



Implementación de una red IoT con GPRS para monitorear los parámetros en un vehículo en tiempo real

Implementation of an IoT network with GPRS to monitor parameters in a vehicle in real time

Renato Cumbal Simba

Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
jcumbal@ups.edu.ec

Jean Carlos Buestán

Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
jbuestanv@est.ups.edu.ec

Juan Carlos Domínguez

Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador
jdominguez@ups.edu.ec

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.09.17.007>

Recibido: Octubre 13, 2020

Aceptado: Enero 17, 2021

Resumen: Este Proyecto busca una nueva alternativa para conectar redes inalámbricas con Internet de las cosas (IoT), tanto para la recolección de información, transmisión y recepción de datos en tiempo real, facilitando la visualización de los mismos a través de una base de datos y generando informes históricos que contribuyan a la supervisión de vehículos en las carreteras. Al momento de trabajar con los datos adquiridos, estos se actualizan constantemente ya que por lo regular tiende a perder información valiosa, por ello, es necesario consolidar la conectividad mediante GSM en conjunto con la tecnología GPRS para implementar un prototipo y explorar el funcionamiento de LoRa. Este prototipo se enfoca en censar los parámetros de velocidad, temperatura, nivel de agua y nivel de combustible a través de plataformas virtuales que dan evidencia el estado de cada sensor incorporado en el vehículo, por tanto, este diseño de red inalámbrica busca encontrar los inconvenientes que se presentan en un apartado de escasa accesibilidad a la cobertura celular.

Palabras clave: GPRS, ISM, IoT, LoRA, GSM.

Abstract: This Project seeks a new alternative to connect wireless networks with the Internet of Things (IoT), both for the collection of information, transmission and reception of data in real time, facilitating the visualization of them through a database and generating historical reports which contributes to the supervision of vehicles on the roads. When working with the acquired data, these are constantly updated since it usually tends to lose valuable information, therefore, it is necessary to consolidate connectivity through GSM in conjunction with GPRS technology to implement a prototype and explore the operation of LoRa. This prototype focuses on census the

parameters of speed, temperature, water level and fuel level through virtual platforms that give evidence of the status of each sensor incorporated in the vehicle, therefore, this wireless network design seeks to find the drawbacks that are presented in a section of poor accessibility to cellular coverage.

Keywords: GPRS, ISM, IoT, LoRA, GSM.

1. Introducción

En la evolución y el desarrollo de nuevas tecnologías surgen varios conceptos, entre los cuales se tiene una variante significativa como es el caso del Internet de las Cosas (IoT), que tiene como objetivo interconectar objetos del mundo físico a través del Internet. Con esta evolución varios autores han presentado sus aportes mediante sus investigaciones con el fin de proponer soluciones a varias problemáticas como por ejemplo el uso de tecnologías orientadas al rastreo, posicionamiento, supervisión en el transporte y diversos campos adicionales [1], con ello se espera que sea la próxima frontera para la revolución automotriz y la clave en la evolución en los sistemas de transporte inteligente (ITS) de próxima generación. En este caso los vehículos inteligentes de hoy están conformados de un conjunto de sensores para obtener la información del entorno y para cumplir con sus crecientes requisitos de conectividad en lo que respecta al soporte para una cantidad de dispositivos de bajo costo de implementación, cobertura extendida, bajo costo en los dispositivos finales y la duración de la batería [2][3]. Es por eso que las LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) ha llamado mucho la atención desde la academia y la industria debido a sus indicadores de rendimiento como la eficiencia energética, la escalabilidad y la cobertura, que aunque existen otras tecnologías, éstas son ideales para muchas aplicaciones de IoT tales como ciudades y redes eléctricas inteligentes, entre otras [3].

Entre las tecnologías LPWAN tenemos a LoRa que ha tenido un rápido crecimiento en el desarrollo tecnológico, comercial y aplicaciones [4][5], que en la actualidad en ciertas experiencias se han logrado con total éxito, con ventajas importantes, como es el caso en la aplicación del presente trabajo que implementa ésta tecnología en la supervisión de un automóvil con varios parámetros dentro de un ambiente de poca cobertura y pérdida de la misma, cuyo objetivo es mostrar que existen equipos fiables de bajo costo con un nuevo aporte tecnológico y a su vez una nueva conexión inalámbrica de radio frecuencia de largo alcance [6]. Se propone un estudio que involucra implementar una red IoT dentro del entorno de manejo de dispositivos finales, en este caso los sensores vienen a tomar un papel importante para brindar una supervisión a nivel de mecánica básica del vehículo, así como la confirmación de las comunicaciones M2M (*Machine to Machine*), mediante la tecnología LoRa [7], que es una de las tecnologías IoT de largo alcance que tiene la capacidad de soportar una mayor cantidad de dispositivos que cubre un rango de comunicación más extenso de hasta 10 km [3], que a diferencia de las tecnologías de comunicación tradicionales para ITS que generalmente usan topología de malla o Ad-Hoc, ésta utiliza una de tipo estrella, en donde los nodos finales están conectados directamente a una puerta de enlace que transmite datos a un servidor LoRa.

