autonomía del sistema ya que si un equipo falla, el resto sigue funcionando. En la arquitectura que KNX opera existen dos tipos de dispositivos:

- Sensores.
- Actuadores.

Los sensores son elementos de la red que detectan todos los cambios y son almacenados y transportados en los mensajes o telegramas que se conoce en KNX. Estos tipos de mensajes pueden ser generados al momento de realizar una acción como ejemplo (activar un switch, presionar un tecla, detectar movimiento, medición de temperatura, entre otros.) esta información es convertida en telegramas los cuales son enviados por el bus de comunicaciones. Los equipos que reciben los telegramas y convierten los datos en instrucciones se denominan actuadores, en conclusión los sensores son aquellos equipos de campo que están transmitiendo constantemente telegramas, mientras que los actuadores son los equipos receptores que reciben telegramas enviados por el bus de comunicaciones.

#### **2.5.4.2 TECNOLOGÍA DE REDES DE DATOS.**

La arquitectura de KNX permite utilizar varios medios de transmisión de la información para el intercambio de información entre los equipos que forman parte del bus esta información es realizada mediante el envío de telegramas conocidos como mensajes cortos el contenido de estos mensajes es instrucciones asignadas únicas para cada equipo, a continuación se detalla cuáles son los considerados por KNX.

- (KNX TP). Par trenzado (bus).
- (KNX PL). Línea de fuerza: KNX Power-line.
- KNX Radio Frequency (KNX RF). Transmisión inalámbrica.
- (KNX IP). Transmisión IP:

##### **2.5.4.2.1 KNX-TP.**

En las instalaciones que ocupan una arquitectura KNX, el medio de acceso es el par trenzado de esta manera todos los equipos se encuentran conectados a la red. Una de las ventajas es su bajo costo y de fácil acceso en el mercado, la alimentación como los datos son proporcionados por el mismo medio, la velocidad de transmisión es a 9.600Bit/s, la información es enviada al bus en Bytes de forma serial de manera asíncrona, la característica del bus KNX-TP, la tierra en el bus no se encuentra referenciada, a este tipo de conexión se la conocida como envío simétrico de mensajes libre de tierra.

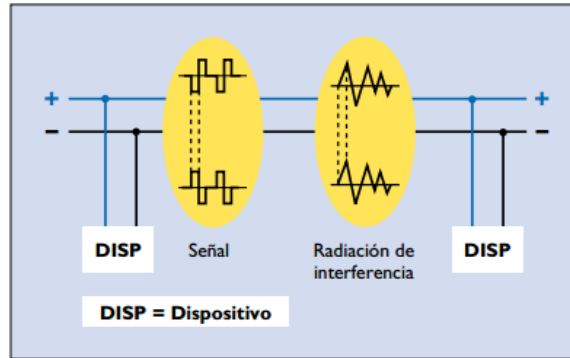


Figura 14 Acoplamiento Simétrico de Señales [20]

## ESTRUCTURA DEL TELEGRAMA

El envío de datos se realiza por telegramas. Un telegrama se encuentra formado por una serie de caracteres denominado campos, estos caracteres son una combinación de 8 ceros y unos, es decir 8 Bit 0 o 1 Byte. A continuación se detalla los campos que KNX TP utiliza:

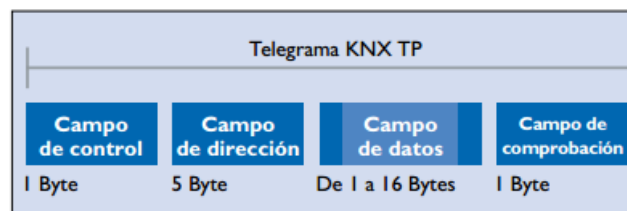


Figura 15 Estructura de telegrama KNX

Control de Campo: tiene dos funciones la una es definir la prioridad del telegrama y la segunda, saber si el telegrama se ha repetido o no

Campo de dirección: define la dirección origen y destino (dirección física o dirección de grupo).

<sup>20</sup> Imagen tomada de (KNX)

Campo de Datos: su longitud es de hasta 16 Byte y contiene información útil de los campos.

Campo de comprobación: sirve para verificar la paridad. Procedimiento de acceso al bus  
El bus KNX usa un acceso denominado aleatorio dependiendo de sucesos. Un telegrama sólo puede ser transmitido si no hay ninguna otra transmisión en ese momento. Para evitar colisiones durante la transmisión, la prioridad se regula según el procedimiento CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance).

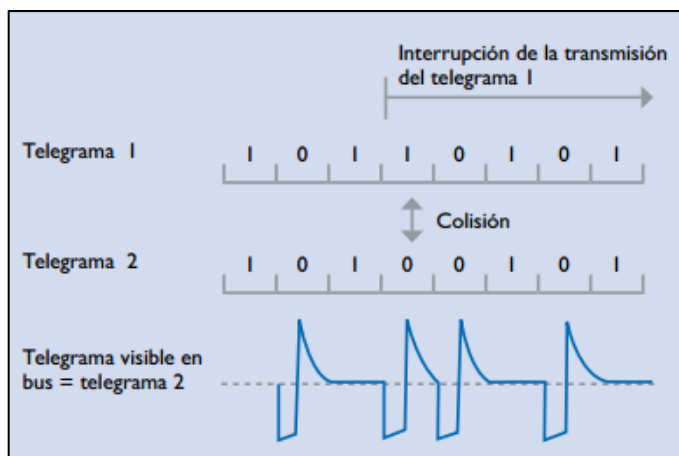


Figura 16 Envío de telegramas mediante bus <sup>[21]</sup>

Cada equipo que forma parte de la red recibe el telegrama enviado hacia el bus Bit a Bit, en el caso que dos telegramas se envían al mismo tiempo los equipos detectan el bus de comunicaciones y se procede a dar de baja los telegramas enviados hasta escuchar que el canal se encuentre libre de información, en consecuencia aborta el envío de información, para los casos que los telegramas son de orden prioritarios el telegrama queda activado dando de baja el

---

<sup>21</sup> Imagen tomada de (KNX)

telegrama de menor orden de prioridad, con esto el envío de la información se mantiene del equipo prioritario, el equipo de prioridad menor reactiva el envío de información una vez termina el envío del primario. La característica de KNX permite definir la prioridad del mensaje en el campo de control, lo que permite determinar qué telegramas son prioritarios sobre otros. Si existe una colisión con la misma prioridad se mantiene el mismo principio.

#### 2.5.4.2.2 *KNX-PL.*

Estos equipos se conectan al red de alimentación que se encuentra entre (120-230V) según la región donde sea implementada la arquitectura, este tipo de arquitecturas se usan cuando las instalaciones ya se encuentran realizadas, y se requiere ampliar los sistemas, para evitar falsas señales de control las señales de información son superpuestas a la red de alimentación, la velocidad a la que se transmite la información es a 1.200Bit/s en donde los ceros y unos lógicos son codificadas mediante la modulación de frecuencias por transferencia conocida como (SFSK = Spread Frequency Shift Keying) en donde una señal que trabaja en la frecuencia de 105,6 kHz generada por el emisor corresponde a un cero lógico, mientras que una señal de 115,2 kHz corresponde a un uno lógico.

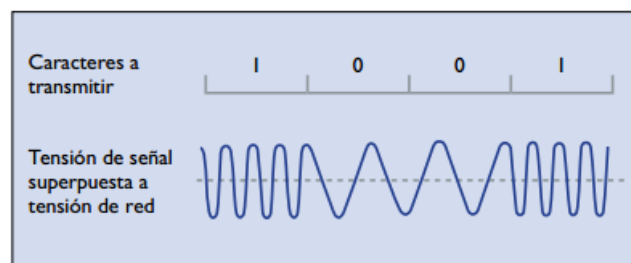


Figura 17 Superposición de la señal en la red eléctrica [22]

<sup>22</sup> Imagen tomada de (KNX)

La frecuencia media entre ambas señales es 110 kHz, por lo que se conoce este medio de transmisión también como PL110. Los niveles de transmisión de las señales superpuestas es frecuentemente igual al nivel de ruido habitual que existe en las redes eléctricas.

## ESTRUCTURA DE TELEGRAMA

Los telegramas KNX PL son representación de los telegramas KNX TP en algunos campos adicionales. Los telegramas KNX PL se componen de 4 campos

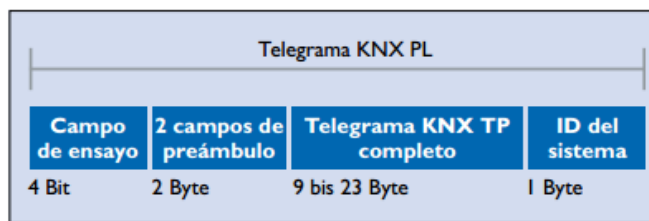


Figura 18 Estructura telegrama KNX-PL [23]

Campo de Ensayo: sirve para la sincronizar y ajustar los niveles entre emisor y receptor.

Campos de Preámbulo: regulan el acceso al bus como también indica el inicio de la transmisión de la información, permitiendo alertar y evitar colisiones.

Campo Telegrama KNX TP: se encuentra explicado en KNX TP.

Campo del ID del Sistema: segmenta la comunicación ya que define un miso ID en el bloque de comunicación permitiendo que los equipos que tengan el mismo ID puedan comunicarse.

---

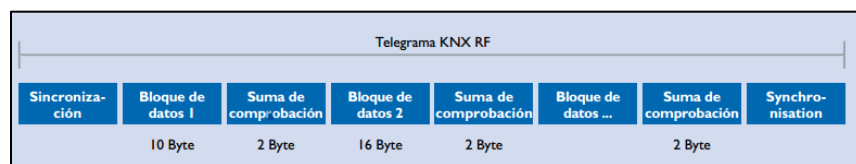
<sup>23</sup> Imagen tomada de (KNX)

### 2.5.4.2.3 *KNX (RF)*.

Una de las aplicaciones que define el uso de este tipo de arquitectura es cuando las condiciones físicas del lugar no son buenas para el uso de un bus de comunicaciones, para crear una red RF los equipos requieren de alimentación y esta se la realiza mediante baterías. La desventaja de este tipo de arquitecturas es que la duración de la batería será en función a la cantidad de información y la configuración que los equipos tengan, existe una forma de mantener la comunicación inalámbrica de manera continua per se requiere de puntos fijos de alimentación y estos son usados en equipos que se encuentran en campo y que la información debe ser transmitida de manera continua, para n verse afectada por los campos eléctricos se usa el método de modulación de frecuencia. Los estados lógicos uno y cero son generados por la variación en la onda portadora, identificada como frecuencia media, la frecuencia media en la cual opera es de 868,3 MHz y sólo se dispone de un canal de comunicación. Sin embargo las transmisiones realizadas por este método con un solo canal son propensas a fallar por las interferencias propias del sistema.

#### ESTRUCTURA DE TELEGRAMA

Los telegramas RF están formados por varios bloques de datos separados por campos de comprobación, además de información sobre el tipo de transmisión, a continuación de describe los campos de KNX RF.



### Figura 19 Estructura del telegrama RF [24]

Como se muestra en la figura el telegrama RF a diferencia de los anteriores consta de 3 Campos que se detallan a continuación:

Primer Campo: determina la información sobre el tamaño del telegrama, así como el (rendimiento) de la comunicación, otro dato importante que se encuentra en este campo es el estado actual de la batería, y si se encuentra configurado de maneja unidireccional.

Segundo Campo: determina el número serie el cual es asignado por el fabricante y este no puede ser modificado, o también el dominio, durante el proceso de configuración se asigna los métodos de calibración.

Tercer Campo: sirve para confirmar al equipo receptor que el telegrama fue entregado al destino, además de contener campos de seguridad, estos campos contienen información como la dirección origen de la información esta dirección es la física, la dirección del equipo destino, así como que información es necesaria.

