



8<sup>va</sup> JIDeTEV  
Investigación y Desarrollo Tecnológico,  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



## Uso de enlaces LoRa en topologías extraurbanas de Misiones

Germán A. Xander <sup>a</sup>, Milton E. Sosa <sup>b</sup>, Víctor H. Kurz <sup>c</sup>, Jorge A. Olsson <sup>d</sup>

<sup>a,c,d</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>b</sup> *The Things Network Posadas, Misiones, Argentina.*

e-mails: gaxander@fio.unam.edu.ar, milton.eduardo.sosa@gmail.com, kurtzvh@gmail.com, jorgealbertoolsson@gmail.com

---

### **Resumen**

Este trabajo aborda la implementación de redes LoRa en la provincia de Misiones y su posible uso para el monitoreo de microcentrales hidroeléctricas emplazadas en zonas rurales. Se llevaron a cabo pruebas exitosas en ambientes urbanos y se analiza la mejor estrategia para enlazar la casa de máquinas de la microcentral hidroeléctrica El Tigre. La principal dificultad que se presenta es la ubicación topológica de la casa de máquinas que, para optimizar su funcionamiento, siempre están situadas en el punto más bajo de la cuenca a explotar, tornándose virtualmente imposible lograr una línea de visión directa a la estación central y forzando una estación intermedia.

**Palabras Clave** – LoRaWAN, TTN, internet de las cosas, enlace, zona Fresnel

## 1. Introducción

### 1.1. LoRaWAN

LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) es un protocolo de control de acceso al medio (MAC - *Medium Acces Control*) definido por LoRa Aliance [1].

El mismo, tiene por objeto permitir la conexión de nodos de baja potencia (generalmente alimentados a batería y sin capacidad de manejo de protocolos de enrutamiento por ejemplo TCP/IP) con aplicaciones finales conectadas a Internet mediante de una conexión inalámbrica de largo alcance utilizando modulación LoRa [2].

Siguiendo el lector en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI - *Open Systems Interconnection*) [3], LoRaWAN se ubicaría prestando servicios en las capas 2 y 3 de dicho modelo.

Las puertas de enlace (GW - *gateways*), están conectados al servidor central mediante conexiones IP (*Internet Protocol*) estándar cumpliendo la función de puente, es decir, convierte los paquetes de radiofrecuencia (RF) en paquetes IP y viceversa Fig. 1.

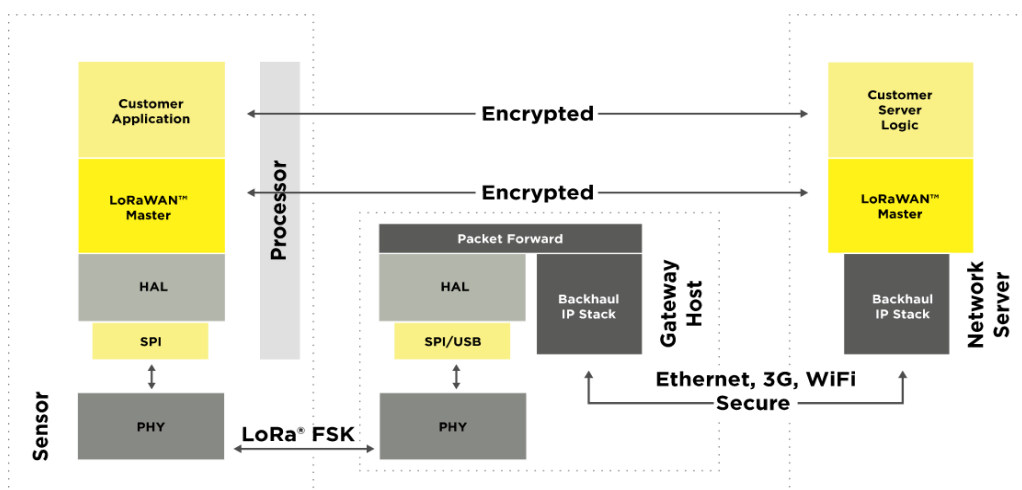


Fig. 1: Protocolo LoRaWAN implementado sobre modulación LoRa en capa física

La topología que adopta una red de tipo LoRaWAN es de tipo “estrella de estrellas” en la cual los GW retransmiten los mensajes recibidos por los nodos finales hacia un servidor central. La comunicación inalámbrica entre nodos y GW aprovecha las características de la propias de la capa física, permitiendo así enlaces de un nodo hacia uno o más gateways Fig. 2