En el estudio dentro del tramo elegido, dicha supervisión se detalla en el desarrollo de la tecnología y herramientas tanto en software y hardware, y se verifica los resultados obtenidos en base al desarrollo de plataformas que vinculan a la IoT como es ThingSpeak [8] y un desarrollo Web que brinda una mejor accesibilidad y dinamismo al momento que el usuario supervise su automotor al final del tramo elegido tan igual como se ilustra en la Figura 1. Estos dispositivos, dependiendo del fabricante y la tecnología, pueden brindar cierta capacidad y cobertura, pero al nivel hardware, cuando el vehículo pierda un enlace, se requiere solucionar a través de una tarjeta ultra compacta con conectividad ultra segura para no tener inconvenientes en la recepción de los datos [1].

En adelante este artículo se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2 se expone estudios en el manejo de la IoT mediante el uso de las LPWAN y ventajas de trabajar con LoRa frente los otros protocolos inalámbricos. En la Sección 3 se desarrolla el planteamiento del problema, así como aplicación de fórmulas y desarrollo de plataformas usadas para la adquisición de datos, para luego en la Sección 4 presentar los resultados obtenidos con su respectivo análisis y finalmente concluimos este artículo en la Sección 5.

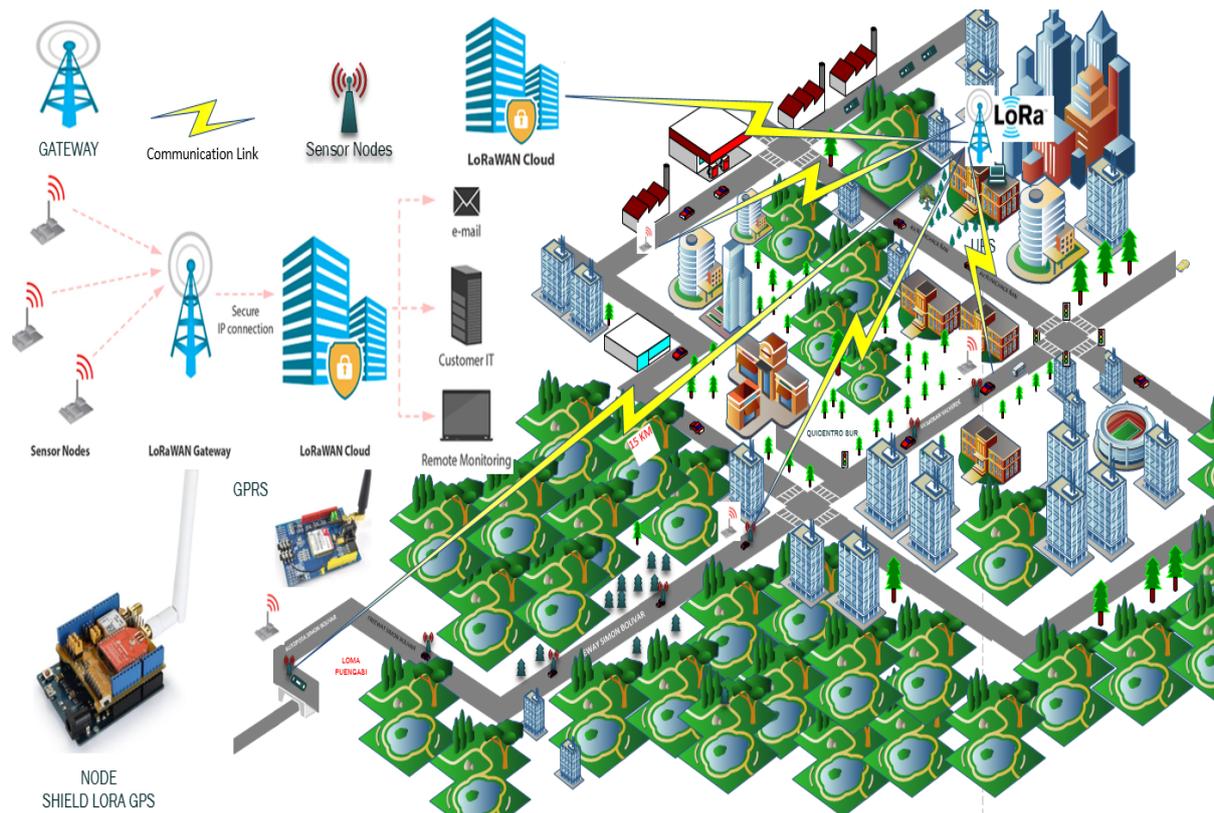


Figura 1. Arquitectura Implementada con LoRa/LoRAWAN.

2. Despliegue de las redes LPWAN mediante la tecnología LORA/LORAWAN

2.1. Manejo de la IoT con redes

En la actualidad el intercambio de mensajes e información dentro de la comunicación inalámbrica RF (Radio Frecuencia) brinda varios beneficios, ya sea por los dispositivos y tecnología usada. Dentro del desarrollo de la IoT, la plena conectividad abre un nuevo mundo de posibilidades en la evolución y revolución en la red Internet, por lo cual tiene que cumplir ciertos requisitos en base a brindar nuevas prestaciones, aunque no se tiene parámetros plenamente definidos o formas exactas que deben seguir los dispositivos y las redes de comunicación para implementarlo. Para comenzar uno de los requisitos esenciales por lo cual la IoT ha ido adquiriendo fuerza en los últimos tiempos, es la movilidad en las comunicaciones que nos permite obtener un diseño adecuado, por otro lado, un factor o requisitos a cumplir viene dado con las redes de conexión de amplio alcance (kilómetros) que en este ámbito puede aceptar varios números de dispositivos como a su vez implementar, administrar y sobre todo brindar una total fiabilidad.