#### 2.5.4.2.4 KNX IP.

Este protocolo asegura que paquetes de datos enviados de un equipo a otro en una red, sean por rutas establecidas optimizando el tiempo de entrega, el protocolo TCP permite realizar una conexión segura y estable además permite conocer el estado de los paquetes de datos garantizando la recepción y controlar que lleguen con un orden facilitando la información al momento de ensamblar los paquetes recibidos por el equipo receptor, además de manejar

---

<sup>24</sup> Imagen tomada de (KNX)

protocolos que son orientados a la conexión también se puede hacer uso de protocolo no orientados a la conexión como es el caso de UDP, en donde la entrega de los paquetes es de manera incontrolada (protocolo sin conexión), a continuación se detallan ciertas ventajas de KNX-Eth:

- La infraestructura de red existente puede usarse para la línea principal y el backbone de KNX (más rápido, más económico, más confortable).
- Es posible monitorizar y controlar a través de Ethernet desde cualquier parte del mundo.
- Una red descentralizada pueden ser controlados desde un lugar central.

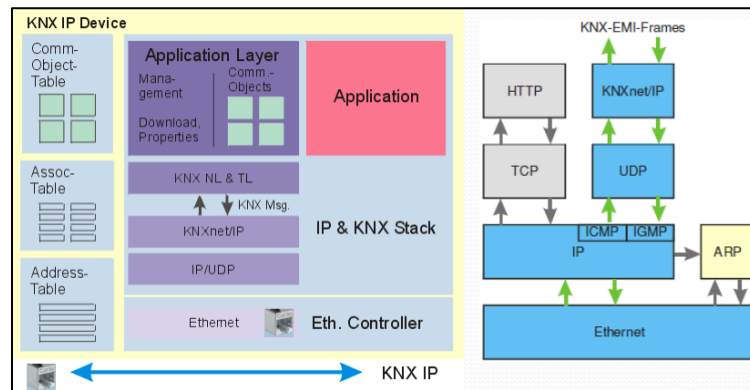


Figura 20 Pila de protocolo de dispositivo KNX-IP [25]

<sup>25</sup> Imagen tomada de (KNX)

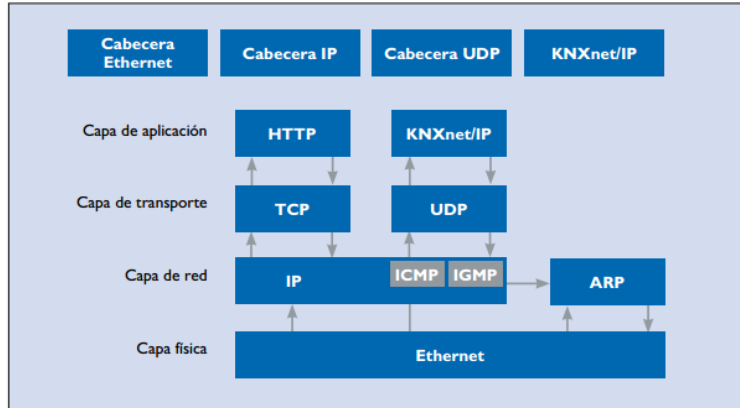


Figura 21 Contenido de mensaje IP-KNX [26]

### ESTRUCTURA DE TELEGRAMA

La comunicación IP en KNX puede explicarse usando el modelo de referencia OSI, La comunicación se realiza a través de la capa de aplicación (que genera el telegrama KNXnet/IP), la capa de transporte (UDP), la capa de red (IP), así como Ethernet como capa física. Al igual que para KNX TP, se debe añadir al propio telegrama KNXnet/IP información adicional (las cabeceras) específica para cada capa.

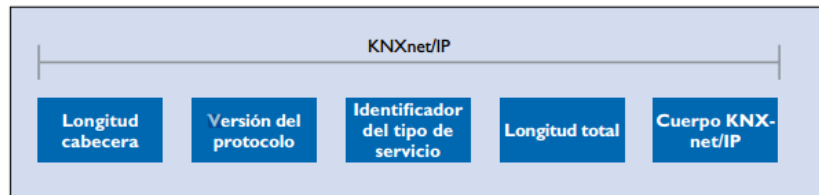


Figura 22 Estructura de Telegrama IP

Longitud Cabecera: esta información determina el inicio del telegrama, a pesar de ser la misma capacidad del telegrama este campo tiene aplicaciones a futuro

Versión de Protocolo: Esta información indica qué versión del protocolo KNXnet/IP se está usando.

<sup>26</sup> Imagen tomada de (KNX)

Identificador del tipo de servicio: KNXnet/IP Este identificador indica la acción que debe llevarse a cabo.

Longitud total: Este campo indica la longitud total del telegrama.

Cuerpo KNXnet/IP: Este campo contiene la información útil.

### 2.5.4.3 ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN.

Mediante el sistema bus descentralizado es capaz de controlar cada uno de los equipos que intervienen mediante eventos, esto quiere decir que los equipos se encuentran a la espera de un mensaje de operación, no existe un controlador en el bus ya que se pudo observar en capítulos anteriores la fortaleza de los equipos que trabajan con los estándares de automatización llevan incorporados su propio controlador en el actuador posibilitando así la libertad y la interoperabilidad del equipo.

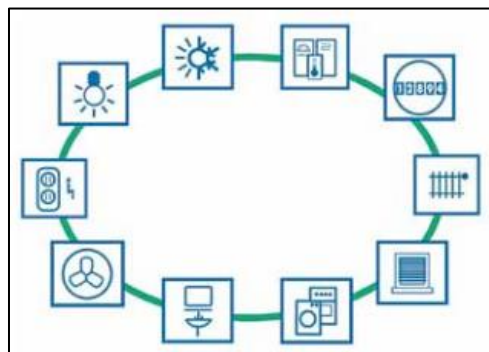


Figura 23 Equipos conectados a bus KNX [27]

---

<sup>27</sup> Imagen tomada de (KNX)

El bus se adapta al tamaño de la instalación y a las funciones exigidas progresivamente, todos los dispositivos conectados al bus pueden intercambiar información con otros a través de una ruta compartida de transmisión.

Los datos se transmiten en serie y de acuerdo al (protocolo). De esta forma se “empaqueta” la información que se envía en forma de telegrama a través del bus desde un sensor hasta uno o varios actuadores.

Cada receptor envía un “acuse de recibo” si la transmisión ha sido satisfactoria, si este accuse no se recibe, se repite la transmisión hasta un máximo de tres veces. En el caso de que el accuse continúe sin ser enviado, se interrumpe el proceso de transmisión y se notifica un error en la memoria del elemento transmisor.

## **2.6 MÉTODOS DE INTEGRACIÓN**

Cuando se habla de integración de sistemas hace referencia sobre la comunicación, adquisición, control y monitoreo de los elementos que existe en la red diseñada, para esto se plantea dos formas que intervienen al realizar una integración de sistemas:

*Nivel de Software:* Todo sistema electrónico, mecánico, eléctrico hidrosanitario, etc., requiere de componentes que permitan enviar señales hacia un receptor que permita codificar y decodificar la información así como también transmitirla hacia un panel de control principal, en estos paneles ubicadas en las salas principales de monitoreo existen servidores en las cuales se encuentran software específicos o aplicaciones de integración que permiten tener una representación virtual remota del proceso automatizado.

Nivel de Hardware: Al realizar una integración a nivel de hardware se habla estrictamente de elementos físicos que permiten llevar señales de alerta hacia un equipo principal que codifica y decodifica las instrucciones asignadas, en este nivel de integración se realiza el uso en el 95% de los casos con una parcela o Gateway de comunicación, pero también existe el uso de métodos físico como relés, contactos secos que cumplen con una funcione especifica de llevar señales lógicas hacia el equipo controlador que codificara y decodificara para enviar las señales mediante el medio de comunicación.

Al realizar una integración multiprotocolo se utiliza los niveles de integración según el protocolo que ocupa el sistema o aplicaciones (Software), que permita la integración entre un sistema y otro como por ejemplo, la integración de sistema de alarma temprana diseñado para sismos, eventos volcánicos y audio evacuación, detección de incendios con interconexión directa al departamento de bomberos del área local.



Figura 24 Esquema sobre Métodos de Integración [28]

<sup>28</sup> Imagen de plataforma (Echelon)

### 2.6.1 PASARELAS (GATEWAY).

Estos dispositivos son utilizados para permitir las comunicaciones y el acceso entre diferentes protocolos o medios de acceso, operan en los niveles más altos del modelo de referencia OSI (Nivel de Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación) y realizan conversión de protocolos para la interconexión de redes con protocolos de alto nivel diferentes.

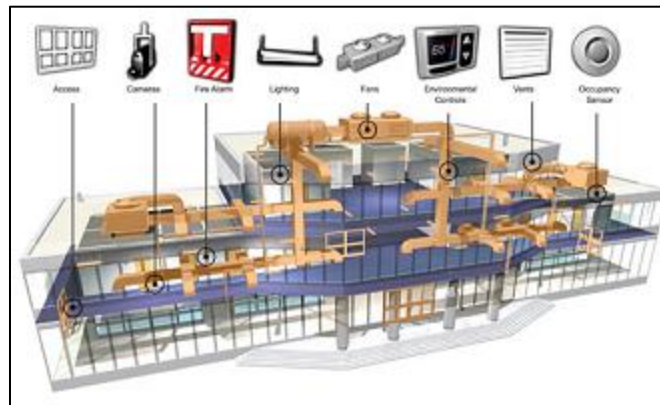


Figura 25 Pasarelas en cada sistema electrónico [<sup>29</sup>]

### 2.6.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PASARELA.

Es un dispositivo de conversión de protocolo y medio de acceso en diferentes tipos de redes, además este tipo de equipos permiten asegurar que los datos de una red sean compatibles con los de otra red sin que los sistemas pierdan información en sus funciones ya establecidas. Por otra parte permite la integración a redes que se encuentran diseñadas con otro tipo de

---

<sup>29</sup> Imagen tomada de (bosch)

arquitecturas estableciendo comunicación con los dispositivos de un tipo de red hacia otro tipo de red, las siguientes son características que define el trabajo de un Gateway. [<sup>30</sup>]

- Terminación física de los accesos.
- Adaptación de protocolos a todos los niveles.
- Gestión de las redes internas y remotas.
- Gestión de dispositivos internos.
- Gestión de servicios internos.
- Controles de flujos para privacidad.

### **2.6.3 TIPOS DE PASARELA.**

Gateway asíncrono: Están diseñados para una infraestructura en el cual el manejo y el transporte de la información es específico, este tipo de parcelas es usado para el acceso de usuarios a servidores, su método de comunicación y acceso es mediante líneas telefónicas conmutadas o punto a punto.

Gateway SNA: actúa como terminales tiene la capacidad de transferir ficheros o listados de impresión además establece métodos de comunicación hacia servidores con arquitectura de comunicaciones SNA (System Network Architecture, Arquitectura de Sistemas de Red).

Gateway TCP/IP: Funciona como interfaz de cliente tiene la capacidad de entregar servicios de aplicación relacionados con los estándares TCP/IP, además tiene la capacidad de establecer comunicaciones vía WAN.

---

<sup>30</sup> Información interpretada de (Quilon, 2015)

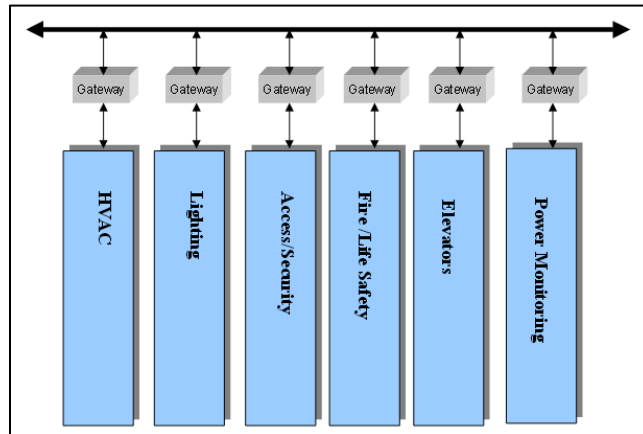


Figura 26 Pasarelas en cada sistema electrónico <sup>[31]</sup>

#### 2.6.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USO DE GATEWAY.

Ventajas:

- Reducción en tiempos de integración.
- Intercambio de información entre protocolos.
- No requiere de reubicación de equipos en nuevos espacios.
- Son multiprotocolo.
- Diversos fabricantes

Las pasarelas permiten la posibilidad de poder conectarse a cualquier protocolo y así poder realizar soluciones en el menor tiempo facilitando la integración de sistemas cuando se encuentra en instalaciones en las que la ingeniería ha seleccionado productos que no hablan el mismo protocolo.