El protocolo LoRaWAN como se puede apreciar, no es un protocolo IP, por lo tanto, los paquetes del mismo necesitan de un enrutamiento y procesamiento correspondiente antes de ser entregados a la aplicación final.

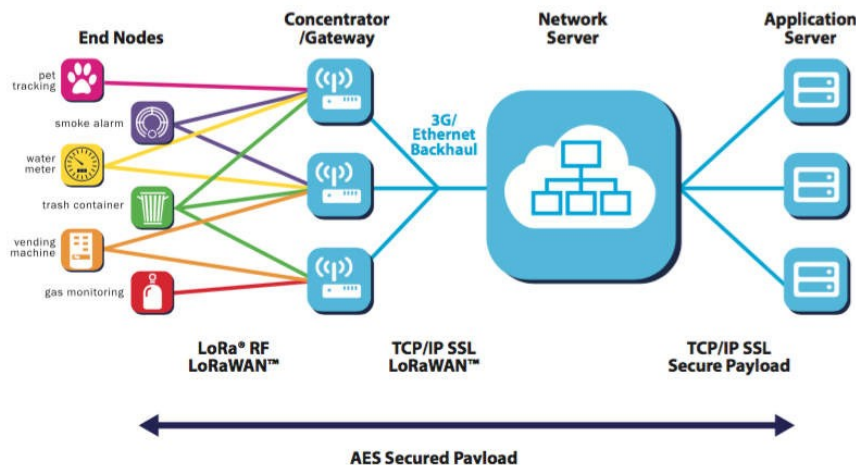


Fig. 2: Topología de una red LoRaWAN

## 1.2. The Things Network

Con el auge de las redes de largo alcance y baja potencia (LPWAN) para grandes despliegues de aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) y su relativo bajo costo, LoRaWan es uno de los protocolos que presenta algunas ventajas técnicas en comparación con otras alternativas presentes tales como Sigfox [4] o 6LoPAN. Tales como ancho de banda (BW), Autenticación y Encriptación (A&E) y tasa de datos ajustable (ADR) [5].

*The Things Network* (TTN) es un proyecto nacido en 2015 en la ciudad de Amsterdam, Holanda con el objeto de crear y promover de forma gratuita una red global de datos perteneciente a y operada por los usuarios de la misma.

Tiene la particularidad de tener una infraestructura autosoportada por los mismos usuarios de la red, es decir, ciudadanos de una comunidad, empresas, gobiernos y grupos investigación y desarrollo. Al tratarse de una red mantenida por los mismos miembros, es decir, sin depender de un tercero que preste el un servicio específico de acceso la misma, hace que los costos asociados a infraestructura se vean reducidos significativamente. De esta manera, la cobertura de la misma también se ve potencialmente afectada a la cantidad de usuarios operando sobre ella.

Presentado este nuevo paradigma, TTN se encuentra una constante evolución permitiendo el enrutamiento de los datos generados por datos de una o más aplicaciones de manera sencilla, efectiva, encriptada, descentralizada y distribuida. Esta arquitectura de red, claramente abre nuevos horizontes para investigación y desarrollo como así también desarrollo de nuevos negocios.

Los usuarios de una comunidad (por ejemplo una ciudad) pueden optar por agregar cuantos GW deseen a la red aumentando así su cobertura y asegurando que los paquetes de datos emitidos por los nodos logren llegar a la aplicación final.

