

# **Guía para la adopción e implementación de una red de comunicaciones para la sensorización de las ciudades desplegada desde las luminarias**

## 1. INTRODUCCIÓN

Es reconocido y estudiado que, por primera vez en la historia, el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas y se prevé que en el año 2050 este porcentaje alcance ya al 70%. A esto se agrega que la expectativa de vida de las personas se ha incrementado, produciendo así un aumento de la población. En América Latina el 80% de sus habitantes reside en ciudades, con un crecimiento demográfico que ha sido el más significativo que ha experimentado el planeta con grandes consecuencias para la sostenibilidad, la calidad de vida y la competitividad de la región.

Una gestión inteligente de las ciudades se hace cada día más urgente, las tecnologías digitales se convierten en un gran recurso para enfrentar estos cambios, sin perder de vista que el ser humano debe estar al centro del desarrollo y la planificación, y la participación ciudadana debe ser la pieza clave para el buen funcionamiento de las urbes.

Lo descrito anteriormente, genera la necesidad de transformar las “ciudades tradicionales” en “**ciudades inteligentes**” y la existencia de las tecnologías digitales avanzadas como la Internet de las Cosas (conocida por su sigla en inglés IoT), la sensorización, Big Data y la inteligencia artificial, hacen que esta transformación sea cada día más viable permitiendo mejorar la toma de decisiones, la eficiencia de las operaciones, la prestación de servicios urbanos y su competitividad. Las ciudades inteligentes promueven un ciclo virtuoso que produce bienestar económico y social, pero haciendo uso sostenible de sus recursos, elevando de esta forma la calidad de vida de los ciudadanos.

**El Objetivo** de este documento es mostrar a grupos de interés como municipios, entidades gubernamentales, profesionales del área, empresas y proveedores, los conceptos básicos acerca de las ciudades inteligentes, sus beneficios, la importancia del uso de las tecnologías para la transformación de la ciudad, la infraestructura habilitante de conectividad que las ciudades requieren, y la importancia que tiene la adopción temprana de estándares abiertos e internacionales para asegurar la interoperabilidad entre los sistemas inteligentes de diferentes comunas, esencial para la colaboración y la eficiencia en la gestión de la ciudad. Las municipalidades puedan aprovechar el recambio de luminarias tradicionales a luminarias LED incorporando un dispositivo de comunicaciones en las luminarias que permite desplegar una red Mesh con la cual además de telegestionar las mismas luminarias permite conectar sensores en toda la ciudad para capturar y gestionar sus datos en tiempo real, abriéndose un universo de posibilidades para desarrollar aplicaciones como medición de consumo eléctrico, estacionamientos inteligentes, gestión de residuos (basura), monitoreo de condiciones ambientales, aplicaciones de seguridad, eficiencia hídrica en el riego de parques, conteo de personas, etcétera. Todas estas soluciones permiten el desarrollo de las Ciudades Inteligentes.

## 2. ¿QUÉ ES UNA CIUDAD INTELIGENTE<sup>1</sup>?

Hay muchas definiciones distintas de Ciudad Inteligente o Smart City, pero todas concuerdan en que el objetivo es potenciar la sustentabilidad, aumentar la eficiencia y calidad de las operaciones y procesos específicos de la ciudad, aumentar la calidad de los servicios y en definitiva mejorar la calidad de vida y las necesidades de los ciudadanos.

También hay consenso que, para la transformación de las ciudades, la digitalización es un ingrediente esencial. Sistemas con sensores desplegados en distintos puntos de la ciudad, permiten capturar datos en tiempo real de distintas variables críticas para el desempeño de ellas, estos datos son transmitidos a una plataforma computacional, para luego ser procesados generando información que permite adquirir conocimiento en el tiempo y que apoya la toma de decisiones para ofrecer mayores beneficios a los ciudadanos. Esta es la razón por la cual se requiere que las municipalidades estén conscientes de la **importancia de la adopción de estándares abiertos en sensores, protocolos de comunicaciones, plataformas y aplicaciones asegurando con esto la interoperabilidad entre los sistemas inteligentes** de diferentes comunas, evitando la captura de mercado por parte de proveedores e incentivando la innovación y la competitividad para dar soluciones a las diferentes problemáticas propias de los centros urbanos.