---

<sup>31</sup> Imagen tomada de (Quilon, 2015)

- Lonworks
- BacNet
- KNX
- ModBus
- MBus
- SNMP
- XML
- TCP/IP

Desventajas:

- Costo elevado en el mercado según el fabricante.
- Un Gateway puede ser un cuello de botella potencial si la red no está optimizada para reducir esta posibilidad.
- Complejidad de disponibilidad inmediata en el mercado.

## **2.7 MÉTODOS DE MONITOREO Y CONTROL**

Al realizar la integración de servicios y sistemas es muy importante definir los métodos que permitirán realizar el monitoreo y control de los eventos que son observados en la representación virtual del procesos ligado a un servicio urbano, los método más comunes de monitoreo usado en la integración de sistemas es a nivel de software

Servidores OPC: permiten tomar datos de cada uno de los paneles remotos que conforman el sistema diseñado para un servicio ya que al ser definido en la capa 7 del modelo OSI es el más alto nivel en el cual las comunicaciones convergen, al ser independiente del protocolo que manejan los equipos a nivel de campo permiten realizar toma de datos entre aplicaciones en tiempo real, requiere de un HMI.

Servidores WEB: permiten tomar datos de cada uno de los paneles de manera remota y local, estos datos son en tiempo real y actúan sobre un evento directo en los dispositivos de campo, no requiere de un HMI ya que posee su propio entorno gráfico, puede ser integrado a una plataforma más robusta usando las variables de red que maneja el sistema.

Paneles de Monitoreo y Control Local: Todos los sistemas poseen un tablero de control específico que permite separar el bus de comunicación de campo del de administración, en estos tableros se considera el uso de paneles gráficos que incorporan sistemas operativos los cuales permiten cargar aplicaciones graficas que mantienen alertado al operador. La ventaja de este tipo de paneles gráficos incluyen servidores OPC y WEB, vale mencionar que en esto paneles existen el uso de parcelas de comunicación.

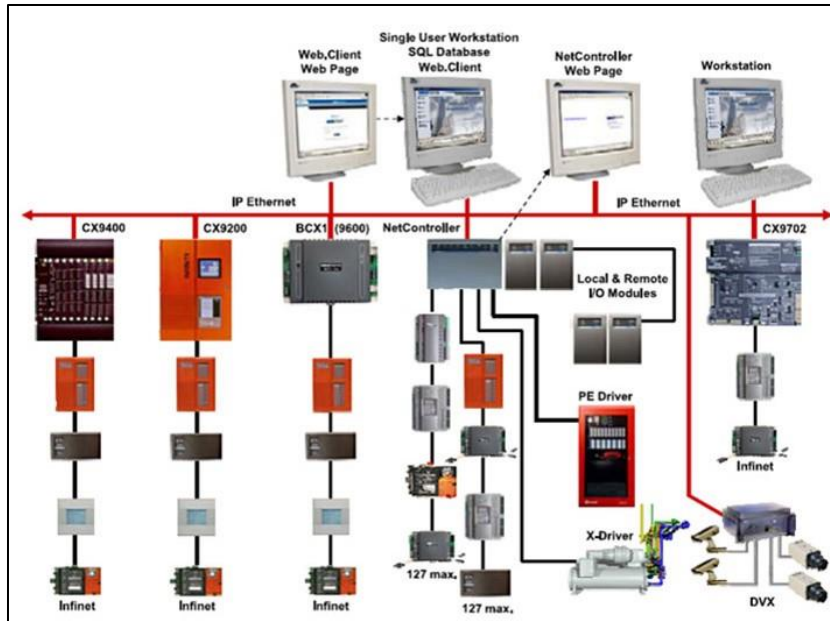


Figura 27 Métodos de Monitoreo y Control [32]

SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) Los sistemas SCADA utilizan las tecnologías de la comunicación para adquirir información de los procesos automatizados y mediante técnicas de visualización tener el monitoreo como también el control de los eventos que se generen en los procesos automatizados, en la actualidad los SCADAS son aplicados a la automatización de hogares, edificios y ciudades permitiendo tener un control de cada uno de los sistemas y servicios mediante las comunicantes, en la siguiente figura se observa la manera más simple de arquitectura de un SCADA

$$\text{Hardware} + \text{Software} + \text{Comunicación} = \text{Sistema S.C.A.D.A}$$

Figura 28 Arquitectura de un SCADA

<sup>32</sup> Imagen tomada de (bosch)

Para la implementación de un sistema SCADA, se requiere de varios aspectos que son considerados en el plan macro del diseño pero los principales son:

Variables de entrada: Se encuentran definidas en los componentes, elementos que permitirán dar como permisivos de activación al proceso

Variables de salida: Son considerados como los elementos a los que realizarán una acción en el proceso activación de luminarias, motores, válvulas, etc.

Proceso de control: Define cual es el requerimiento de automatización que tiene el proceso, por ejemplo a una hora específica del día activar las bombas de riego de un parque, con medición de cantidad de líquido, etc.

Medio de comunicación: Siendo uno de los más importantes ya que define protocolos de comunicación por ejemplo MODBUS, ETHERNET, LON, BACNET, KNX, como también medios de conexión por ejemplo Cobre, Fibra Óptica, Wi-fi entre otros.

Presentación de la información: Se realiza mediante la representación gráfica de los datos hacia el operador mediante HMI (Human Machine Interface) este es un interfaz entre el usuario y el proceso a nivel administrativo. permite importar y exportar la información adquirida esta información mediante un control estadístico permiten realizar una gestión de la producción que determinan una correcta gestión administrativa como también financiera, una característica del HMI es Alertar al operador de cambios detectados en la planta esto se lleva a cabo mediante las alertas gráficas y audibles que pueden ser programadas al momento de diseñar la

representación gráfica del proceso, mediante un control estadístico se puede realizar mantenimientos preventivo y correctivos del sistema. [33]

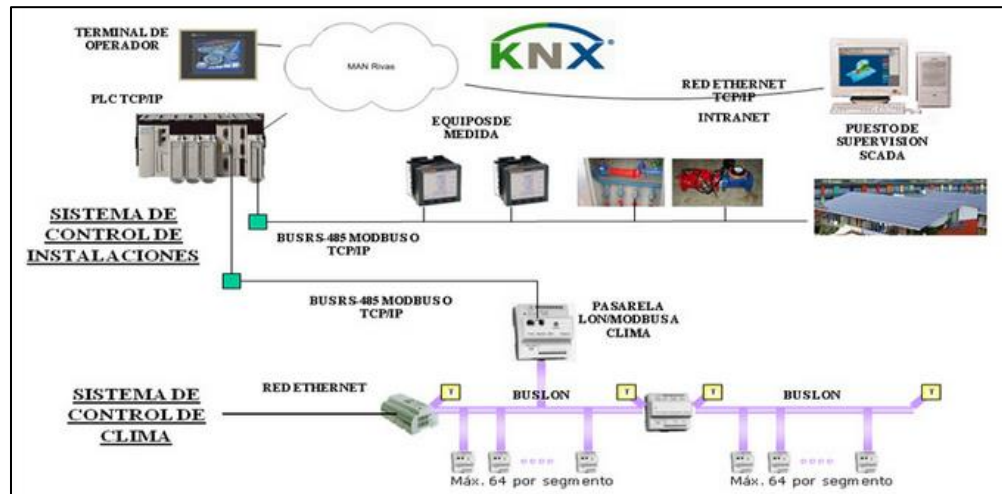


Figura 29 SCADA aplicado a la Urbótica [34]

## 2.8 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Los estándares KNX, Lonworks, BACNet, manejan el envío de mensajes de control por la red formada a través de un bus de comunicaciones de 4 hilos en el cual la alimentación de los equipos miembros de la red es realizada por el mismo bus, esto quiere decir que la infraestructura formada, puede ser usada por diferentes tipos de protocolos, con sus respectivos equipos de integración apropiado, cada protocolo tiene una área específica de implementación, pero pueden ser interoperable con el uso de parcelas o Gateway de comunicaron, estas permitirán

---

<sup>33</sup> (Hernán, 2012)

<sup>34</sup> Información interpretada de (Quilon, 2015)

el envío de mensajes entre protocolos sin depender del medio físico de comunicación que se encuentre en la red.

La determinación del protocolo en una implementación permitirá que el diseño tenga como resultado el menor de los errores al momento de equiparlo, ya que si no es definido desde un inicio existirá complejidad en la integración, la implementación de un SCADA permite el monitoreo remoto de cada una los procesos automatizados, esto se lleva a cabo gracias a la variedad de opciones que permite realizar la creación de un SCADA como son:

- Análisis, informes y detección de alarmas de calidad de energía
- Dimensionamiento de la capacidad
- Optimización de los equipos e infraestructura
- Mantenimiento preventivo de los equipos e infraestructura
- Maximización de la eficiencia de los procesos
- Control de los procesos para uso energético
- Determinación de los horarios óptimos de funcionamiento de los sistemas.

## **CAPÍTULO 3: ANALISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS**

### **3.1 RESUMEN**

El tercer capítulo contiene un estudio comparativo sobre los estándares usados para la integración de sistemas y servicios que llevan a la formación de una ciudad inteligente, esta comparación permite diferenciar cual es el campo específico de aplicación de cada uno de los estándares, el resultado obtenido es una recomendación para futuras aplicaciones, además de realizar un estudio comparativo este capítulo se caracteriza por la definición que presenta sobre la forma de realizar integración de sistemas, como la red de dispositivos puede escalar sin requerir de mayores recursos.

### **3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS (KNX, LONWORKS, BACNET)**

Para el análisis comparativo entre protocolos se ha considerado características como la interoperabilidad, accesos al medio, velocidad de transmisión, como también el campo específico y general de aplicación.

Para la siguiente comparación se toma en cuenta la información específica de cada uno de los protocolos, la selección del estándar es la columna vertebral de los sistemas de comunicantes y si no es definido con jerarquía la red se vuelve compleja y extensa además de considerar equipos que pueden convertir al sistema en no óptimo, en el siguiente cuadro se observan las características que cumple cada uno de los estándares definiéndolos como los más robustos para la integración de sistemas de control para una ciudad inteligente.

**Tabla 3 Comparación de Protocolos a nivel de Uso**

Facilidad de Uso	LonWorks®	BACnet®	KnX®
Una única herramienta para acceder a cualquier equipo de vendedores	x	x	x
Capacidad para ver y configurar los dispositivos	x	x	x
Red de herramientas de diagnóstico	x	x	x
Este protocolo sólo	x	x	x
Distribuidores independientes con múltiples proveedores	x	x	x
Muchas compañías producen dispositivos independientes	x	x	x

Para muchos el término “libre” tiene como significado o relación con gratis, la realidad del término libre es de acceso al código fuente con el fin de poder realizar modificaciones que permitan tener un elemento final de calidad o modificaciones que permitan generar un producto propietario. En la elaboración de un código abierto intrínsecamente se encuentra el uso de estándares que permiten la creación del código, se puede citar el caso de MODBUS que es un estándar de uso industrial usado para la integración de dispositivos de campo como son sensores, actuadores equipos de monitoreo remoto, el acceso al código es libre pero su comercialización no ya que un equipo para poder integrarse a la red con el mismo protocolo debe realizar una serie de pruebas y costos que al finalizar determinan si el equipo cumple o no con las especificaciones establecidas por el o los protocolos que son utilizados por el equipo. [35]

---

<sup>35</sup> Información interpretada de (ABAX, 2012)

El siguiente cuadro tiene como función mostrar cuales son las ventajas de cada uno de los protocolos a nivel de acceso a la información, vale mencionar que estos protocolos son abiertos, pero no de fácil acceso ya que se debe pagar para hacer uso del protocolo.