Por otro lado, los usuarios pueden optar por no instalar un GW y simplemente enviar datos de los nodos sensores y enviarlos a la red utilizando otros GW de diferentes usuarios que se encuentren en el rango de alcance del nodo final.

Para incentivar el crecimiento, TTN propone la creación e integración de “comunidades” alrededor del mundo de manera paulatina. De este modo poblaciones que cuenten con un mínimo de 8 colaboradores y 2 GW se convierten en parte de la red global Fig. 3.



Fig. 3: TTN a nivel global

A nivel nacional Argentina presenta 4 comunidades (Buenos Aires, Córdoba, Rosario y San Juan) de manera oficial formando parte de TTN, Fig. 4.

En el nordeste, en Posadas a través de la Facultad de Ciencias Exáctas Químicas y Naturales (FCEQyN) ha tomado la iniciativa de expandir la red instalando 2 GW, uno en su edificio y el segundo en el modulo de Bioquímica y Farmacias, pasando así a formar parte de la red y realizar pruebas experimentales sobre la misma.

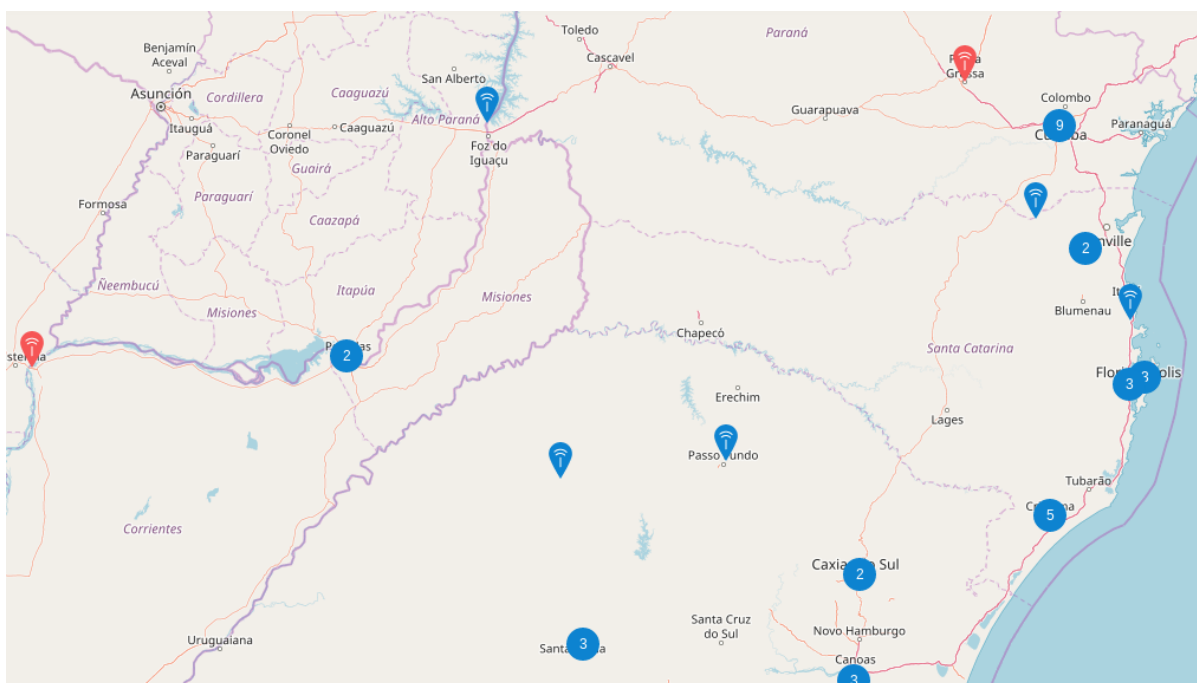


Fig. 4: The Things Network en el nordeste de Argentina

## 2. Uso urbano

En la ciudad de Posadas se llevaron a cabo experiencias exitosas en enlaces de 3 km con línea de visión. (Fig. 5)