## 3. ÁREAS DE APLICACIÓN

La IEC (International Electrotechnical Commission) identifica que todas las ciudades apuntan a la construcción de tres pilares fundamentales para el desarrollo de una Ciudad Inteligente, estos son:

- **Economía Sustentable:** Las ciudades necesitan dotar a los ciudadanos con la capacidad de desarrollar su potencial económico atrayendo negocios y capital.
- **Sustentabilidad Social:** Una ciudad atractiva para la gente, oportunidades de negocios, seguridad y estabilidad están estrechamente relacionado con la calidad de vida de las personas, esto debe estar garantizado por la inclusión social.
- **Sustentabilidad Ambiental:** Las ciudades modernas enfrentan un gran número de desafíos de sustentabilidad ambiental, es importante promover la eficiencia en los recursos naturales.

También existen otras clasificaciones más específicas de las áreas de los sectores de aplicación, de las cuales se pueden destacar:

- **Medio Ambiente:** Ahorro de Energía, uso eficiente del agua, reciclaje, reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>, movilidad eléctrica.

---

<sup>1</sup> Varias definiciones se pueden encontrar en textos y documentos tales como: “La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente” del Banco Internacional del Desarrollo (BID) publicada el año 2016. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad\\_inteligente](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_inteligente) y Unión Internacional de Telecomunicaciones (Grupo temático sobre ciudades sostenibles e inteligentes, 2014)

- **Salud:** Telemedicina, gestión de fichas de pacientes, monitoreo de pacientes con enfermedades crónicas, ubicación en línea y monitoreo de adultos mayores.
- **Urbanismo:** Gestión de tráfico vehicular, optimización de rutas para los transportes públicos y privados, transporte multi modal integrado, sistemas de alumbrado inteligente, riego inteligente de jardines.
- **Gobierno:** Administración electrónica, trámites en línea.
- **Seguridad:** Seguridad de las personas, seguridad ante catástrofes naturales, rupturas de servicios.

En definitiva, todo se traduce en que los distintos tipos de sensores desplegados en la ciudad, y conectados en red, permiten capturar datos en tiempo real de diferentes fenómenos, como por ejemplo flujo de personas, niveles de ruido, ocupación de estacionamientos, tráfico vehicular, condiciones climáticas, estado de ocupación de contenedores con residuos sólidos, niveles de iluminación, calidad del aire por sectores y muchos otros. Todos los datos capturados quedan disponibles para su análisis y así optimizar la operación de la ciudad en las diferentes áreas de interés.

Con estos datos se puede tener información precisa sobre la llegada del próximo bus; disponibilidad y pago en línea de estacionamientos públicos; control dinámico de alumbrado público de acuerdo a las condiciones del entorno, produciendo ahorros en energía; gestión de la recolección de residuos. En el ámbito de la seguridad ciudadana, los sensores son cámaras de televigilancia inteligente que pueden identificar situaciones sospechosas, reconocer rostros de personas que delinquen, leer placas patente de vehículos, geo-referenciar datos y analizar incidencias de delitos por área, hora del día, época del año, festividad, etc.

Todo lo anterior, además de reducir costos debido a una mejor eficiencia en la gestión de la operación de la ciudad, la información recolectada, permite rediseñar y formular políticas públicas y programas tendientes a la mejora continua de las ciudades beneficiando a todos sus habitantes.