**Tabla 4 Comparación de protocolos a nivel de norma**

Características de la Norma	LonWorks®	BACnet®	KnX®
Abierto	x	x	x
Estándar	ANSI/EIA 709.1	ANSI/ISO 16484-5	EN50090/ISO/IEC 14543
Interoperable	x	x	x
Mensaje	Variable de Red	Objeto en la red	Telegrama en la red
Nivel de complejidad	baja	baja	baja
Asociación	LonMark / LonUsers	BMA /GRANDE	KnX / EIB
Normas	(F , UK , D , DK, FI, IT , NL , CH , Po , Es, Estados Unidos, Sg, Chi )	(Nor Am , Eu )	(Nor Am , Eu )
Validación	LonMark	BTL	KnX.ORG

Según las características técnicas y específicas del campo de aplicación en el cual es sometido los equipos de integración se podrá definir sus ventajas y desventajas, como se habló en el capítulo dos sobre los protocolos LONWORKS, KNX, BACNET, cada uno de sus dispositivos son interoperables, esto quiere decir que entre protocolos pueden comunicarse y entender el significado del mensaje que envía por el bus de comunicación, así mismo al tener la

capacidad de ser interoperable la facilidad de acceder al medio es la misma, en la siguiente tabla se menciona los medios para el cual son diseñados los equipos:

**Tabla 5 Comparación de protocolos a nivel de acceso al medio**

Acceso al medio	LonWorks®	BACnet®	KnX®
Tipo Bus	x	x	x
Uso de Gateway	x	x	x
Servidor OPC	x	x	x
Redes de Datos	PL-20		KNX-PL
			KNX (RF)
	Lontalk Bacnet	BACnet Lontalk	
	TP/RS-485-39		
		BACnet Point-to-Point	
	IP-852	BACnet / Ethernet	KNX IP
		BACnet / IP	
	TP/FT-10	BACnet MS / TP	KNX-TP
	TP/XF-1250		
		BACnet / ARCNET	

Una de las características fundamentales y que define al seleccionar el equipo es el tiempo de adquisición, como el costo y el tipo de operador que debe realizar la instalación, en gran parte de las construcciones mientras menos sea el costo, se da más preferencias a ciertos equipos provenientes de países que los fabrican por lotes sin cumplir con las especificaciones técnicas requeridas por los mismos siendo así una complicación al momento de realizar la configuración como integración de nuevos equipos,

**Tabla 6 Comparación de protocolos a nivel de costos**

Costo	LonWorks®	BACnet®	KnX®
Elevado	x	x	x
Fácil acceso de producto	x	x	x
Calificación bajo Certificación	x	x	x

### **3.3 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

Después del análisis comparativo de cada uno de los estándares propuestos en este estudio que permiten realizar, domótica, Inmótica y Urbótica se puede concluir que los protocolos BacNet, Lonworks, KnX son completamente integrables entre si y que además de realizar una integración e intervenir en campos de automatización similares tienen campos específicos al cual su desempeño es de mejor calidad, la interoperabilidad de cada uno de los estándares se encuentra definido en las siguientes áreas:

- HVAC
- Seguridad
- Incendios
- Alumbrado
- Medición

Se considera que los elementos que forman parte para la comunicación de los sistemas que integran una ciudad inteligente deben tener la capacidad de poder crecer sin requerir de otros elementos adicionales, además de ser capaz de integrar entre protocolos, poseer la capacidad de manejar su propio controlador dentro del equipo y que este sea autónomo en el caso de fallar su comunicación permitiendo el trabajo continuo del sistema.

El campo de aplicación será limitado por el equipo que se requiera usar, permitiendo tener un control local de cada sistema según su aplicación, para este tipo de integración el protocolo usado en el diseño será un medio de comunicación entre dispositivos.

Según el método de monitoreo la complejidad de la integración de los sistemas es más elevada ya que dependerá mucho de las capacidad de variables que pueden ser manejadas por el software de integración.

El costo elevado de los equipos es resultado de los incrementos en impuestos y aranceles incluidos en los equipos, además de la falta de investigación sobre el campo de aplicación que determinarían los aranceles aplicables al producto reduciendo el costo del mismo.

Para la implementación como intercomunicación de los equipos se recomienda dimensionarlos según su campo de aplicación, los campos específicos de cada uno de los estándares se encuentran definidos en la siguiente figura.

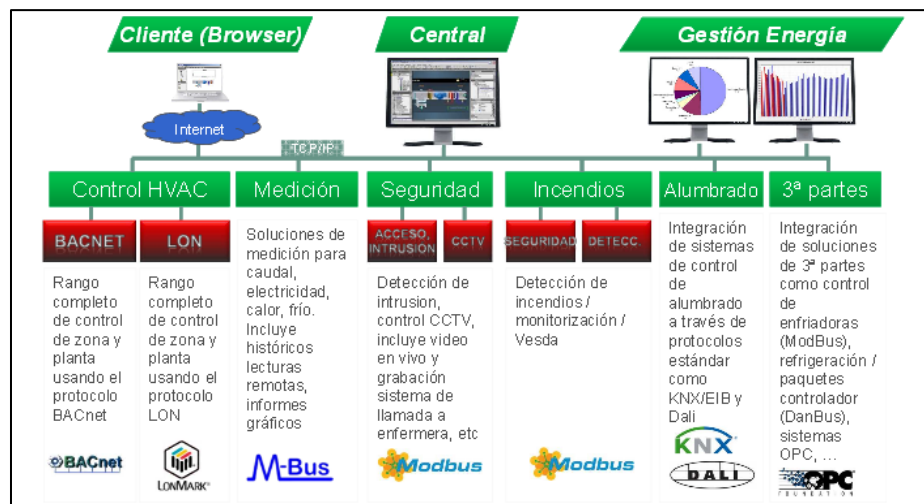


Figura 30 Campos de Automatización [36]

<sup>36</sup> Cuadro de integración tomado de (Carnero, 2014)



## **CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO**

### **1 RESUMEN**

El presente capítulo contiene una propuesta sobre los sistemas y servicios que pueden formar a una ciudad inteligente, esta propuesta se basa en función a los sistemas integrados existentes de una ciudad, y como sin requerir de nueva infraestructura la tecnología que Urbótica presenta puede transformar una infraestructura existente y mejorar la administración de la misma, para esta propuesta se toma como referencia la existencia de servicios como ILUMINACIÓN DE EXTERIORES, MEDICIÓN DE AGUA Y ENERGÍA, SEMAFORIZACIÓN, SEGURIDAD Y VIDEO SEGURIDAD CIUDADANA, además parte de la propuesta es el planteamiento del modelo de integración que deberían tener los sistemas utilizando los protocolos base de esta investigación aplicados a campos específicos de la ciudad.

### **2 INTRODUCCIÓN**

Después de realizar la investigación e identificación de cada uno de los estándares que forman parte para la implementación de una ciudad inteligente, la siguiente propuesta permite tener una idea sobre el o los protocolos que pueden ser considerados para la conversión de una ciudad, como los sistemas que estos pueden integrar mediante las redes de comunicaciones pueden mejorar los servicios.

La propuesta tiene como objetivo integrar a una red inteligente los servicios básicos de una ciudad como son, iluminación exterior, seguridad, consumo de agua y energía, después de desarrollar el análisis comparativo de los protocolos el sistema de video seguridad ciudadana no es aplicables para la integración con los protocolos investigados pero se puede realizar un

manejo de la información mediante API que serán detallados en el sistema, la infraestructura de comunicación mediante fibra óptica, conectividad inalámbrica o red cableada en la ciudad puede ser utilizada para la transmisión de la información, ya que no existe la dependencia de ningún protocolo de comunicaciones y los equipos pueden adaptarse al medio de transmisión existente, siendo así la infraestructura física de comunicaciones que provee la ciudad la que permita que los elementos a considerar en la red de controladores se comuniquen con las estaciones de monitoreo.

### 3 PROPUESTA DE DISEÑO PARA UNA PEQUEÑA CIUDAD INTELIGENTE

Esta propuesta se basa en distribuir diferentes equipos que permiten formar una red de comunicaciones que envíen información de cada uno de los sistemas que se encuentran conectados a los servicios básicos de una ciudad, hacia la estación principal de monitoreo y control, vale mencionar que la propuesta pretende hacer uso de la infraestructura existente ya que la característica fundamental de los equipos a proponer es poder acoplarse a las construcciones ya realizadas sin requerir de costos adicionales de infraestructura.

El costo para la implementación de los equipos que se mencionaran en la propuesta se los detalla en resumen general en la siguiente tabla.

**Tabla 7 Monto requerido para la implementación**

<b>DETALLE</b>	<b>COSTO</b>
Sistema de iluminación	\$ 410950.00
Sistema de medición de energía y agua	\$ 335600.00
Sistema de semaforización	\$ 242650.00
Sistema de seguridad y video seguridad	\$1000050.00
<b>Sub Total</b>	<b>\$1989250,00</b>

Como se mencionara en cada sistema el monto está considerado solo en equipos y mano de obra relacionada a los equipos que forman parte de los sistemas en el caso de requerir infraestructura física como departamentos de monitoreo en donde se requiera de otros sistemas como son, obra civil, diseño arquitectónico, Energía, Energía regulada, sistemas de detección de incendios, cableado estructurado, aire acondicionado entre otros. Los costos de cada uno deberán ser considerados al monto calculado requerido en esta propuesta.

Antes de iniciar con la propuesta de diseño se detalla ciertos equipos que son usados en común por los sistemas propuestos, con el objetivo de identificar que es cada uno y para qué sirven en la propuesta, los equipos que sean específicos se detallara en cada sistema.

#### **4.3.1 COMPONENTES GENERALES.**

##### ***ACOPLADOR DE FASES.***

El acoplador de fase permitirá decodificar la información transmitida por la red de alimentación, esta información es entendida en los protocolos Lonworks, bacnet, KnX, y será enviada al controlador de segmento.

##### ***CONTROLADOR DE SEGMENTO.***

Prueba, administra y controla las conexiones inalámbricas y redes de líneas de alimentación. Todas las comunicaciones - redes de área amplia (GPRS, GSM y redes IP) y controles de luz (ISO 14908 e IEEE 802.15.4) se basan en el estándar abierto, y se conecta a dispositivos de control de aplicaciones basadas en IP, como el, sistemas de gestión de luz de la calle y de alto valor aplicaciones de gestión de activos remotos.

El servidor no sólo le permite acceder, controlar y supervisar los dispositivos electrónicos, sino también le permite utilizar los datos de forma inteligente para ahorrar energía, mejorar las operaciones y mantenimiento local y remoto, una de las características de realizar un seccionamiento de la red mediante un controlador de segmento, se implementa en un segundo plano un servidor independiente pero integrarlo con el sistema de control esto significa que cada sector o controlador de segmento tiene su propio sistema de administración que puede ser manejado integro a la red inteligente o localmente.

### ***ROUTER DE BORDE.***

La función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, este equipo es utilizado para la integración de los transmisores inalámbricos que se encuentran distribuidos en lugares donde la infraestructura de comunicaciones no posee una red física. La ventaja del router de borde permite direccionar la información adquirida por los controladores hacia el controlador de segmento.

### **4.3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.**

Control de iluminación para cada una de las luminarias existentes en cada poste, esto se lleva cabo mediante controladores ubicados en cada uno de los postes que permiten tener un control y monitoreo de presencia de autos y personas en la vía activando de menor a mayor la luminosidad, en el caso de no existir automóviles y personas en las vías el sistema permite disminuir el consumo de energía como también reducir la cantidad de iluminación en las vías.