Debido a los avances tecnológicos mencionados, se han desarrollado varios estándares inalámbricos abiertos de bajo consumo energético para satisfacer las necesidades del mercado del IoT como lo es el estándar LoRAWAN como se muestra en la Tabla 1, la red LoRa tiene una topología tipo estrella que incluye tres diferentes tipos de dispositivos, los nodos, GATEWAY y el servidor, que permiten que muchos dispositivos finales (*Shield GPS LoRA*) puedan comunicarse con una puerta de enlace usando la modulación propia de la tecnología implementada. Una de las prestaciones que encontramos a nivel de hardware o en modo LoRa, son el desarrollo de las topologías tipo (*mesh*) [9], que no requieren de un dispositivo intermediario para administrar la comunicación, de tal manera entre ellos pueden enviar la información directamente. Este sistema está basado en una modulación tipo CSS (*Chirp Spread Spectrum*) [3], la misma que se modifica y se innova con el fin de acceder a la tecnología abaratando costos. En general dentro de la arquitectura diseñada se puede configurar de tres formas y se les clasifica con letras del abecedario las cuales con la letra A o nodo de clase A dedicados a la transmisión de información, Clase B orientados a enviar comandos de aplicación en ventanas prefijadas temporalmente y la clase C no tiene restricción alguna para la recepción de comandos.

Si bien existen diferentes redes propuestas que pueden cumplir con IoT, por el momento existen tecnologías compatibles con los requisitos iniciales, de las cuales Sigfox [10] y LoRa proporcionan grandes instalaciones que pueden conectar una masiva cantidad de dispositivos a Internet.

Tabla 1. Tipos de redes compatibles con la IoT.

Protocolos Inalámbricos para IOT	Frecuencia	Gama	Velocidad	Topología
<i>ZIGBEE</i>	2.4GHz, 915MHz, 868MHz	100-325 pies	250 Kbps, 40 Kbps, 20 Kbps	Malla
<i>DIGIMESH</i>	900MHz, 868 MHz	20 millas	250 Kbps, 40 Kbps, 20 Kbps	Malla
<i>6LOWPAN</i>	2.4 GHz	380 pies	250 Kbps	Malla
<i>LORA</i>	150MHz- 1GHz	Hasta 20 millas	50Kbps	Estrella
<i>SIGFOX</i>	900MHz 868MHz	20 millas	100bps	Estrella
<i>MCTHINGS</i>	2.4GHz	650 pies	50Kbps	Estrella

2.2. Aspectos Importantes en las Redes de Amplia Cobertura y Baja Potencia (LP-WAN)

En el desarrollo del Proyecto los parámetros centrados en las comunicaciones inalámbricas toman un valor relevante, en este caso la cobertura permite el alcance de la red y además permite cubrir las necesidades para supervisar vehículos en la zona de planeación, por lo que es indispensable el uso de las LPWAN. Por otro lado LoRa es una modulación que codifica toda señal a alta frecuencia mediante un espectro ensanchado (SSM) [5] que se propaga por una señal que tiene como objetivo reducir la tasa de datos mediante un ancho de banda (BW) [11], y para proporcionar esta función es necesario los factores de ensanchamiento SF [12] que es un compromiso entre los datos y la distancia para optimizar el trabajo de la red.

Los sistemas de Lora están basados en un espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS) [13], lo que posibilita tener menos costo y consumo mínimo. El espectro genera una señal que modifica la frecuencia continuamente y esta señal es conocida como CRIRP que esencialmente es una señal sinusoidal modulada en el tiempo, lo cual puede aumentar o disminuir dentro de la banda ancha, de esta forma existirá una relación entre las variaciones de temporización y frecuencias tanto en el transmisor y el receptor.

La tasa de bits está determinada por el factor de propagación y el ancho de banda, que en el caso de LoRa permite 6 factores de propagación desde el SF7 hasta SF12 y a su vez diferentes anchos de banda, estos valores están definidos por agencias reguladoras. SF=Factor de ensanchamiento, varía entre 7 y 12, CR=Tasa de codificación, varía entre 1 y 4, BW=Ancho de banda (Hz), Rb=Tasa de bits de la modulación. El espectro ensanchado se determina la relación entre la tasa de datos, símbolos y chips para LoRa que se resumen en las Ecuaciones 1 y 2 que son importantes dentro del estudio de los bits usados con el ancho de banda trabajado.

$$Rb = SF * Codigodetasa / (2SF / BW) \text{ bits/sec} \quad (1)$$

$$Codigodetasa = 4 / 4 + CR \quad (2)$$

En este caso tenemos un factor de ensanchamiento de 8 bits y una tasa de codificación en términos de 4 valores que es 4/8 expresados mediante la transmisión en función de su valor que se calculan en el siguiente procedimiento.

$$Codigodetasa = 4/4 + 4/8$$

$$Rb = 8 * (8/9 / 2^8 / 125KHz) \text{ bits/sec}$$

$$Rb = 3472.22 \text{ bits/sec}$$

El modelo que brinda el cálculo es de Okumura-Hata y a su vez se realizará el procedimiento de corrección por zona de recepción para un sector suburbano, en donde se desarrolló el tramo elegido.

Perdida básica de propagación:

$$Lbu = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(ht) - a(hm) + (44.9 - 6.55 \log(ht)) \log(d) \quad (3)$$

$$a(hm) = 3.2 * (\log 11.75(hm))^2 - 4.97 \quad (4)$$

Tabla 2. Interpretación de las variables.