#### 4. ARQUITECTURA TECNOLÓGICA ABIERTA E INTEROPERABLE

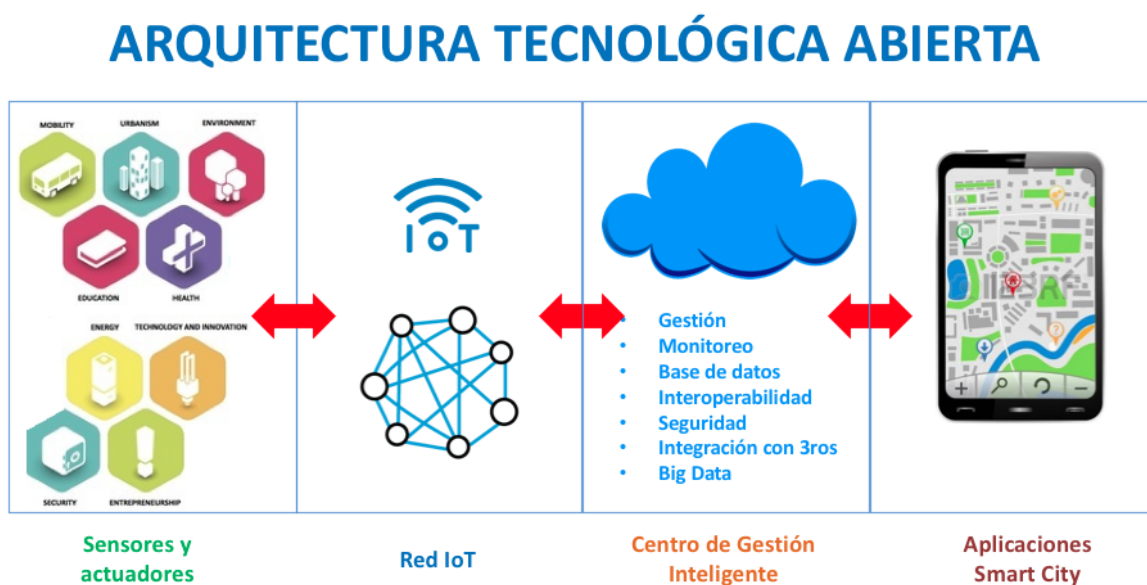
El gran desafío al que se enfrentan hoy en día los proveedores de tecnologías digitales que buscan comercializar soluciones inteligentes y las municipalidades que requieren esas soluciones, es la inexistencia de una infraestructura de conectividad Internet de las Cosas (IoT) adecuada en la ciudad, que permita el despliegue de redes de sensores y el uso de aplicaciones que puedan interoperar a nivel intercomunal o escala metropolitana. Muchos proyectos fracasan porque no consideran factores importantes como la elección correcta de la tecnología que logre evolucionar a la velocidad de la ciudad, volviéndose rápidamente obsoleta, por esto la **tecnología debe ser modular, expandible, con estándares abiertos de amplia adopción, que puedan ser combinadas con otras plataformas y conectadas con la**

**población por medio de aplicaciones de fácil uso**<sup>2</sup>. Los municipios y las ciudades requieren contar con una infraestructura de conectividad IoT que habilite el desarrollo de soluciones inteligentes en forma ubicua.

CORFO a través del Comité de Transformación Digital y su Programa de Fomento Estratégico “**Infraestructura Habilitante para Ciudades Inteligentes**” se hace cargo de este problema, realizando una serie de levantamientos de las tecnologías existentes, sus aplicaciones, arquitecturas y estándares abiertos, de tal forma de apoyar a las municipalidades cuando requieran hacer inversiones en este ámbito.

### a. Infraestructura para la sensorización de la ciudad

La siguiente figura muestra un esquema de la arquitectura tecnológica abierta compuesta por sensores y actuadores, una Red IoT, un Centro de Gestión Inteligente y Aplicaciones Smart City.



La sensorización es fundamental para la gestión inteligente de una ciudad. Los sensores son pequeños computadores con baja capacidad de procesamiento y son los responsables de capturar datos (sensor) o de ejecutar acciones programadas en forma remota (actuador), los datos son transmitidos a través de una Red de telecomunicaciones IoT, y almacenados en un Centro de Gestión Inteligente en donde se procesan y se analizan.

El Centro de Gestión Inteligente también debe incorporar sistemas de intercambio de información o interfaces estándares para integrar aplicaciones de gestión eficiente

<sup>2</sup> “La ruta hacia las Smart Cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente” del Banco Internacional del Desarrollo (BID) publicada el año 2016.

provistas por diversos desarrolladores. Para que todo esto ocurra con total independencia del tipo de solución ofrecida por diferentes fabricantes, **es esencial que se exija el uso de estándares abiertos para asegurar la interoperabilidad entre los sistemas** que operan en la ciudad, considerando las capas de interconexión físicas hasta las capas de aplicación.

La Red de telecomunicaciones IoT y el Centro de Gestión Inteligente, componen la infraestructura habilitante que requieren las ciudades como base para su operación tecnológica.

La primera pregunta que se viene a la mente es por qué se requiere una red de telecomunicaciones especial y no se utilizan las existentes como las redes móviles 3G o 4G. Esto se debe a que las redes de datos actuales están diseñadas para el uso de personas, y lo que se requiere es una red que soporte un número mucho mayor de dispositivos conectados y de muy baja potencia para permitir que los sensores puedan operar con baterías pequeñas cuya duración sea de años. Además, el pago de servicios recurrentes de las redes móviles o fijas actuales haría prácticamente imposible el desarrollo de aplicaciones que sean escalables a miles de dispositivos y a costos razonables.