La reducción de la iluminación no afectara la visualización de la vía, lo único que se realizara es disminuir el consumo eléctrico al momento de no existir demanda energética en horas no pico.

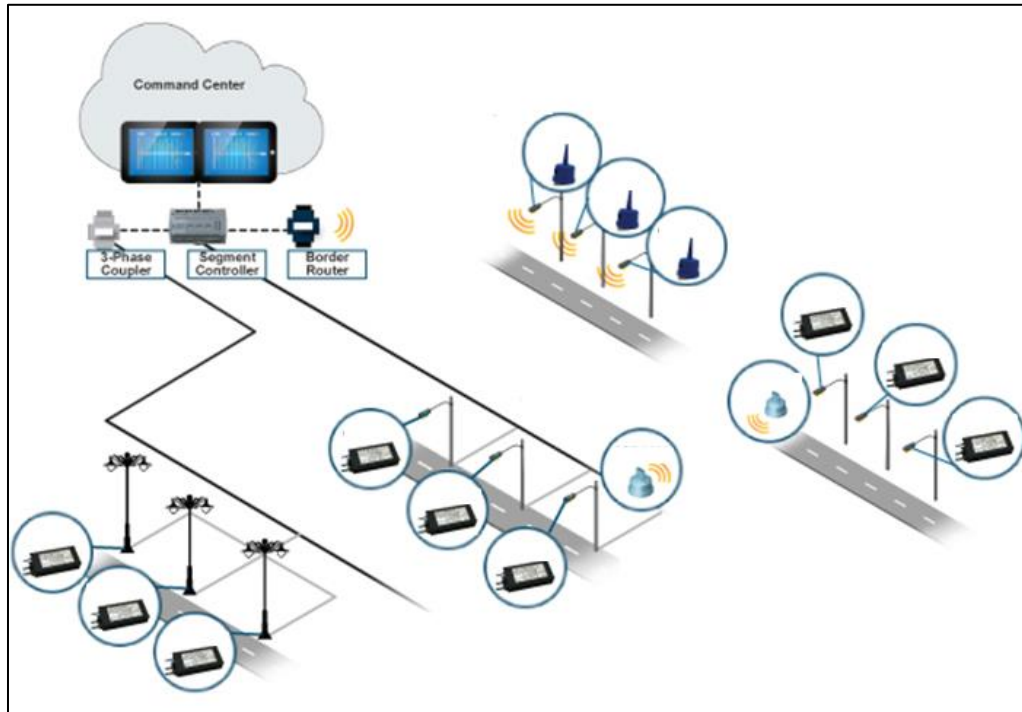


Figura 31 Propuesta de iluminación exterior [<sup>37</sup>]

La siguientes tablas contiene información sobre la propuesta de automatización para una vía de 200 luminarias, el control de cada luminaria se la puede realizar de tres formas, una de ellas es mediante la red de alimentación con equipos PL Power Line, la segunda es mediante un equipo RF que permita el control y manejo de la información con equipos PL, y la tercera es realizar el control del sistema mediante equipos PL/RF integrados, vale mencionar que las tres propuestas siempre requerirán de un control de segmento, ya que es el que maneja cada una de las variables de los equipos y permite la integración hacia la red inteligente de la ciudad

---

<sup>37</sup> Imagen tomada de (Echelon)

**Tabla 8 Resumen de equipos para propuesta de control de iluminación exterior**

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON	LON/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Acoplador de fases	LON	LON/220v	1	115Kbps y 132Kbps
Nodo controlador PL	LON	LON /220v	200	115Kbps y 132Kbps

**Tabla 9 Resumen de equipos para propuesta de control de iluminación exterior inalámbrica**

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON	LON/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Router de Borde	LON	LON/ETH	250	2,4GHz
Nodo controlador (RF)	LON	RF/LON	200	2,4GHz
Nodo controlador PL	LON	LON /220v	200	115Kbps y 132Kbps

**Tabla 10 Resumen de equipos para propuesta de control de iluminación exterior inalámbrica**

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON	LON/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Router de Borde	LON	LON/ETH	250	2,4GHz
Nodo controlador PL (RF)	LON	PL/RF/LON	250	2,4GHz

### ***CÁLCULO ESTIMADO DE ANCHO DE BANDA.***

El cálculo de ancho de banda para el sistema es considerado en función a la velocidad de envío que permite el protocolo y el número de paquetes que los puede realizar por segundo, para este cálculo se considera la información de la tabla 9 ya que es una propuesta de menor tiempo de implementación, tomando en cuenta el tamaño del paquete y la velocidad el consumo de ancho de banda es mínimo para el equipo transmisor, el cálculo se lo puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 11 Calculo ancho de banda Iluminación**

P(Bits)	FSP	# Equipos	AB MB
464	168	200	14.87

Dónde:

- P: tamaño del paquete(mensaje)
- FPS: número de paquetes por segundo
- # Equipos: número de equipos
- AB: ancho de banda en MBits.

Para una equipo de control de segmento con mensajes de 0.464 Kbit se considera un ancho de banda de 0.015 MB, tomando en cuenta que son 168 mensajes enviados por segundo, en el caso de incrementar más equipos a la red inteligente se debe de tomar en cuenta el ancho de banda a considerar por los equipos a incrementar.

#### ***PRESUPUESTO ESTIMADO.***

El siguiente presupuesto permite visualizar el monto que llevaría la implementación del sistema solo con el número máximo de equipos que permite un controlador de segmento, que son un numero de 200 dispositivos de control de iluminación, el presupuesto estimado solo hace referencia a equipos y mano de obra referente al montaje y configuración del sistema, para el sistema de control de iluminación se toma como referencia la implementación de la tabla 9 ya que es un sistema de menor tiempo de implementación, no se ve afectado por la red inalámbrica y como elemento que define el trabajo de cada luminaria se encuentra un router de borde para direccionameinto de los mensajes permitiendo tener una sectorización de cada equipo.

**Tabla 12 Presupuesto referencial Sistema de Iluminación**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>NETWORKING</b>			
Switch 48 puertos poe L2 10/100/1000/10000	1	3800	\$ 3800
Módulo spf(+)	2	1600	\$ 3200
Estación de trabajo para monitoreo	4	3500	\$ 14000
Pantalla tipo wall mount 4 x 2 m	1	25000	\$ 25000
Software de monitoreo	1	35000	\$ 35000
Configuración y puesta en marcha del sistema de iluminación	1	32500	\$ 32500
Controlador de segmento	1	3200	\$ 3200
Acoplador de fase	1	550	\$ 550
<b>EXTERIORES</b>			
Tablero 50x 70x 35 NEMA 4X de integración de equipos hacia la red inteligente	1	1200	\$ 1200
Router de Borde	1	2500	\$ 2500
Nodo controlador (RF)	200	650	\$ 130000
Nodo controlador PL	200	520	\$ 104000
Montaje de equipos en postes de iluminación	200	280	\$ 56000
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>\$ 410950</b>

### **4.3.3 SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA**

Mediante estaciones remotas ubicadas en domicilio se conectan equipos que permiten transmitir mediante RF o Fisco, información sobre el consumo de agua y energía, la información es enviada mediante la red de acceso domestica a través de cable o fibra según el servicio del usuario hacia controladores de segmento, permitiendo sectorizar la toma de información. Para la funcionalidad correcta de este sistema el hogar deberá tener acceso al internet, permitiendo integrar la red del hogar a la red inteligente de la ciudad, los controladores para el monitoreo del consumo de agua y energía estarán constantemente enviando información que permitirán mantener el control y monitoreo de los recursos usados, esta información llegara a las entidades

encargadas, la cual deberá ser procesada para la respectiva documentación y facturación del servicio, además de ser enviadas mediante mensajes a correos electrónicos o móviles, optimizando la administración.

### ***COMPONENTES.***

#### ***NODO DE MEDICIÓN DE AGUA, ENERGÍA.***

Es el equipo que permite conectar cada uno de los elementos que forman parte de la funcionalidad del hogar y oficina la función del nodo de medición es tomar la información del consumo de las áreas asignadas estos pueden ser línea blanca, iluminación, tomas eléctricas, esta información es procesada y transmitida por el nodo de medición hacia la red inteligente y enviada hacia el controlador de segmento en donde se sectorizan las áreas de monitoreo.

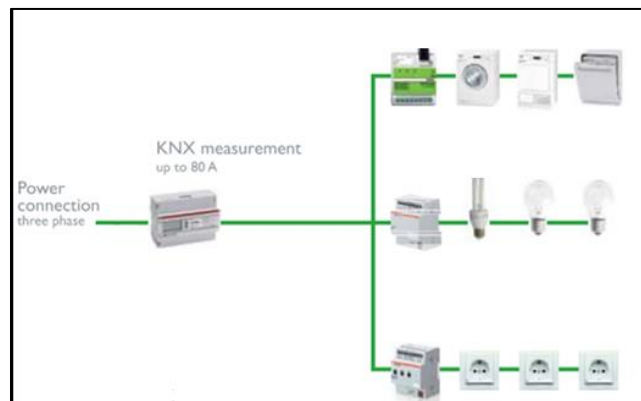


Figura 32 propuesta de medición de agua y energía [<sup>38</sup>]

La siguiente tabla contiene los elementos que forman parte de la propuesta para la medición de energía y agua, permitiendo enviar la información al controlador de segmento, como se habló cada controlador de segmento tiene una capacidad amplia de variables que le

---

<sup>38</sup> Imagen tomada de (KNX)

permite integrar un gran número de componentes hacia la red inteligente de la ciudad, se recomienda tomar en cuenta cuantos equipos del mismo proceso se pueden conectar a una controladora de segmento.

**Tabla 13 Resumen de equipos para propuesta de medición de Energía y Agua**

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON,KNX	LON,KNX/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Acoplador de fases	LON,KNX	LON,KNX/120-220v	1	115Kbps y 132Kbps
Nodo de Medición de consumo Agua	LON,KNX	LON,KNX/120-220v	1	115Kbps y 132Kbps
Nodo de Medición de consumo línea Blanca	LON,KNX	BUS, KNX,LON	200	115Kbps y 132Kbps
Nodo de Medición de consumo Iluminación	LON,KNX	BUS, KNX,LON	250	115Kbps y 132Kbps
Nodo de Medición consumo tomas Eléctricas.	LON,KNX	BUS, KNX,LON	250	115Kbps y 132Kbps

### ***CÁLCULO ESTIMADO DE ANCHO DE BANDA.***

El cálculo de ancho de banda para el sistema es considerado en función a la velocidad de envío que permite el protocolo y el número de paquetes que los puede realizar por segundo, tomando en cuenta el tamaño del paquete y la velocidad el consumo de ancho de banda es mínimo par equipo transmisor, el cálculo se lo puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 14 Calculo ancho de banda de medición y energía**

P(Bits)	FSP	# Equipos	AB MB
464	168	200	14.87

Dónde:

- P: tamaño del paquete(mensaje)
- FPS: número de paquetes por segundo
- # Equipos: número de equipos
- AB: ancho de banda en MBits.

Para una equipo de control de segmento con mensajes de 0.464 Kbit se considera un ancho de banda de 0.015 MB tomando en cuenta que sean 200 mensajes por segundo el que envíe el equipo, en el caso de incrementar más equipos a la red inteligente se debe de tomar en cuenta el ancho de banda a considerar por los equipos a incrementar.

#### ***PRESUPUESTO ESTIMADO.***

El siguiente presupuesto permite visualizar el monto que llevaría la implementación del sistema solo con el número máximo de equipos que permite un controlador de segmento, que son un numero de 200 medidores, el presupuesto estimado solo hace referencia a equipos y mano de obra referente al montaje y configuración del sistema, para áreas donde intervengan construcción civil, cableado estructurado entre otros sistemas se deberá adjuntar al presupuesto referencial indicado.