Nombre	Interpretación
f	frecuencia portadora
ht	altura estación base
hm	altura antena móvil
d	distancia entre la estación base y terminal (km)

$$a(hm) = 3.2 * (\log 11.75(10))^2 - 4.97$$

$$a(hm) = 8.74$$

$$Lbu = 69.55 + 26.16 \log(868Mhz) - 13.82(\log(10)) - 8.74 + (44.9 - 6.55 \log(10)) \log(10Km)$$

$$Lbu = 434.22$$

Zona Suburbana: corrección por zona de recepción

$$Lb = Lb - 2(\log \frac{f}{28})^2 - 5.4 \quad (5)$$

$$Lb = 434.22 - 2(\log \frac{868Mhz}{28})^2 - 5.4$$

$$Lb = 318.58 \text{ dB}$$

Mediante el resultado, el modelo permite tener la probabilidad de una señal que llegue o no a su destino desde el transmisor al receptor, ya que con dicho resultado de la zona suburbana se predice la pérdida.

3. Metodología

Se establece un prototipo de red IoT para el desarrollo de una tecnología de baja potencia y áreas extensas, con lo cual en el trabajo se proyecta el manejo del Internet de las cosas permitiendo abrir un conocimiento a varias aplicaciones en conjunto con la tecnología LoRa a una frecuencia de 868 MHz. La Figura 2 muestra la arquitectura en diagrama de bloques implementada en el prototipo IoT.

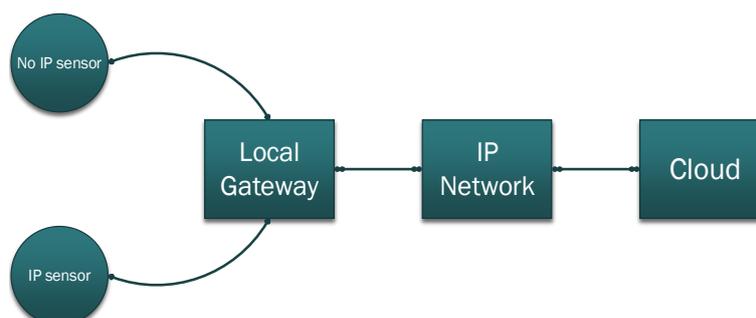


Figura 2. Arquitectura de IoT.

Para formar una red en el sentido de valoración y estudio de LoRa, el diseño de la arquitectura y topología son el pilar fundamental para el desarrollo de una conexión de amplio alcance a través del Gateway que permite a los dispositivos recibir los datos transmitidos y luego reenviarlos en paquetes a un servidor centralizado, siendo el puente entre los dispositivos finales y una red central (servidor). En LoraWAN Cloud o servidor se utiliza la plataforma IoT con Matlab analítico ThingSpeak, el cual permite trabajar con las placas de LoRa y a su vez con Arduino que ofrece el servidor central para monitorear mediante el *gateway* y visualizar los parámetros necesarios que proporciona el vehículo en movimiento, sobre todo supervisar a un alto nivel con la tecnología inalámbrica.

Los sensores del prototipo tienen limitaciones en cuanto a la autonomía de energía y no tienen la posibilidad de un soporte de funcionalidades directas de obtener direcciones IP, por lo que hacen el uso de un *gateway* para emplear la red IP que es más ampliamente utilizada. Por otro lado, tanto en la analítica de la información, como en la visualización se hace el uso del servicio de nube ThingSpeak. La red implementada quiere ofrecer al usuario la opción de optar por una tecnología de bajo costo con una amplia área de conexión, pero con muchas prestaciones inalámbricas.

Las plataformas virtuales como herramientas de la IoT permiten asociar la tecnología usada para recopilar los datos históricos y reportes detallados, la accesibilidad está orientado al manejo del usuario mediante las herramientas informáticas para informar de algún problema o posicionamiento que no brindan los vehículos de fábrica.

Por otro lado, ThingSpeak ofrece la alternativa de tener un servidor propio para guardar los datos recopilados y así poder tener un conjunto de parámetros medidos o adquiridos mediante un nodo incorporado en el vehículo. La conexión que realiza los equipos hacia el Gateway tiene una configuración directamente con el ambiente virtual en el ámbito de escoger que valores se pretende medir de forma visual como en la Figura 3.

Además, para implementar la idea de registrar los parámetros a nivel vehicular se opta por tomar las medidas directamente de los sensores a través del diagrama de la unidad de control electrónica que se la conoce como el cerebro que se encuentra en cada vehículo para gestionar la combustión interna del motor. Mediante el diagrama del automotor se busca ubicar la posición de los sensores para realizar las mediciones de voltaje y resistencia, que servirán más adelante en la programación. IoT necesita de actualizaciones para brindar un registro y un reporte confiable hacia el usuario, por tal motivo a los equipos Shield de LoRa se incorpora un equipo GPRS que brinda un enlace altamente fiable para enviar los datos directamente a la WEB, a su vez LORAWAN se conectan a una o más puertas de enlace, mediante una conexión inalámbrica de un solo salto, usando tecnología RF LoRa. En el sitio web se tiene una base de datos (mysql) [14] que proporciona un paquete para almacenar varias funciones de los requerimientos de la red vehicular, que en este caso la velocidad, conectividad y seguridad hacen un gestor apropiado para acceder al IoT.