#### **b. Estándares para la Red IoT Multipropósito**

CORFO en este mismo contexto hizo una evaluación de las diferentes opciones de infraestructura de comunicaciones, existentes y en desarrollo para internet de las cosas, y en base a ello realizar una recomendación.

En concordancia con los esfuerzos realizados por la OCDE para abordar el problema de escasez de direcciones de Internet en la versión 4 del Protocolo Internet (IP), y asegurar el futuro de la economía digital mediante la implementación de IP versión 6 (IP v6), y en donde además este organismo advierte que no implementar IP v6 impactaría las oportunidades económicas ofrecidas por internet, con graves consecuencias en términos de creatividad y despliegue de nuevos servicios<sup>3</sup>, CORFO concentró el análisis en todas aquellas tecnologías inalámbricas que utilizan protocolos IP y en especial IPv6<sup>4</sup>. Con esto se asegura la escalabilidad de las soluciones, seguridad, ubicuidad y facilidades para la gestión de cada uno de los elementos de la red.

Dentro de las tecnologías de red que utilizan protocolos IP (IPv4 ó IPv6), se encuentran dos grupos: el primero de ellos está siendo impulsado por los actuales operadores de telecomunicaciones debido a que utiliza las mismas bandas de frecuencias ya concesionadas para aplicaciones móviles, este tipo de tecnología se encuentra en etapa de pruebas, utiliza protocolo IPv4 y su actual desventaja consiste en su despliegue, ya que

<sup>3</sup> <http://www.oecd.org/sti/ieconomy/oecdresourcesoninternetaddressingipv4andipv6.htm>

<sup>4</sup> En el documento "Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015" Chile aparece como el país con menor tasas de utilización de IPv6.

requiere modificaciones a los sistemas actualmente en operación, y la envergadura de esta intervención es diferentes dependiendo del proveedor de la tecnología; el segundo grupo ha desarrollado tecnologías para operar en las bandas de frecuencia no concesionadas y que están disponibles para uso compartido, esto significa que estas frecuencias pueden ser utilizadas por entidades distintas a los actuales operadores de telecomunicaciones, sin tener que solicitar asignación de uso de frecuencias a la entidad reguladora, utiliza protocolo IPv6, tecnología que está mucho más maduras (con operación exitosa en varios países), y su desventaja es que esta red hay que implementarlas desde cero, esto consiste en la instalación de pequeñas antenas de bajo alcance (como las antenas WiFi) por toda la ciudad.

El segundo grupo descrito anteriormente, es tremendamente atractivo debido a que su desarrollo ya está maduro, utiliza protocolo IPv6, puede utilizarse para uso municipal independientemente de los operadores de telecomunicaciones y sería una red totalmente complementaria e interoperable con las futuras redes con protocolo IP que están en desarrollo como lo son el NB IoT (Narrow Band – banda estrecha para IoT) y el 5G.

##### **5. LA IMPORTANCIA DE LAS LUMINARIAS PÚBLICAS PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED IoT MULTIPROPÓSITO EN LA CIUDAD**

Los avances tecnológicos en materias de eficiencia energética en iluminación están motivando a las municipalidades a recambiar las luminarias públicas de vapor de sodio de alta presión (SAP ó VSAP) y de haluro metálico (HID) por luminarias con tecnología LED. Entre sus ventajas está la posibilidad de regular la intensidad lumínica de cada luminaria por medio de programación y sensorización, además la capacidad de monitorear el estado de cada luminaria facilitando y eficientando las tareas de mantenimiento. Para realizar esto, los fabricantes han ido incorporado redes de comunicaciones para gestionar las luminarias, capturando y transmitiendo en tiempo real datos de ellas.

A medida que se va desplegando la tecnología de iluminación LED por la ciudad, automáticamente se origina la posibilidad de desplegar la Red IoT multipropósito con un costo marginal menor, **sólo hay que considerar que esta Red utilice estándares abiertos**, en primer lugar, para que pueda ser gestionada con un solo Sistema de Control Central, y en segundo lugar para que esta Red sea multipropósito o multiaplicación, esto es, que pueda transmitir datos del estado de las luminarias y de los otros sensores que estarán desplegados por la ciudad.