**Tabla 15 Presupuesto referencial medición Energía y Agua**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>NETWORKING</b>			
Switch 48 puertos poe L2 10/100/1000/10000	1	3800	\$ 3800
Módulo spf(+)	2	1600	\$ 3200
Estación de trabajo para monitoreo	8	3500	\$ 28000
Pantalla tipo wall mount 6 x 4 m	1	32500	\$ 32500
Software de monitoreo	1	35700	\$ 35700
Configuración y puesta en marcha del sistema de medición y consumo	1	22500	\$ 22500
Controlador de segmento	2	3200	\$ 6400
Acoplador de fase	2	550	\$ 1100
<b>EXTERIORES</b>			
Tablero 50x 70x 35 NEMA 4X de integración de equipos hacia la red inteligente	2	1200	\$ 2400
Nodo controlador de medidor de consumo de Energía	50	800	\$ 40000
Nodo controlador de medidor de consumo de Agua	50	640	\$ 32000
Nodo controlador de medidor de consumo de línea blanca	50	720	\$ 36000
Nodo controlador de medidor de consumo de iluminación	50	720	\$ 36000
Montaje de equipos	200	280	\$ 56000
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>\$ 335600</b>

#### **4.3.4 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN**

El sistema de semaforización es uno de los puntos más críticos en la funcionalidad de una ciudad, uno de los factores fundamentales es el tiempo que lleva en transportar una persona desde un origen a un destino comúnmente deja de ser optimo el servicio por el incremento de tráfico, uno de los factores es el crecimiento excesivo de la demanda del parque automotor para el cual el sistema de semaforización debería tener una red escalable de semáforos que permitan tener una comunicación entre si y la base remota, esta propuesta está relacionada con la integración de sensores a la red de semaforización, estos sensores a diferencia de los existentes en las vías y que en muchas ocasiones no agilitan y mejoran el servicio permiten crear una red de

comunicación única entre semáforos, y como parte fundamental la información adquirida sería evaluada permitiendo así cambiar los tiempos de conmutación en una intersección como también sincronizar cada uno de los semáforos que forman parte de las vías generando una misma ruta permitiendo agilizar el tráfico.

### ***COMPONENTES.***

#### ***NODO DE CONTROL CON SALIDAS TIPO RELÉ.***

El equipo permite realizar comandos de control previamente definidos en las variables internas del equipo, la información es procesada y transmitida por el nodo de control hacia la red inteligente la cual es enlazada mediante el controlador de segmento, la información adquirida es evaluada mediante un software que determina que tiempo de conmutación y que vías deben sincronizarse para la reducción de tráfico.

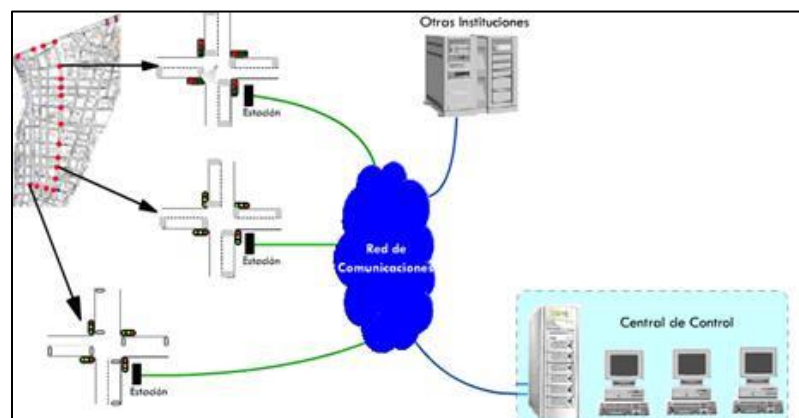


Figura 33 propuesta de automatización de semaforización [<sup>39</sup>]

---

<sup>39</sup> (Molina, 2008)

La siguiente tabla contiene los elementos de control que deben ser incorporados para realizar la comunicación de los semáforos hacia la red inteligente de la ciudad, la integración de los semáforos a la red permitirá tener el control y monitoreo de los lugares que concentran mayor flujo vehicular.

**Tabla 16 Resumen de equipos para propuesta de semaforización**

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON,KNX	LON,KNX/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Acoplador de 3 fases	LON,KNX	LON,KNX/220v	1	115Kbps y 132Kbps
Nodo controlador salida tipo relé	LON,KNX	LON,KNX /220v	200	115Kbps y 132Kbps

### ***CÁLCULO ESTIMADO DE ANCHO DE BANDA.***

El cálculo de ancho de banda para el sistema es considerado en función a la velocidad de envío que permite el protocolo y el número de paquetes que los puede realizar por segundo, tomando en cuenta el tamaño del paquete y la velocidad el consumo de ancho de banda es mínimo par equipo transmisor, el cálculo se lo puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 17 Calculo ancho de banda Semaforización**

P(Bits)	FSP	# Equipos	AB MB
184	300	200	10.52

Dónde:

- P: tamaño del paquete(mensaje)
- FPS: número de paquetes por segundo
- # Equipos: número de equipos
- AB: ancho de banda en MBits.

Para una equipo de control de segmento con mensajes de 0.184 Kbit se considera un ancho de banda de 0.053 MB tomando en cuenta que sean 200 mensajes por segundo el que envíe el equipo, vale acotar que pueden cambiar la cantidad de mensajes por segundo según la velocidad de transmisión del mismo estas pueden llegar a ser hasta 760 mensajes por segundo, en el caso de incrementar más equipos a la red inteligente se debe de tomar en cuenta el ancho de banda a considerar por los equipos a incrementar.

### ***PRESUPUESTO ESTIMADO.***

El siguiente presupuesto permite visualizar el monto que llevaría la implementación del sistema solo con el número máximo de equipos que permite un controlador de segmento, que son un numero de 200 semáforos en una red de circulación vial, el presupuesto estimado solo hace referencia a equipos y mano de obra referente al montaje y configuración del sistema, para áreas donde intervengan construcción civil, cableado estructurado entre otros sistemas se deberá adjuntar al presupuesto referencial indicado.

**Tabla 18 Presupuesto referencial semaforización**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>NETWORKING</b>			
Switch 48 puertos poe L2 10/100/1000/10000	1	3800	\$ 3800
Módulo spf(+)	2	1600	\$ 3200
Estación de trabajo para monitoreo	8	3500	\$ 28000
Pantalla tipo wall mount 6 x 4 m	1	32500	\$ 32500
Software de monitoreo	1	35700	\$ 35700
Configuración y puesta en marcha del sistema de semaforización	1	22500	\$ 22500
Controlador de segmento	1	3200	\$ 3200
Acoplador de fase	1	550	\$ 550
<b>EXTERIORES</b>			
Tablero 50x 70x 35 NEMA 4X de integración de equipos hacia la red inteligente	1	1200	\$ 1200
Nodo controlador de salidas tipo relé	200	480	\$ 96000
Montaje de equipos en semáforos	200	180	\$ 36000
		<b>SUB-TOTAL</b>	<b>\$ 62650</b>

### 4.3.5 SISTEMA SEGURIDAD CIUDADANA

La seguridad es uno de los factores que determinan el bienestar del ciudadano, para poder brindar una seguridad en una ciudad se desarrollan diferentes tipos de sistemas relacionados con la seguridad, uno de estos es la video seguridad la cual permite ubicar cámaras en lugares estratégicos exteriores que mediante un equipo de profesionales se encuentran monitoreando la ciudad y desplazando gente en el caso de requerir estabilizar el orden durante las 24 horas del día, como se manifestó los protocolos estudiados no se ajustan a la cantidad de información que puede enviar en la estructura de mensajes cortos, pero mediante mecanismos de integración y manejo de aplicaciones API, Onvif, Active X o servidores OPC, con este tipo de aplicaciones se puede realizar un manejo de las funciones del sistema como son, movimientos, ampliación, señalización, entre otros. La información adquirida mediante las imágenes enviadas por la red inteligente es almacenada en storage de alta capacidad con una tecnología raid 5 o 6 para su posterior análisis.

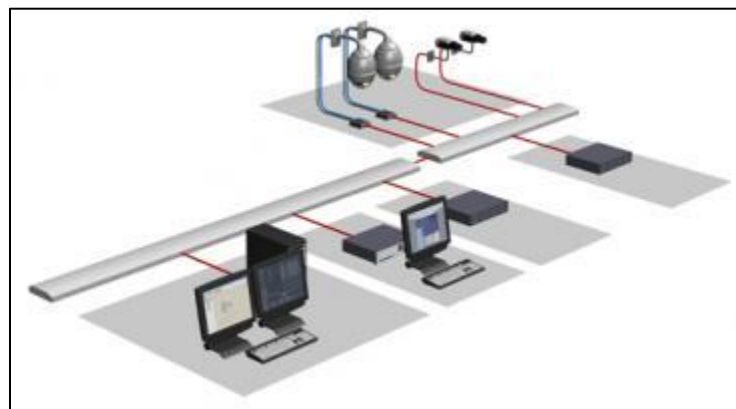


Figura 34 Propuesta de Video Seguridad [<sup>40</sup>]

---

<sup>40</sup> Imagen tomada de (bosch)

Otro de los servicios que se pueden integrar a la red de seguridad es un sistema de monitoreo del hogar y oficinas que en conjunto con los equipos y componentes adecuados se pueden formar parte de la red inteligente de la ciudad e interactuar con el usuario y las entidades encargadas de mantener el orden, mediante equipos de seguridad distribuidos en lugares vulnerables dentro y fuera del hogar como en los edificios, se plantea una red de dispositivos que se encuentran enviando información sobre el estado y funcionamiento de cada uno de ellos, además se realiza una representación virtual de las áreas en la que se encuentra cada uno de los sensores que permitan identificar en qué lugar se genera la intrusión, este sistema tiene la ventaja de estar conectado a la red de comunicaciones del hogar como del edificio permitiendo al usuario estar informado de lo que suceda además de enviar mensajes de alerta a las entidades encargadas del orden.

### ***COMPONENTES.***

#### ***NODO DE SEGURIDAD.***

Es el equipo que permite conectar cada uno de los sensores relacionados con la detección de intrusión y acceso a un área restringida, para esto se utiliza equipos que permitan conectarse en bus como se explica en los componentes de la red, la función principal del nodo es comunicarse con la central de seguridad existente y adquirir la información generada esta información es procesada y transmitida por el nodo de seguridad hacia la red inteligente en el caso de existir un evento de intrusión la entidad encargada de mantener el orden puede acceder al monitoreo local del hogar o edificio, esto se realiza mediante el nodo de seguridad.

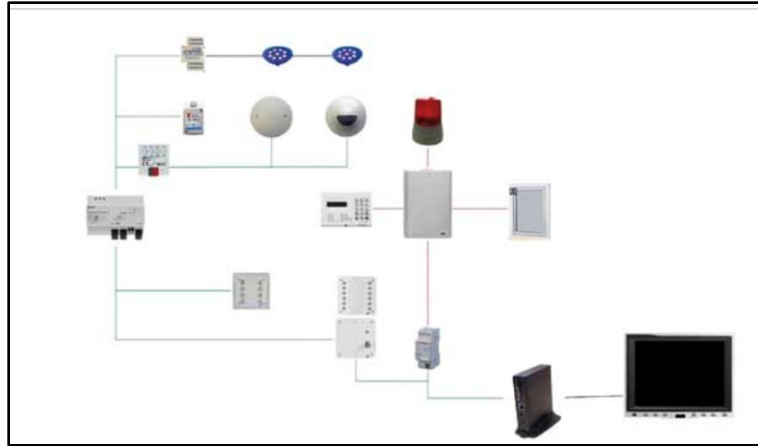


Figura 35 Propuesta de seguridad para hogares y edificios <sup>[41]</sup>

En la siguiente tabla se indican los equipos que forman parte del sistema de seguridad integrado, este sistema es integrable a la red de comunicaciones de la ciudad y puede acceder mediante de la red interna de las viviendas y edificios, permitiendo actuar en el caso de existir alguna intrusión o corrupción del sistema.