En el monitoreo con respecto a la ubicación del automotor, los valores se representan en la latitud y longitud mediante el módulo GPS Shield de LoRa, y cuyo sitio web consta con un registro de hora y fecha en la cual se actualiza la recepción de datos y luego se visualiza un espectro de gráficas de forma independiente para cada sensor, Figura 4, y se dispone de una opción la cual interpreta la ubicación del vehículo y se muestra en *Google Maps* como se muestra en la Figura 5. Al ser graficados también proporciona un reporte PDF que se desplegara mediante una tabla los datos receptados.

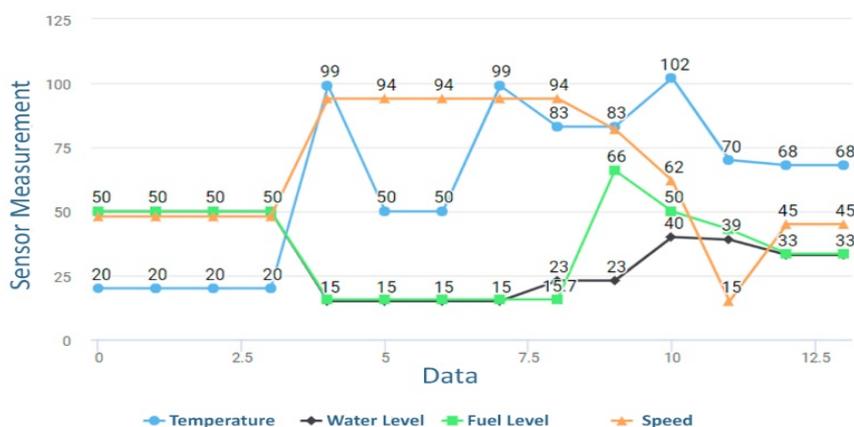


Figura 3. Interfaz WEB con los datos receptados.

03/10/2018		19/11/2018					
VEHICLE				Update	PDF Report	Delete	
Date	Time	Temperature	Water	Gasoline	Speed	Latitude	Longitude
2018-10-25	08:57:06	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:19	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:33	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:47	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-29	14:00:27	99	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:01:14	50	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:01:35	50	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:06:23	99	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:06:51	83	23	15.7	94	-0.218229	-0.21824

Figura 4. Datos Adquiridos de la página WEB.

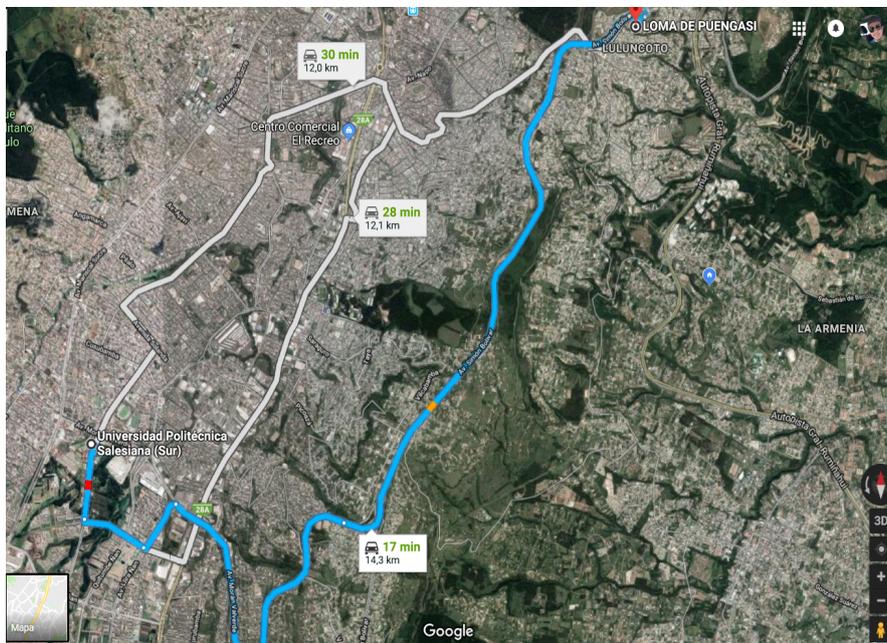


Figura 5. Ubicación del tramo recorrido.

A través de un modelo matemático expresado en las Ecuaciones 3, 4 y 5 se obtiene la pérdida básica de propagación en función de las alturas de las antenas de la estación base y móvil, también la distancia como la frecuencia. El método de cálculo proporciona buenos resultados para entornos suburbanos y urbanos en el cual desarrolla las pruebas de conectividad con el vehículo.

4. Análisis de Resultados

A través del ambiente virtual, mediante la tecnología ThingSpeak se observa la adquisición de datos desde el servidor ARDUINO y DRAGINO, para obtener la conectividad en modulación de radiofrecuencia. Para cumplir la arquitectura que ofrece la IoT y LoRaWAN, se utiliza los sensores de Dragino Propios de LORA y se usa la comunicación GPRS para obtener parámetros sin pérdidas de datos conectando directamente. En la Figura 6 se observan los parámetros de forma visual mediante histogramas y la ubicación global del canal creado.

Cada medición adquirida por el Gateway y enlace directo con la plataforma propia de la IoT, se registra con el movimiento del vehículo y conducción del automotor por la zona de baja cobertura. ThingSpeak ofrece un detalle individual de cada parámetro como se ve en la Figura 7.