En este sentido CORFO en conjunto con el INN especificó el marco normativo que deben cumplir las luminarias con tecnología LED para la implementación de la red de gestión. Se hicieron ocho (8) normas técnicas para incorporarlas al catálogo del INN, basada en normas internacionales. Además, CORFO en conjunto con la Ilustre Municipalidad de Santiago se encuentran implementando un laboratorio donde se ha implementado una Red IoT

multipropósito en las calles Bandera, Catedral y General Mackenna, utilizando estándares internacionales abiertos, como IEEE 802.15.4g e IPv6 para dispositivos de baja capacidad (6LowPAN) y utilizando luminarias LED como infraestructura. El propósito de este laboratorio es obtener aprendizaje para poder escalar y apoyar a las municipalidades del país en la implementación de Redes IoT multipropósito que habilitarán el desarrollo de aplicaciones inteligentes en las ciudades o grandes áreas metropolitanas.

A manera de referencia y para mayor ilustración, el alumbrado público como infraestructura habilitante para desarrollar las ciudades inteligentes está siendo implementado en ciudades como Londres, París, Washington DC, Melbourne, Auckland, Copenhagen, Dubai, Glasgow, Dublin, Kolkata (Calcuta), Oslo, Singapore, Cambodia, São Paulo, Mexico City, Denver, Providence, Miami, Baltimore, Chicago, San Francisco, San José, Crossmolina (Irlanda), Bristol (Inglaterra), Gijon (España), Massagno y Bellinzona (Suiza), Siracusa (Italia), Zengcheng GuangZhou (China) entre otras.

En conclusión, el gran desafío para que se produzca todo lo anterior no es técnico, sino **institucional**, se requiere lograr que los municipios incluyan las normas propuestas por el INN<sup>5</sup> y soliciten la adopción de estándares abiertos basados en el **Protocolo Internet (IP) versión 6** en las bases técnicas de las próximas licitaciones de luminarias públicas<sup>6</sup>, de esta forma en poco tiempo las ciudades de Chile contarán con Redes que les permitirá transformarse en inteligente. Varias municipalidades ya han comprendido la importancia de lo descrito en este documento y han solicitado a CORFO información técnica que están siendo incluidas en sus licitaciones de luminarias. Es del máximo interés de CORFO que esto siga ocurriendo con las municipalidades a lo largo y ancho del país, para lo cual les invitamos a solicitar mayor información al siguiente correo electrónico: [bruno.opazo@industriasinteligentes.cl](mailto:bruno.opazo@industriasinteligentes.cl)

---

<sup>5</sup> NCh-ISO IEC 14908/1:2016; NCh-ISO IEC 14908/2:2017; NCh-ISO IEC 14908/3:2017; NCh-ISO IEC 14908/4:2017; NCh3426:2017; NCh3427:2017; NCh-IEC60598/1:2017; NCh-IEC60598-2-3:2017. También ver <https://www.acee.cl/telegestionlos-alumbrados-publicos-de-las-smart-cities/>

<sup>6</sup> Ver documento adjunto “RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LICITACIÓN DE UNA RED URBANA INTELIGENTE”



## RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LICITACIÓN DE UNA RED URBANA INTELIGENTE

### Alumbrado Público Inteligente – Smart Street Lighting

#### 1. Alumbrado Público Inteligente y Conectado

En varias ciudades del mundo han reconocido el Alumbrado Público Inteligente y Conectado como un primer paso hacia el desarrollo de una ciudad inteligente. Además de aumentar la eficiencia energética de la ciudad y reducir los costos de energía, emisiones de carbono y costos de mantenimiento, el Alumbrado Público Conectado también puede proporcionar red troncal (backbone) estratégica para el establecimiento de una Red Inalámbrica de Sensorización o Internet de las Cosas (IoT en inglés), para una gama de otras aplicaciones de la ciudad, incluida la seguridad pública, gestión del tráfico, gestión de residuos, automatización de procesos de fiscalización, turismo, estacionamientos inteligente, monitoreo ambiental, etc.

Los controladores inteligentes de las luminarias y los puntos de acceso o pasarelas (gateways) forman una red de radiofrecuencia enmallada (Mesh) con características de alcance medio y bajo consumo de energía.