Tabla 19 Resumen de equipos para propuesta de seguridad

DETALLE	PROTOCOLO	TIPO DE ACCESO	DIRECCIONES LOGICAS	FRECUENCIA
Controlador de segmento	LON,KNX	LON,KNX/ETH	37768	115Kbps y 132Kbps
Acoplador de fases	LON,KNX	LON,KNX/120-220v	1	115Kbps y 132Kbps
Nodo de seguridad	LON,KNX	BUS, KNX,LON	200	115Kbps y 132Kbps

### ***CÁLCULO ESTIMADO DE ANCHO DE BANDA.***

El cálculo de ancho de banda para el sistema es considerado en función a la velocidad de envío que permite el protocolo y el número de paquetes que los puede realizar por segundo, tomando en cuenta el tamaño del paquete y la velocidad el consumo de ancho de banda es mínimo para el equipo transmisor, pero para el equipo receptor donde se realizaran el

---

<sup>41</sup> Imagen tomada de (KNX)

almacenamiento como el tratado final de las imágenes se requiere de un ancho de banda que sea igual o superior al total requerido en la sumatoria de cada uno de los elementos que forman parte de la red, el cálculo se lo puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 20 Calculo ancho de banda CCTV**

MP	FS(Kb)	FSP	# CAM	AB MB
2.38	7138.368	20	180	200.77

Dónde:

- MP: megapíxeles
- FS: tamaño del paquete
- FPS: número de paquetes por segundo
- #CAM: número de cámaras
- AB: ancho de banda en MBits.

Para una cámara de 2.38 MP se considera un ancho de banda 1,12 MB con compresión H.264 tomando en cuenta que sean 20 cuadros por segundo lo que envíe la cámara ya que este dato puede cambiar hasta un máximo de 30, en el caso de incrementar cámaras al sistema de la red de video seguridad se deberá tomar en cuenta el AB que es usado por una cámara con las características consideradas [<sup>42</sup>].

Para el ancho de banda requerido por un equipo de control como son los usados para la propuesta de seguridad es muy importante tomar en cuenta la cantidad de paquetes que este

---

<sup>42</sup> Cálculo realizado de software IP design tool v7

puede enviar y cuál es la velocidad con la que trabaja, para esto se toma como referencia de las hojas técnicas del equipo los datos a considerar para el cálculo del ancho de banda.

**Tabla 21 Calculo ancho de banda Seguridad**

P(Bits)	FSP	# Equipos	AB MB
184	200	200	7.02

Dónde:

- P: tamaño del paquete(mensaje)
- FPS: número de paquetes por segundo
- # Equipos: número de equipos
- AB: ancho de banda en MBits.

Para una equipo de control de segmento con mensajes de 0.184 Kbit se considera un ancho de banda de 0.035 MB tomando en cuenta que sean 200 mensajes por segundo el que envíe el equipo, vale acotar que pueden cambiar la cantidad de mensajes por segundo según la velocidad de transmisión del mismo estas pueden llegar a ser hasta 760 mensajes por segundo, en el caso de incrementar más equipos a la red inteligente se debe de tomar en cuenta el ancho de banda a considerar por los equipos a incrementar.

***PRESUPUESTO ESTIMADO.***

El siguiente presupuesto permite visualizar el monto que llevaría la implementación del sistema de video seguridad ciudadana como el de seguridad para el sistema de video seguridad se contemplan un numero de 180 cámaras, para el sistema de seguridad el número máximo de equipos que permite un controlador de segmento, que son un numero de 180 asignados a 180 áreas, estas pueden ser entre edificios y hogares, el presupuesto estimado solo hace referencia a

equipos y mano de obra referente al montaje y configuración del sistema, para áreas donde intervengan construcción civil, cableado estructurado entre otros sistemas se deberá adjuntar al presupuesto referencial indicado.

**Tabla 22 Presupuesto referencial CCTV y Seguridad**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>NETWORKING</b>			
Switch 48 puertos poe L2 10/100/1000/10000	2	3800	\$ 7600
Módulo spf(+)	4	1600	\$ 6400
Estación de trabajo para monitoreo	30	3500	\$ 105000
Pantalla tipo wall mount 8 x 6 m	1	55000	\$ 55000
Software de monitoreo CCTV	1	70000	\$ 70000
NVR capacidad 200TB	1	180000	\$ 180000
controlador PTZ	30	780	\$ 23400
Configuración y puesta en marcha del sistema de CCTV	1	42500	\$ 42500
Controlador de segmento	1	3200	\$ 3200
Acoplador de fase	1	550	\$ 550
<b>EXTERIORES</b>			
Cámara para exteriores tipo PTZ	120	3200	\$ 384000
Tablero 50x 70x 35 NEMA 4X de integración de equipos hacia la red inteligente	2	1200	\$ 2400
Nodo de seguridad	180	480	\$ 86400
Montaje de equipos en postes	120	280	\$ 33600
		<b>SUB-TOTAL</b>	<b>\$ 1000050</b>

#### **4.3.6 PROPUESTA DE SISTEMA DE INTEGRACIÓN**

La integración de cada uno de los servicios se los realiza con la infraestructura de comunicaciones existentes de la ciudad no requiere de creación de buses de comunicación específica de cada uno de los servicios implementados, toda la información adquirida debe ser enviada hacia el Data Center que permite administrar la información recibida, para esto se deberá tomar en cuenta el ancho de banda requerido para la recepción como transmisión de las señales de control, este ancho de banda es igual a la sumatoria de los anchos de banda consumida por cada sistema, vale mencionar que el sistema debe ser capaz de poder escalar en el caso de

requerir más ancho de banda en futuras ampliaciones, en la siguiente tabla se realiza la suma de los anchos de banda ocupados por cada uno de los sistemas de la propuesta.

**Tabla 23 Ancho de banda requerido por Data Center**

<b>DETALLE</b>	<b>AB Mb</b>
Sistema de iluminación	14.87
Sistema de medición de energía y agua	14.87
Sistema de semaforización	10.53
Sistema de seguridad y video seguridad	207.79
<b>Total AB (Mb)</b>	<b>248.06</b>

Para la propuesta de infraestructura de comunicaciones se considera hacer uso de la propuesta que se detalla en el siguiente grafico en donde se muestra el esquema de red de un data Center diseñado para una ciudad inteligente la cual es realizada en la investigación por *Rubén Xavier Suquillo Armas* propuesta realizada para la implementación de un infraestructura de comunicaciones para una ciudad inteligente realizada para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

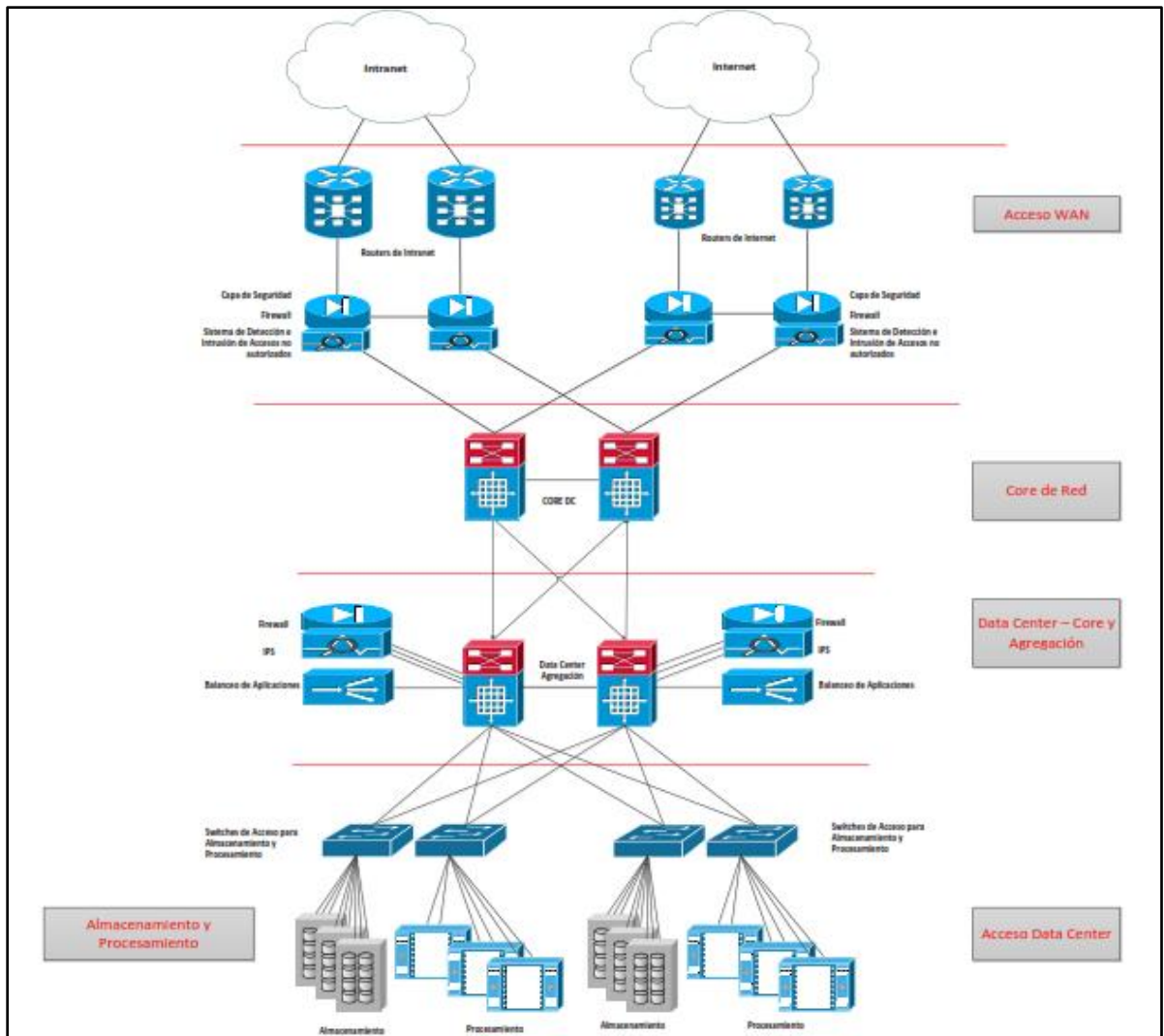


Figura 36 Esquema de red de Data Center [43]

Esta propuesta es tomada como parte de la integración ya que su arquitectura permite que los sistemas propuestos puedan formar parte de la red de sistemas y no ser afectada por la integración de los mismos, se detalla las características de la arquitectura con la integración de los sistemas propuestos.

<sup>43</sup> Información tomada de tesis desarrollada por *Rubén Xavier Suquillo Armas*

## ***CARACTERÍSTICAS DE LA PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA.***

Se considera la propuesta realizada en el estudio ya que mantiene una estructura jerárquica y esto permite que el rendimiento de los equipos al momento de ser integrados no tenga efecto en pérdidas de respuesta, permitiendo que los equipos que formen parte de la red inteligente y que al momento de incrementar más equipos a la red su rendimiento no se vea afectado.

El sistema está diseñado con la capacidad de soportar un alto intercambio de información a nivel de capa dos y tres considerando un backbone de 10GB con el cual podrán transmitir información hacia los tableros de comunicaciones que son considerados en cada sistema propuesto, ya que los enlaces se los puede realizar mediante fibra óptica MM según la propuesta de diseño que serían enlaces dedicados por lo cual no se verían afectados en la transmisión de datos si se considera el tamaño de información requerida por cada sistema.

El sistema presenta seguridad en el flujo de datos ya que el diseño propuesto contiene segmentación en la red mediante VLANs con enlaces de 1Gb hacia los servidores, el almacenamiento de la información se lo realiza mediante un sistema computacional unificado manejado por soluciones de virtualización con canales que soportan un flujo de datos mínimo de 8Gbs, lo que permitiría monitorear cada uno de las aplicaciones implementadas en los sistemas propuestos y el intercambio de información hacia los controladores de segmento no se verían afectados, además de generar VLANs específicas para cada sistema.