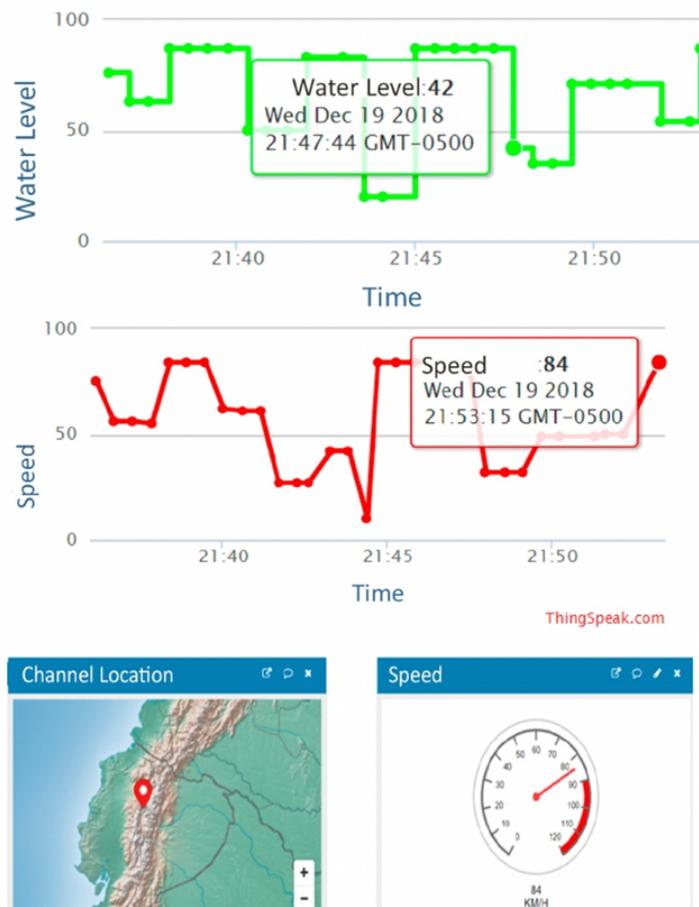


Figura 6. Interfaz ThingSpeak.

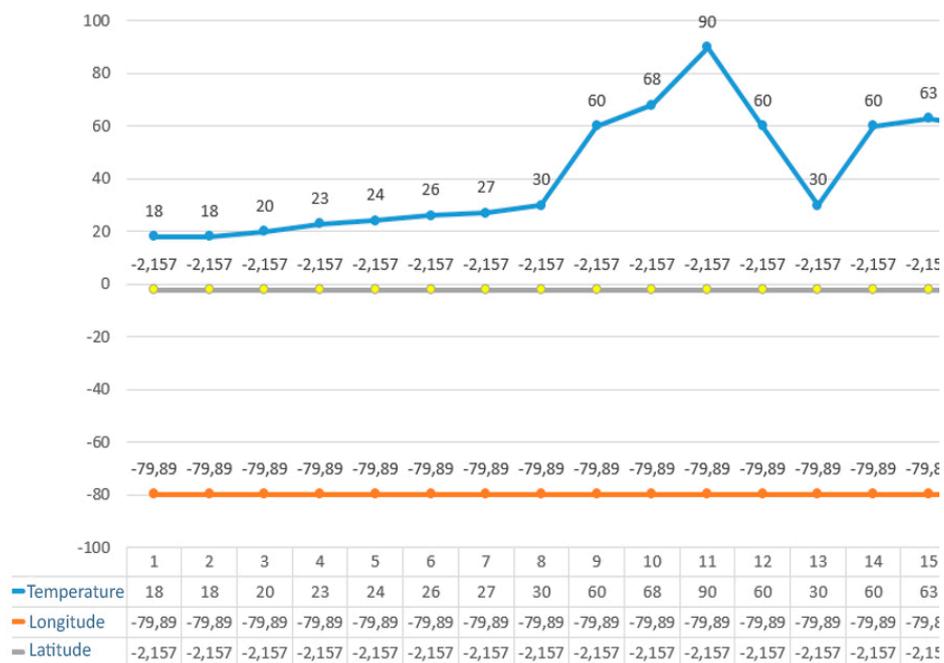


Figura 7. Latitud/Longitud y Temperatura en ThingSpeak.

En la Figura 8 se presentan los gráficos y reportes adquiridos mediante el servidor a través de los módulos Shield de LoRa, el sitio Web presenta la opción de generar un archivo con los datos adquiridos mediante una tabla detallada de la hora y fecha que se registra con los parámetros del sensor, con esto se tiene la opción de actualizar los datos en el momento que se desee tomar, aunque automáticamente se realiza su adquisición entre 10 a 15 segundos.

La opción extra que brinda el dinamismo del ambiente virtual proporciona una ubicación exacta del vehículo o el nodo donde está supervisando los parámetros mediante la opción como se muestra en la Figura 9. Los datos mostrados en el ambiente virtual se despliegan en forma de lista, pero tenemos la opción de generar un resumen con un reporte como se observa en la Figura 10 que es generado por el sitio WEB.