La solución de alumbrado público inteligente debe ser desarrollada utilizando tecnología Internet (IP) y debe permitir soportar múltiples tipos de aplicaciones "ciudad inteligente" en paralelo, como gestión de estacionamiento o detección del llenado de contenedores de residuos.

La solución de alumbrado público inteligente debe estar basada en una infraestructura habilitante de telecomunicaciones o **Red Inalámbrica de Sensorización** (en inglés Wireless Sensor Network – WSN) y debe considerar todos los componentes y dispositivos de hardware y software suficientes y necesarios para gestionar en forma centralizada todas las nuevas luminarias solicitadas.

#### 2. Red Inalámbrica de Sensorización (WSN) de baja potencia

Los requisitos principales que debe cumplir la Red Inalámbrica de Sensorización (WSN) ofertada son los siguientes:

- a) Basada en Protocolos Internet, conocidos por su sigla en inglés IP
- b) Escalable a cientos de miles de sensores
- c) Multi-servicio y multi-aplicación, de manera tal que permita en un futuro, el despliegue de nuevos servicios y aplicaciones de "ciudad inteligente"

- d) Interoperable, esto es permitir integrar a la Red WSN sensores o actuadores de otros fabricantes
- e) El oferente debe suministrar completamente la Red, como una plataforma integrada de hardware y software, equipos de telecomunicaciones y dispositivos o sensores y mantener operativa la solución durante el plazo establecido en el contrato respectivo.

En la siguiente figura se presenta una Red Inalámbrica de Sensores de manera referencial:



### 3. Sistema Gestión Central (CMS)

- a) El sistema gestión central puede operar en modalidad On Premise o en modalidad Cloud Computing, de cargo del adjudicatario por la vigencia establecida en el contrato.
- b) Debe incluir la aplicación de software para Telegestión de alumbrado, el oferente debe detallar cada una de las funcionalidad que implementa la solución ofertada.
- c) El CMS debe implementar una solución para intercambio de datos e información e integración con sistemas de terceras partes como son Web Services o Rest Services y APIs.

### 4. Access Point o Gateways Wi-SUN IPv4/IPv6 – 6LowPAN

- a) El oferente debe calcular la cantidad de Access Point o Gateways que se requieren para operar adecuadamente la Red sin pérdida de comunicaciones con los nodos controladores de luminarias.
- b) Los puntos de acceso inalámbricos deben ser fabricado para exterior (outdoor), grado de protección IP65, 240 volts, 50/60Hz.
- c) Los puntos de acceso inalámbricos (Access Points) o Gateways deben ser multiprotocolo:

- **IPv4/IPv6** para conectividad al sistema de gestión central (CMS) pudiendo conectar a enlaces ethernet 10/100/1000 Mbps y celular 3/4G. En cualquier caso los enlaces o servicios celulares serán de cargo del oferente durante el plazo definido para el contrato
  - Protocolo de red inalámbrica de baja potencia IEEE 802.15.4.g
  - Protocolo capa de adaptación de red IETF 6LowPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network).
- d) El gateway WSN debe operar dentro del rango de frecuencias comprendido entre los **925 a los 928 MHz**, con una potencia máxima radiada de **1 W**, conforme el acápite **j.4)**, numeral j) *Otros equipos que cumplan con lo que se establece a continuación*, Artículo N° 1, Resolución Exenta N° 1985 de fecha 17 de octubre de 2017, modificada el 31 de julio de 2018, de la SUBTEL, QUE FIJA NORMA TÉCNICA DE EQUIPOS DE ALCANCE REDUCIDO u otra disposición vigente en la materia.
- e) Topología de Red WSN enmallada (Mesh) para aumentar la cobertura de la red y reducir la cantidad de gateways a desplegar.
- f) Los protocolos de Red WSN, para brindar conectividad a los controladores inalámbricos de luminarias, deben cumplir con las siguientes especificaciones IP:
- i. Protocolo de capa de enlace físico **IEEE 802.15.4g-2012**, ofertas que consideren versiones anteriores a la letra g del año 2012 serán descalificadas técnicamente.
  - ii. Protocolo de control de acceso al medio MAC **IEEE 802.15.4** con FHSS (frequency hop spread spectrum) y MAC Enhancements **IEEE 802.15.4e**
  - iii. Protocolo de capa de adaptación de red **6LowPAN** (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network), definido por la IETF para utilizar IP versión 6 en sensores/actuadores de bajo consumo eléctrico y baja potencia, que requieren baja velocidad de transmisión de datos cercana a los 50 Kbps.
  - iv. Protocolo de capa de red o enrutamiento IPv6 - **RPL** (Routing Protocol for Low-Power and Loss y Networks).
  - v. Protocolo de capa transporte **UDP**
  - vi. Protocolo de capa aplicación **COAP**, con sintaxis JSON
  - vii. Control de Acceso a la Red protocolo **IEEE 802.1X**
  - viii. Encriptación **AES** 128 bits.
- g) Certificación de Producto en PHY Layer for FAN (Field Area Network) otorgado por la alianza internacional Wi-SUN (Wireless Smart Ubiquitous Networks), para el rango de frecuencias 902 a 928 MHz. Este certificado debe poder ser descargado desde la dirección: [www.wi-sun.org/certified-products](http://www.wi-sun.org/certified-products)