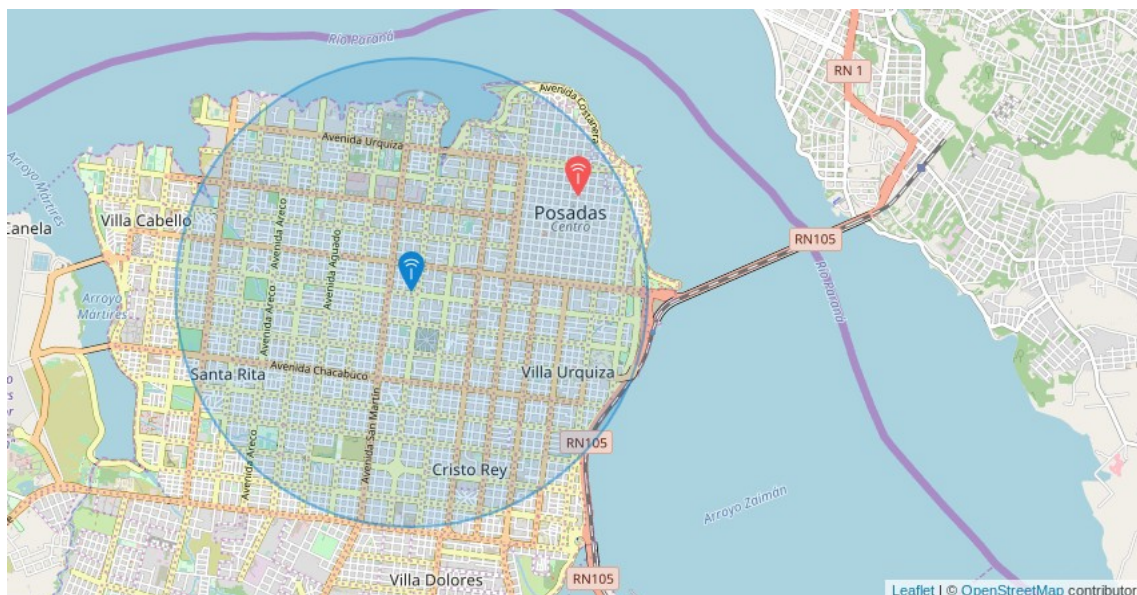


Fig. 5: despliegue en la ciudad de Posadas

Se usaron equipos **rak831 915MHz** como *gateways* Fig. 6 y **LoPy4** Fig. 7 como nodos remotos.



Fig. 6: gateway rak831 915MHz

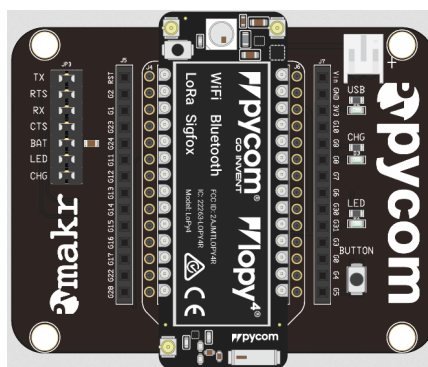


Fig. 7: nodo remoto LoPy4

Estos sensores remotos miden temperatura y humedad ambiente y envían los datos hasta el *LoRaWAN Master* donde se implementa una lógica de usuario que envía por dos canales la información a las bases de datos. Con fin didáctico se utilizan los métodos de *socket* TCP y consultas *mqtt* además de guardar la información en una base de datos *MySQL* y en una *ElasticSearch*. A través de una interfaz web se presentan gráficos de humedad y temperatura generados con la herramienta Grafana (Fig. 8 y Fig. 9).