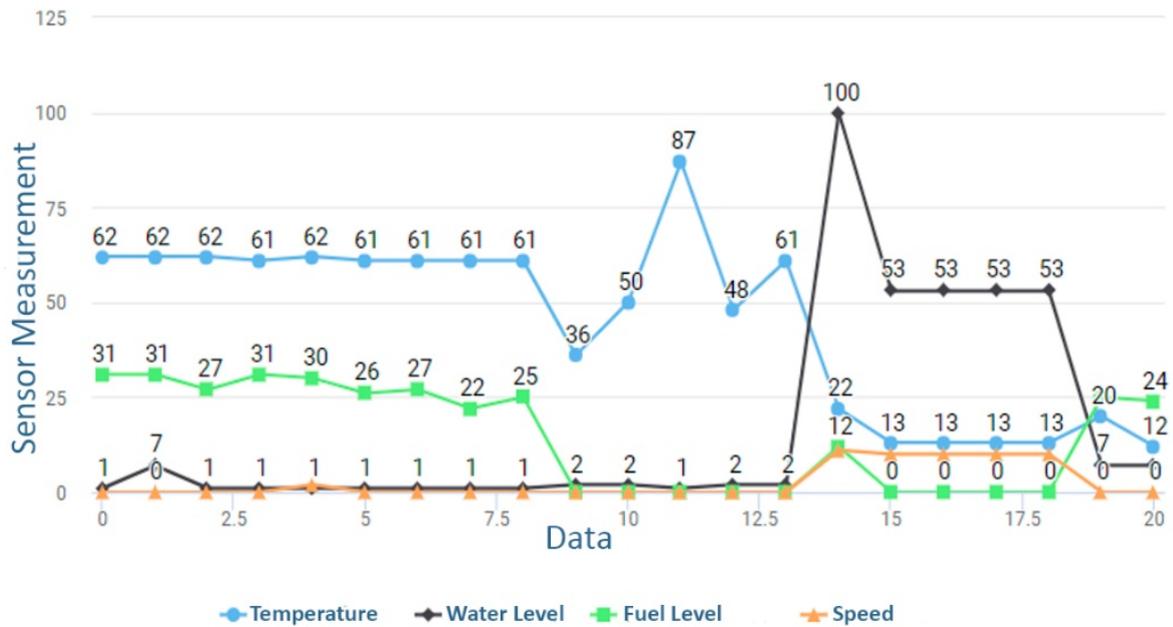


Figura 8. Representación de los datos adquiridos por el nodo Shield GPS LoRA.

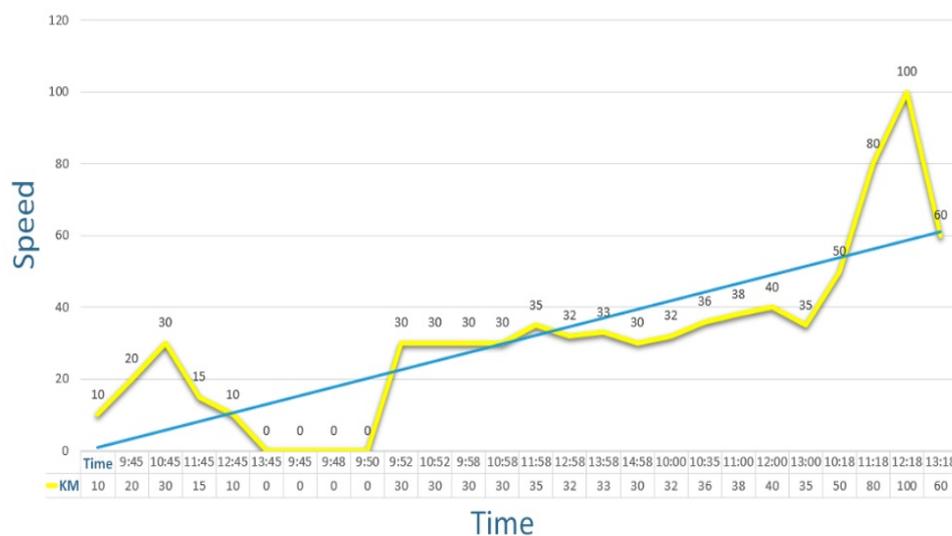


Figura 9. Representación general de los parámetros vehicular.

DATE	TIME	TEMP.	WATER	GASOLINE	SPEED	LATITUDE	LONG.
2018-10-25	08:57:06	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:19	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:33	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-25	08:57:47	20	50	50	48	-0.2431	-78.537
2018-10-29	14:00:27	99	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:01:14	50	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:01:35	50	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:06:23	99	15	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:06:51	83	23	15.7	94	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:07:27	83	23	66	82	-0.218229	-0.21824
2018-10-29	14:08:13	102	40	50	62	-0.218229	-0.21824
2018-10-30	10:28:04	70	39	43	15	-0.2431	-78.537
2018-10-30	10:29:24	68	33	33.5	45	-0.2431	-78.537
2018-10-30	10:29:48	68	33	33.5	45	-0.2431	-78.537

Figura 10. Reporte de los Sensores en el vehículo.

5. Conclusiones

El presente trabajo permite consolidar el concepto de Ciudades inteligentes y la idea de implementar nuevas tecnologías inalámbricas de baja potencia con extensas áreas de cobertura. Al implementar los módulos de LoRA como es el caso del nodo Shield GPS como un prototipo, se puede determinar la cobertura que ofrece dicha red y las ventajas relevantes para el sector vehicular, optimizando tiempos de recepción en la pérdida de datos que se presentan en tramos de difícil acceso. En este caso el uso del GPRS siendo una extensión GSM permite el acceso múltiple FDMA/TDMA, que además los datos proporcionados mediante las plataformas virtuales brindan la opción de adquirir estos en cualquier momento a través del Internet de las cosas y una red segura orientada al usuario.

Una gran contribución de este artículo es implementar una nueva tecnología de Radio Frecuencia conocida como LORA y a su vez el protocolo LORAWAN, que permite entrar en una nueva área inalámbrica y sobretodo una solución en varios ámbitos que se mencionaran en los trabajos futuros, por lo tanto el realizar comunicaciones bidireccionales y comunicaciones GPRS se compromete a tener un conexión segura en todo momento al trasladarse a cualquier parte el automotor y tener una supervisión contante de los parámetros que presente la mecánica de automotor.