## 5. Controladores inalámbricos de luminarias y enrutadores Wi-SUN

- a) Para que se puede desplegar la red y gestionar luminarias es necesario instalar en cada una de las luminarias indicadas en los términos de referencia un controlador externo que además sirva de enrutador Wi-SUN para brindar conectividad a la Red WSN a la luminaria y otros dispositivos o sensores desplegados a lo más a 50 metros a la redonda de luminaria inteligente.

- b) Los controladores inteligentes deben integrarse a la luminarias, contar con **GPS embebido**, compatibles con estándares de dimerización análogo 0 - 10 Volt ó digital DALI, conector **NEMA de 7 pines ANSI C136.41**, como se presentan en el siguiente cuadro:



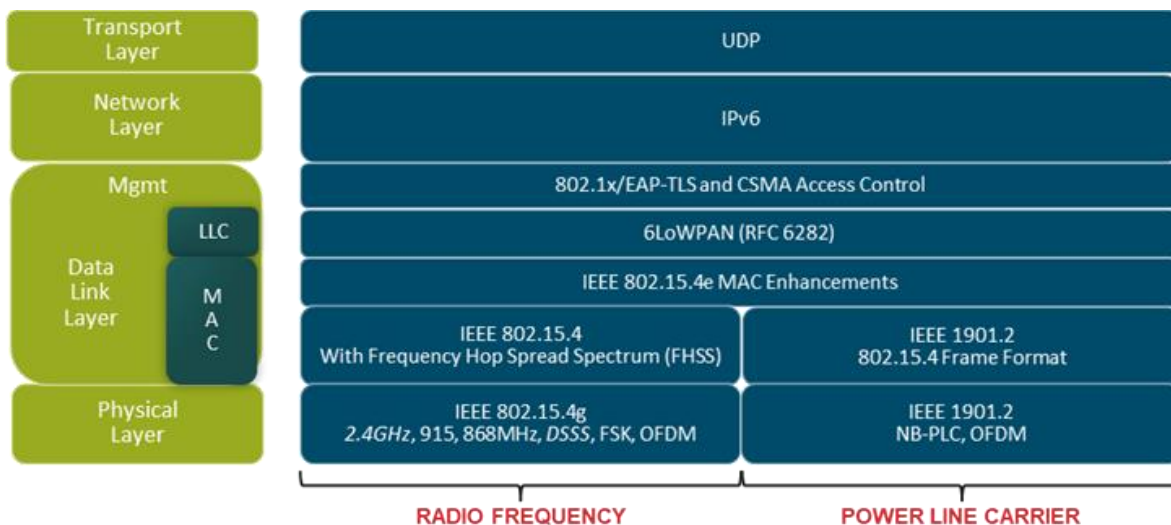
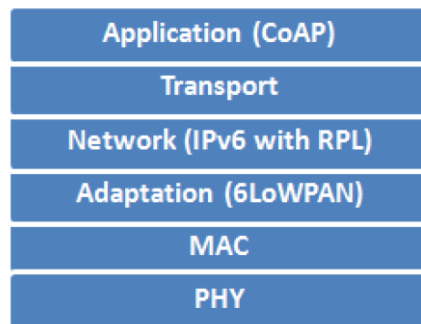
El oferente debe detallar las funcionalidades tales como medición de consumo, detección de prefalla, control de alumbrado dinámico, reloj astronómico, fotocelda, protección de sobrevoltaje, etc.