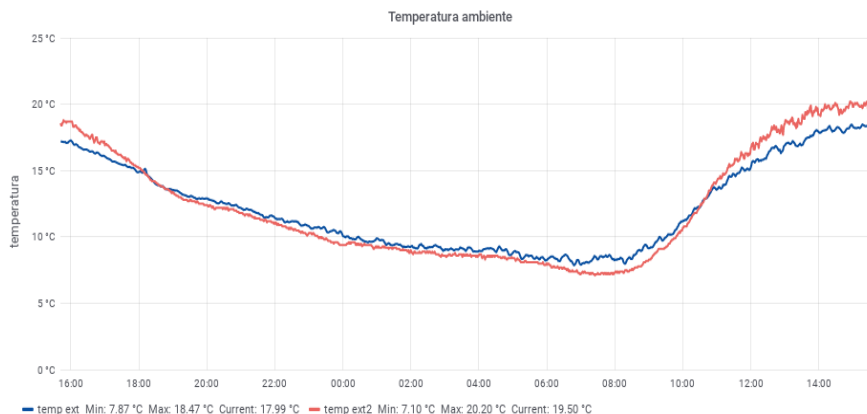


Fig. 8: gráfico de temperaturas generado con Grafana

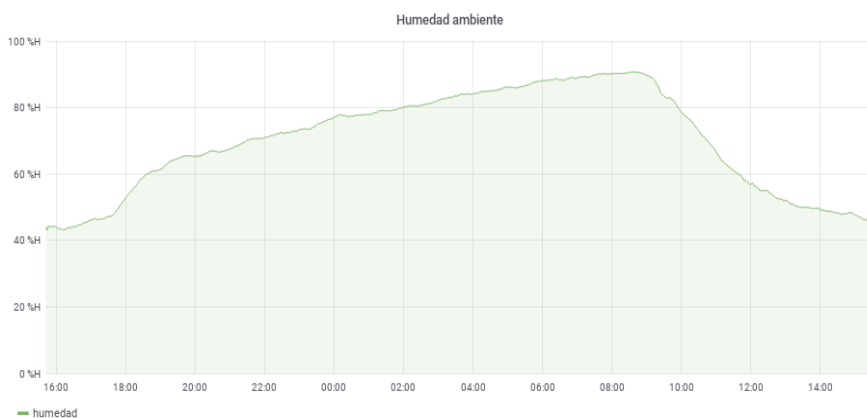


Fig. 9: gráfico de humedad generado con Grafana

### 3. Enlaces extra urbanos

Después de los buenos resultados obtenidos en enlaces urbanos se analizó la posibilidad de utilizar esta red para recibir datos de los estados de la central hidroeléctrica El Tigre.

Por su naturaleza, y para optimizar el funcionamiento, la casa de máquinas de una central hidroeléctrica suele estar en el punto más bajo de la cuenca a explotar. Esta situación es muy desfavorable para un enlace inalámbrico ya que no se logra una línea de visión directa a la estación central. En la Fig. 10 se observa un eventual enlace directo desde la Facultad de Ingeniería [6], donde estaría ubicado el servidor central. En la Fig. 11 se aprecia que un enlace directo solo es posible gracias a la propagación en la zona de Fresnel a menos que los transmisores se instalen en lo alto de torres de 60 a 80 m [7]. Este tipo de enlace es poco confiable, por lo que se descarta su utilización.



Fig. 10: Enlace directo

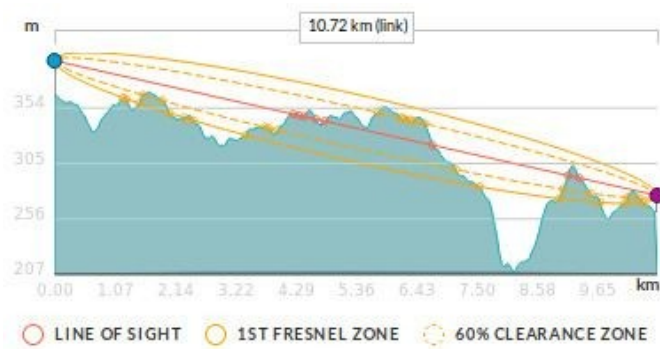


Fig. 11: perfil topológico de un enlace directo

La solución propuesta contempla una estación retransmisora en un punto más alto (Fig. 12) a unos 400 m de la casa de máquinas, desde donde se llegará con un enlace inalámbrico 802.11 convencional.