5.1 Futuros Trabajos

Se plantea como trabajo futuro, implementar la tecnología LoRa orientado a vehículos en una flota de Taxis para coordinar rutas durante el día y así tener un ágil monitoreo para evitar robos y prevenir fallas mecánicas para consolidar el buen servicio al usuario, Por otro lado un método seguro en la entrega de mensajería con Drones, sería implementar la Tecnología GSM con GPRS e IOT para adquirir los datos mediante los equipos LoRa, para gestionar rutas a largo alcance dentro de una ciudad que permitirá ser más rentable el servicio por la empresa que a la par se debe incorporar el buen manejo de suministro de energía tanto para el DRON como para la tecnología implementada. Otro aspecto a tener en cuenta para un estudio a futuro es implementar Dispositivos Finales de Clase A como son los RN2483 con comunicación bidireccional para la supervisión del vehículo y según los datos a receptor tener un banco de reserva para suministrar agua al vehículo y a su vez corregir algún desperfecto sin necesidad de parar la movilidad del usuario con la finalidad de su autonomía.

6. Referencias

- [1] Castro Correa, J. A., Sepúlveda Mora, S. B., Medina Delgado, B., Guevara Ibarra, D., López Bustamante, O. (2019). Vehicle Geolocation System Using the GSM/GPRS Network and Arduino Technology. *Revista EIA*, 16 (31), 145-157. doi: <https://dx.doi.org/10.24050/reia.v16i31.1269>
- [2] Liu, J., Xu, W., Hu, W. (2018). Energy Efficient LPWAN Decoding via Joint Sparse Approximation. Trabajo presentado en *16th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys)*, New York, NY, USA. doi: <https://doi.org/10.1145/3274783.3275165>

- [3] Li, Y., Han, S., Yang, L., Wang, F. Y., Zhang, H. (2018). LoRa on the Move: Performance Evaluation of LoRa in V2X Communications. Trabajo presentado en *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, Changshu. doi: <https://dx.doi.org/10.1109/IVS.2018.8500655>
- [4] Smieja, M., Duda, K., Mamala, J. (2018). LoRaWAN Networks in Automotive Applications. *Journal of KONES Powertraing and Transport*, 25 (3), 1-5. Recuperado de: <https://content.sciendo.com/downloadpdf/journals/kones/25/3/article-p431.xml>
- [5] Wang, S. Y., Zou, J. J., Chen, Y. R., Hsu, C. C., Cheng, Y. H., Chang, C. H. (2018). Long-Term Performance Studies of a LoRaWAN-based PM2.5 Application on Campus. Trabajo presentado en *IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Porto, Portugal. doi: <https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2018.8417489>
- [6] Bor, M., Roedig, U. (2017). LoRa Transmission Parameter Selection. Trabajo presentado en *13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, Ottawa, ON, Canada. doi: <https://doi.org/10.1109/DCOSS.2017.10>
- [7] Temprihlo, A., Nóbrega, L., Pedreiras, P., Gonçalves, P., Silva, S. (2018). M2M Communication Stack for Intelligent Farming. Trabajo presentado en *Global Internet of Things Summit (GIoTS)*, Bilbao, Spain. doi: <https://doi.org/10.1109/GIOTS.2018.8534560>
- [8] Pasha, S. (2016). Thingspeak Based Sensing and Monitoring System for IoT with Matlab Analysis. *International Journal on New Technology and Research (IJNTR)*, 2 (6), 19–23. Recuperado de: https://www.ijntr.org/download_data/IJNTR02060018.pdf
- [9] Rico-Bautista, D., Sánchez-Espinosa, L., Portillo-Ballesteros, E. Y. (2014). Redes Mesh, una alternativa a problemas de cobertura de red: una revisión de literatura. *Revista Ingenio*, 7 (1), 27-42. Recuperado de: <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2031>
- [10] Vejlggaard, B., Lauridsen, M., Nguyen, H., Kovacs, I. Z., Mogensen, P., Sorensen, M. (2017). Coverage and Capacity Analysis of Sigfox, LoRa, GPRS, and NB-IoT. Trabajo presentado en *IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Sydney, NSW, Australia. doi: <https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2017.8108666>
- [11] Avila Campos, P. E. (2017). *Evaluación del Rango de Transmisión de LoRa para Redes de Sensores Inalámbricas con LoRaWAN en Ambientes Forestales* (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28504>
- [12] Narváez Matituy, Y. E., Ordoñez Hurtado, A. F. (2012). Análisis del desempeño de un sistema de comunicación de datos de corto alcance vía radio en 2.4 ghz basado en espectro ensanchado por secuencia directa. *Revista de Investigaciones de la Universidad de Quindío*, 23 (1), 40–47.
- [13] Córdova, H., Chávez, P. (2013). Estudio, Modelamiento y Simulación de Sistemas de Espectro Ensanchado Secuencia Directa y Salto De Frecuencia. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 18 (1), 1-8. Recuperado de: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/221>
- [14] Xie, X., Lv, Y., Mu, Z., Bian, P., Ji, J., Xu, L., Wan, N. (2018). An Intelligent Smoke Detector System Based on LoRa and Indoor Positioning. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, 268-273. doi: <https://doi.org/10.12783/dtcese%2Fccnt2018%2F24711>