#### **4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

Quito es una ciudad que va en vías a ser una ciudad inteligente, tiene que integrar sus servicios a una sola plataforma de monitoreo, manteniendo las plataformas remotas con esta implementación los servicios se vuelven integrados produciendo una mejor administración de cada uno de los servicios que la ciudad brinda hacia sus usuarios.

Para la integración de los sistemas y servicios existentes en una ciudad se debe hacer uso de la infraestructura de comunicaciones existente, es muy común para cada proyecto nuevo se considera nueva infraestructura, encareciendo el diseño y la implementación, el uso de la infraestructura de comunicación existente como un correcto dimensionamiento y selección del equipo permitirá que el diseño y la implementación no sea de costo elevado.

El área de mayor consideración para la investigación como implementación de una ciudad inteligente es la energía eléctrica, que es reflejado en el consumo eléctrico de hogares, edificios e iluminación exterior, además del sistema de agua potable y tránsito que considera como los sistemas más saturadas en una ciudad, estos servicios pueden ser manejados de manera correcta con un mismo equipo de transmisión y recepción ya que manejarían variables puntuales de cada sistema.

Los sistemas se interconectan al Data Center por pacerlas IP, que son conectadas a la red existente cada uno de los sistemas propuestos para los servicios cuentan con equipos que su modo de acceso a la red tiene la opción de conectarse mediante IP, por eso se habla de una red escalable sin requerir de una nueva infraestructura que requiera más costos de implementación.

El ancho de banda considerado en cada uno de los sistemas a proponer dependerá de la cantidad de mensajes que puedan ser enviados por los equipos, vale mencionar que esto también depende del protocolo el cual se encuentre aplicando en la integración del segmento de control hacia la red inteligente de la ciudad.

Para la integración del sistema de video seguridad y los protocolos usados para esta propuesta se los realiza mediante servidores OPC, aplicación API, ONVIF entre otros que mediante la adquisición de las variables que los equipos poseen pueden llegar a manejarse a través de los protocolos mencionados usados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Para el diseño de la infraestructura de comunicaciones que se requiere para la transmisión de datos, debe considerarse el proyecto desde un nivel macro, tomando en cuenta los servicios principales que una ciudad puede automatizar, esto permitirá la selección del protocolo adecuado para realizar la integración de los sistemas.

Cada uno de los equipos considerados para el diseño e implementación de Urbótica al enviar mensajes en la red de comunicaciones no afecta dicha red ya que cada mensaje enviado por los equipos son de tamaño corto, se considera que el máximo de tamaño que puede tener un mensaje es de 1Mb, que son interconectadas a TCP/IP, las demás de las aplicaciones el tamaño es similar al de un mensaje RS485 y RS232.

La propuesta de infraestructura de comunicaciones para una ciudad inteligente a la cual se pueden integrar cualquiera de los protocolos tratados en esta investigación se lo puede considerar como parte de la propuesta realizada en la investigación por *Rubén Xavier Suquillo Armas* propuesta realizada para la implementación de una infraestructura de comunicaciones para una ciudad inteligente realizada para la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

En un proceso de automatización para el monitoreo remoto de las estaciones o paneles de control el método de integración será aquel que defina la calidad del servicio como la respuesta de cada una de las variables a controlar.

## RECOMENDACIONES

Para un diseño de Urbótica, la planificación como el dimensionamiento cumple un rol muy importante para lo cual se debe tomar en cuenta el cumplimiento de normas como la adquisición de equipos normados, que permitan una rápida integración a la red o redes formadas en los diseños.

Se debe motivar a los órganos regulatorios de cada país a implementar normas relacionadas con la construcción e integración de sistemas para la construcción ya que dependerá mucho de las exigencias de los mismos para llevar a cabo una implementación que permita cumplir con los requerimientos básicos para generar una ruta de integración de los servicios de las ciudades.

Al momento de considerar el uso de nuevos medios de acceso, lo primero que debe de realizar el especialista, es verificar si existe un elemento conversor de medio Gateway o Parcela, que permita sin complicación la integración del o los dispositivos a la red, con el fin de evitar gastos excesivos en la creación de nuevas infraestructuras de comunicaciones para la optimización de servicios, vale mencionar que dependerá mucho del protocolo usado en la red de comunicación formada para la automatización.

Los diseños deben ser realizados por un especialista que tenga conocimiento de sistemas de integración como automatización de procesos relacionados a la ciudad, al no contemplar este tipo de requerimiento no se pueda exigir un tipo de producto con el cumplimiento de los estándares si las normas o estatutos constructivos de las entidades locales no realizan cambios y consideran la normativa requerida para los diseños de sistemas autónomos para ciudades.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABAX. (2012). *ABAX ASESORES*. Recuperado el Noviembre de 2015, de ABAX ASESORES:  
<http://abaxasesores.com/codigoabierto>
- Anónimo. (1 de Octubre de 2015). *conceptos de definicion*. Recuperado el Noviembre de 2015,  
de conceptos de definicion: <http://conceptodefinicion.de/urbotica/>
- Aoun, C. (01 de 2013). *Schneider-electric*. Recuperado el 11 de 2015, de Schneider-electric:  
[http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/smart-cities/998-1185469\\_smart-city-cornestone-urban-efficiency\\_CO.pdf](http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/smart-cities/998-1185469_smart-city-cornestone-urban-efficiency_CO.pdf)
- Apazam, I. (25 de Noviembre de 2013). *slideshare*. Recuperado el Enero de 2016, de slideshare:  
<http://es.slideshare.net/luchoapazam1/redes-de-acceso-28606572>
- BacNet. (s.f.). <http://www.bacnet.org/>. Recuperado el 2015 de Diciembre, de  
<http://www.bacnet.org/>: <http://www.bacnet.org/>
- Barberis\_Walter. (2010). *upcommons*. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de upcommons:  
[http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12846/07\\_Barberis\\_Walter.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12846/07_Barberis_Walter.pdf)
- Bayón, R. M. (Agosto de 2007). <http://isa.uniovi.es>. Recuperado el Noviembre de 2015, de  
<http://isa.uniovi.es>:  
[http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/domotica\\_inmotica\\_y\\_hogar\\_digital.pdf](http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/domotica_inmotica_y_hogar_digital.pdf)
- Bolaños, D. M. (Febrero de 2010). *lagranja.ups.edu.ec*. Recuperado el Diciembre de 2015, de  
[/lagranja.ups.edu.ec](http://lagranja.ups.edu.ec):  
<http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/1371462/05Telemedicina.pdf>

Brunete, A. (Octubre de 2008). *http://larumia.blogspot.com*. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://larumia.blogspot.com>: <http://larumia.blogspot.com/2008/10/knx-vs-lon.html>

Carnero, V. (Julio de 2014). *Central line*. Recuperado el Noviembre de 2015, de Central line: [http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/14-07-02\\_Jornada%20sobre%20ahorro%20energ%C3%A1tico%20en%20centros%20docentes/06-SISTEMAS-DE-CONTROL-DE-CLIMATIZACION-HONEYWELL-fenercom-2014](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/14-07-02_Jornada%20sobre%20ahorro%20energ%C3%A1tico%20en%20centros%20docentes/06-SISTEMAS-DE-CONTROL-DE-CLIMATIZACION-HONEYWELL-fenercom-2014)

Complutense, U. (s.f.). *http://www.fdi.ucm.es*. Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://www.fdi.ucm.es>: <http://www.fdi.ucm.es/profesor/jjruiz/web2/temas/EC10.pdf>

Echelon. (s.f.). *Echelon*. Recuperado el Noviembre de 2015, de Echelon: <http://www.echelon.com/>

energia.gob.ec. (2012). *www.energia.gob.ec*. Recuperado el Noviembre de 2015, de [www.energia.gob.ec](http://www.energia.gob.ec): <http://www.energia.gob.ec/ministerio-de-electricidad-continua-impulsando-proyectos-innovadores-para-asegurar-eficiencia-energetica/>

Hernán, D. I. (12 de 12 de 2012). *http://itzamna.bnct.ipn.mx*. Recuperado el 12 de 2015, de <http://itzamna.bnct.ipn.mx>: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/8555/1/89.pdf>

idae. (2014-2020). *http://www.idae.es*. Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://www.idae.es>: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP\\_2014\\_ES-es.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/NEEAP_2014_ES-es.pdf)

ISA. (2016). *ISA*. Recuperado el Enero de 2016, de ISA: <http://www.stadtbauatelier.de/>

- Karim Nader Ch., M. (Marzo de 2011). *el Hospital*. Recuperado el Diciembre de 2015, de el Hospital: <http://www.elhospital.com/temas/Que-es-la-telemedicina+8082249>
- Kell, A. (2008). <http://larumia.blogspot.com>. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://larumia.blogspot.com>: [http://atelmmedia.com/blog/wp-content/uploads/2008/10/comparativa\\_lonworks\\_vs\\_knx\\_kell\\_colebrook.pdf](http://atelmmedia.com/blog/wp-content/uploads/2008/10/comparativa_lonworks_vs_knx_kell_colebrook.pdf)
- KNX. (s.f.). *KNX.ORG*. Recuperado el Diciembre de 2015, de *KNX.ORG*: <https://www.knx.org/es/>
- Molina, L. R. (2008). *Universidad Cooperativa de Colombia*. Recuperado el Febrero de 2016, de *Universidad Cooperativa de Colombia*: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/rt/printerFriendly/7236/8892>
- Oviedo, U. d. (s.f.). <http://isa.uniovi.es>. Recuperado el 11 de 2015, de <http://isa.uniovi.es>: [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/01\\_Introduccion\\_al\\_laboratorio.pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/MaterialApoyoPracticas/01_Introduccion_al_laboratorio.pdf)
- Paula Andrea Naranjo, Á. L. (Febrero de 2013). *Las Tics en el transporte*. Recuperado el Diciembre de 2015, de *Las Tics en el transporte*: <http://es.slideshare.net/paulaandreanaranjo/las-tics-en-el-transporte>
- PMP. (s.f.). *Project Manager Institue*. Recuperado el Noviembre de 2015, de *Project Manager Institue*: <http://americalatina.pmi.org/latam/pmbokguideandstandards/whatisastandar.aspx>

Quilon, C. V. (24-25 de 03 de 2015). <https://www.esmartcity.es>. Recuperado el 12 de 2015, de <https://www.esmartcity.es>: <https://www.esmartcity.es/tags/i-congreso-ciudades-inteligentes>

SAMUILA Bogdan Orza, A. V. (Noviembre de 2007). *ACTA TECHNICA NAPOCENSIS*. Recuperado el Noviembre de 2015, de ACTA TECHNICA NAPOCENSIS: [http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN\\_3\\_2007\\_9.pdf](http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN_3_2007_9.pdf)

SmartGrids, E. T. (2012). *Energía y Sociedad*. Recuperado el Enero de 2016, de Energía y Sociedad: <http://www.energiaysociedad.es/>

Sostenibilidad. (Agosto de 2015). *Sostenibilidad para todos*. Recuperado el Noviembre de 2015, de Sostenibilidad para todos: <http://www.sostenibilidad.com/ahorro-y-eficiencia-energetica>

Sparx. (2011).

Torecilla, J. R. (2014). <https://riunet.upv.es>. Recuperado el 08 de 2015, de <https://riunet.upv.es>: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/47319/memoria.pdf?sequence=1>

WiPaM. (s.f.). *ixsys*. Obtenido de *ixsys*: <http://www.ixsys.eu/wipam-es.html>

[www.ieee.org](http://www.ieee.org), i. (8 de Septiembre de 2012). *Constructor Eléctrico*. Recuperado el Febrero de 2016, de Constructor Eléctrico: <https://constructorelectrico.com>

## **5 ANEXOS**