Fig. 12: enlace indirecto

Con esta nueva configuración se logra una línea de visión ideal (Fig. 13)

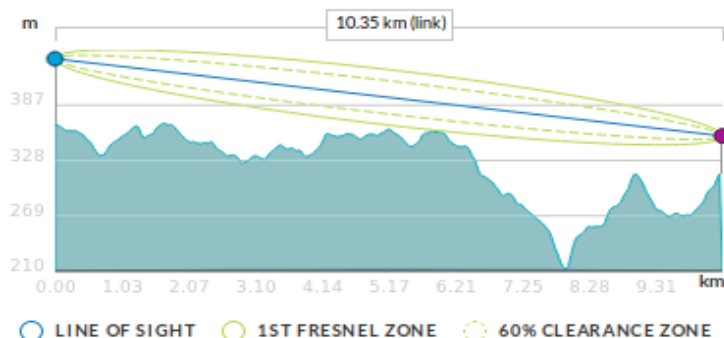


Fig. 13: perfil topológico de un enlace indirecto

#### 4. Conclusiones

Las redes LoRaWAN son una solución interesante para transmisiones de baja velocidad. Si se cuenta con la posibilidad de emplazar la antena (torre) en un lugar elevado se logran enlaces de hasta 20 km. En nuestro caso contamos con la posibilidad de utilizar una torre instalada en la facultad de ingeniería, cuyo campus se encuentra en uno de los puntos más altos de la zona. Con esta tecnología se puede prescindir de servicios de terceros como internet o telefonía celular.

Si bien, muchos proclaman haber conseguido enlaces de hasta 100 km, estos se logran siempre con línea de visión. Pero, debido a la topografía propia de la provincia de Misiones, existen muchas zonas que no se pueden enlazar ya que se encuentran en valles muy bajos (Fig. 14)[8].

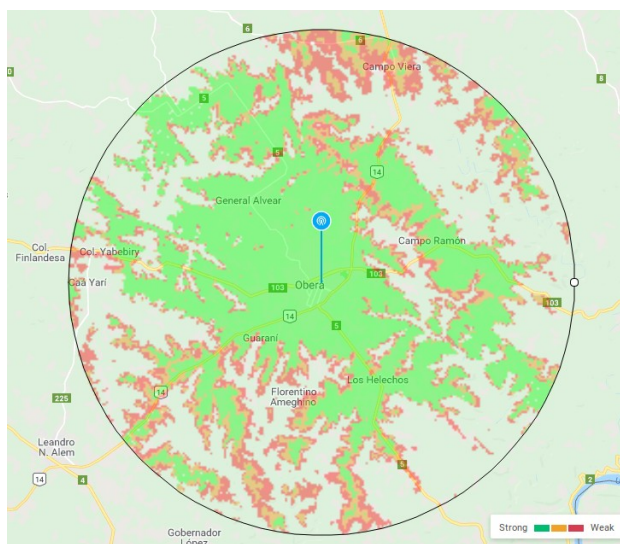


Fig. 14: zonas de cobertura con una torre de 60 m instalada en la facultad de ingeniería. Radio de 20 km

#### Referencias

- [1] <https://www.lora-alliance.org/>
- [2] <https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>
- [3] <https://www.iso.org/ics/35.100/x/>
- [4] <https://www.sigfox.com/en>
- [5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>
- [6] <https://airlink.ubnt.com/#/ptp>
- [7] Mendoza Horacio; Botterón Fernando; Kurtz Victor Hugo, Monitoreo Satelital de Microcentrales Hidroeléctricas, 2008
- [8] <https://link.ubnt.com>