- c) El controlador inalámbrico debe operar dentro del rango de frecuencias comprendido entre los 925 a los 928 MHz, con una potencia máxima radiada de 1 W, conforme el acápite j.4), numeral j) Otros equipos que cumplan con lo que se establece a continuación, Artículo Nº 1, Resolución Exenta Nº 1985 de fecha 17 de octubre de 2017, de la SUBTEL, modificada el 31 de julio de 2018, QUE FIJA NORMA TÉCNICA DE EQUIPOS DE ALCANCE REDUCIDO u otra disposición vigente en la materia.
- d) Topología de Red WSN enmallada (Mesh)
- e) Características de auto configuración, auto discovery para simplificar el despliegue de la Red WSN y mantener la conectividad en el tiempo.
- f) El FIRMWARE de los controladores de luminarias debe ser actualizable (upgrade) en forma remota y distribuido a través de la propia Red WSN
- g) Los protocolos de Red WSN para los controladores inalámbricos de luminarias inteligentes, deben cumplir con las siguientes especificaciones IP:
- i. Protocolo de capa de enlace físico **IEEE 802.15.4g-2012**, ofertas que consideren versiones anteriores a la letra g del año 2012 serán descalificadas técnicamente.
  - ii. Protocolo de control de acceso al medio MAC **IEEE 802.15.4** con FHSS (frequency hop spread spectrum) y MAC Enhancements **IEEE 802.15.4e**
  - iii. Protocolo de capa de adaptación de red **6LowPAN** (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Network), definido por la IETF para utilizar IP versión 6 en sensores/actuadores de bajo consumo eléctrico y baja potencia, que requieren baja velocidad de transmisión de datos cercana a los 50 Kbps.
  - iv. Protocolo de capa de red o enrutamiento IPv6 con **RPL** (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks).
  - v. Protocolo de capa transporte **UDP**

- vi. Protocolo de capa aplicación **COAP** con sintáxis JSON
- vii. Control de acceso a la Red **IEEE 802.1X**
- viii. Encriptación **AES** 128 bits.

h) Certificación de Producto en PHY Layer for FAN (Field Area Network) otorgado por la alianza internacional Wi-SUN (Wireless Smart Ubiquitous Networks), para el rango de frecuencias 902 a 928 MHz. Este certificado debe poder ser descargado desde la dirección: [www.wi-sun.org/certified-products](http://www.wi-sun.org/certified-products)

De manera referencial en el siguiente diagrama se presenta el stack de protocolos IP indicados para RADIOFRECUENCIA:



## 6. Evidencias de cumplimiento de requisitos

Para demostrar de manera fehaciente y objetiva el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales anteriores, se procederá de la siguiente manera:

1. Todo certificado debe poder ser descargado desde los sitios Web oficiales de las entidades de certificación, de comprobarse falsedad o adulteración se procederá a excluir al oferente del proceso licitatorio y se hará efectiva la boleta de seriedad de la oferta.
2. Todo catálogo o brochure técnico debe poder ser descargable directamente desde los sitios Web oficiales de los fabricantes respectivos, de comprobarse falsedad o adulteración, se procederá a excluir al oferente del proceso licitatorio y se hará efectiva la boleta de seriedad de la oferta.

El adjudicatario deberá suministrar e implementar todo el hardware y software requerido, brindando los servicios de configuración, instalación, pruebas, marcha blanca, puesta en marcha, soporte y mantenimiento, etc., para dejar operativas todas funcionalidades propuestas.

## 7. Inspección técnica de la Red

Una vez finalizada la primera fase de instalación de la Red Inalámbrica de Sensorización (WSN) con no más de 100 controladores de luminarias, se podrá realizar una fiscalización por parte de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

Cualquier observación de esta fiscalización deberá ser subsanada por el Adjudicatario, en un plazo que se establecerá por contrato, una vez aprobado el 100% de ellas podrá seguir con la implementación del proyecto.

De no poder el adjudicatario subsanar estas observaciones para la Red Inalámbrica de Sensorización, se procederá a poner término anticipado al contrato y a hacer efectiva la Boleta de Garantía de Fiel Cumplimiento del Contrato, pudiéndose adjudicar la licitación al siguiente oferente mejor evaluado.