



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

**CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN
SISTEMAS EMBEBIDOS**

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

**Sistema de sensores autónomos para
monitoreo de redes de distribución de
baja tensión mediante LoRaWAN**

Autor:

Ing Milton Eduardo Sosa

Director:

Marcelo Romeo (UNSaM)

Jurados:

Gustavo Mercado (UTN-FRM)

Javier Kolodziej (UNaM-FIO)

Gerardo Sager (UNLP)

*Este trabajo fue realizado en la Ciudad de Munich, Alemania,
entre Junio de 2020 y Abril de 2021.*

Resumen

En la presente memoria se describe el desarrollo e implementación de un sistema cuya función es determinar valores eficaces de corriente alterna en sistemas metropolitanos de distribución de energía eléctrica en baja tensión. Además, es capaz de reportar estados a un centro de operaciones mediante el uso de una red LoRaWAN de acceso público e implementa el uso de tecnologías alternativas de acumulación de energía.

El sistema desarrollado otorga mayor granularidad de información sobre el estado de operación de las redes eléctricas, brindando información valiosa sobre eventos recurrentes, en pro de delinear acciones correctivas y/o preventivas para mejorar la calidad de servicio.

Agradecimientos

A mi familia, director y colaboradores.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Estaciones transformadoras	1
1.2. Medidores de energía	1
1.3. Estado del arte y problemática identificada	2
1.4. Objetivos y alcance	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.4.3. Alcances	5
2. Introducción específica	7
2.1. Estilo y convenciones	7
2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones	7
2.1.2. Este es el título de una subsección	7
2.1.3. Figuras	8
2.1.4. Tablas	9
2.1.5. Ecuaciones	10
3. Diseño e implementación	13
3.1. Análisis del software	13
4. Ensayos y resultados	15
4.1. Pruebas funcionales del hardware	15
5. Conclusiones	17
5.1. Conclusiones generales	17
5.2. Trabajo a futuro	18
Bibliografía	19

Índice de figuras

1.2. Medidor de energía digital con complemento para telemedición mediante GSM. Imagen tomada de [2]	3
1.3. Fusible seccionador aéreo tipo NH usualmente utilizado en líneas de distribución de baja tensión	3
1.4. Un árbol caído sobre las líneas de distribución aéreas de baja tensión luego de una breve tormenta en la ciudad de Posadas, Misiones. Imagen tomada de [3]	4
2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.	8
2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador ¹	9
2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?	9
2.4. Tres gráficos simples	9

Índice de tablas

2.1. caption corto	10
------------------------------	----

Capítulo 1

Introducción general

1.1. Estaciones transformadoras

Se denomina estación transformadora al conjunto de equipos electromecánicos responsables de convertir la energía eléctrica variando uno o más de sus principales parámetros, que son tensión y corriente. Esta conversión se logra a través del componente más importante del conjunto, el transformador. La finalidad de convertir la energía eléctrica, que puede ser elevando o reduciendo el nivel de tensión, es poder transmitir y distribuir esa energía hacia los receptores que pueden ser consumidores finales tales como residencias familiares o polos industriales.

Por convención se denomina Estación Transformadora (E.T.) cuando en el proceso se ven involucrados valores considerados de alta tensión (mayor a 66 kV) y Subestación Transformadora (S.E.T.) en el caso de tensiones menores a 66 kV [1]. Para la distribución hacia los consumidores finales, se utilizan las denominadas Subestaciones Transformadoras Aéreas (S.E.T.A.) que convierten la tensión disminuyendo su valor de media a baja tensión.

Para poder obtener energía eléctrica a la salida en óptimas condiciones de calidad y disponibilidad, resulta fundamental administrar y controlar los valores intrínsecos que componen la transmisión y recepción de la misma. Esto se logra a través de instrumentos de medición de tensión y corriente, tanto a la entrada (alta tensión) como a la salida (media tensión) de la conversión. Por otro lado, con el fin de mantener y preservar los equipos electromecánicos se consideran de gran importancia otros valores físicos como temperatura y humedad.

1.2. Medidores de energía

Llegado el momento de entregar la energía al usuario final, es indispensable cuantificarla para luego comercializarla. Las distribuidoras del servicio utilizan medidores de energía electromecánicos o electrónicos, que registran en todo momento la energía acumulada que fluye por el mismo.

La medición de corriente puede ser directa, vinculando los conductores de alimentación de la carga directamente al medidor o indirecta. Una medición indirecta consiste en reducir los valores de corriente de carga a través de transformadores de corriente (TI) y vincular sus secundarios al medidor 1.1. Este último



FIGURA 1.1. Medición indirecta de corriente empleando transformadores de corriente (TI).¹

método se emplea en casos donde la corriente calculada supera el valor permitido por el medidor de energía, por lo que es necesario multiplicar el valor de la lectura por un coeficiente correspondiente a la relación de transformación del TI.

En la actualidad algunas prestadoras del servicio eléctrico han adoptado estrategias de medición inteligente similares a la presentada en la figura 1.2. En este esquema los equipos de medición se reportan a centros de operación a través de una red de comunicaciones móvil, como por ejemplo GSM.

El concepto de telemedición aporta además de lo comercial, valiosa información técnica, ya que los centros de operaciones conocen en todo momento el estado del medidor con la posibilidad de detectar fallas o la interrupción del servicio eléctrico.

1.3. Estado del arte y problemática identificada

En Sudamérica, gran parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica y sus tercerizadas, basan parte de sus operaciones en el contacto directo con los usuarios finales mediante reclamos para informarse acerca de interrupciones en el servicio de distribución de energía eléctrica. Una vez recibido un reclamo, la prestadora de servicios envía al grupo de operaciones especializado a recorrer el área circundante al cliente y tratar de determinar el motivo de la interrupción del servicio.

Un hecho común en el nordeste Argentino y particularmente en la provincia de Misiones es la destrucción de fusibles aéreos como el presentado en la figura 1.3.

¹Imagen tomada por el autor



FIGURA 1.2. Medidor de energía digital con complemento para telemedición mediante GSM. Imagen tomada de [2]



FIGURA 1.3. Fusible seccionador aéreo tipo NH usualmente utilizado en líneas de distribución de baja tensión

Estos fusibles conectados inmediatamente a la salida de baja tensión y en serie con las líneas de distribución, cumplen la función de protección por sobrecorriente debido a picos de consumo o cortocircuitos causados por desastres naturales como el de la figura 1.4. Los fusibles involucrados actúan de manera correcta autodestruyéndose e interrumpiendo el paso de corriente.

Este esquema presentado, resulta aún precario y no efectivo en cuanto a la rapidez para determinar la localización geográfica donde se ha generado una falla, lo que resulta en una inferior calidad de servicio prestado al cliente.

Cabe mencionar que la mayoría de las redes de distribución de baja tensión en 380/220V no poseen la capacidad de brindar algún otro servicio agregado. Algunas redes de media (33 kV) y alta tensión (132 kV) las cuales sin embargo, pueden albergar un conjunto de pelos de fibra óptica (OPGW) los cuales pueden



FIGURA 1.4. Un árbol caído sobre las líneas de distribución aéreas de baja tensión luego de una breve tormenta en la ciudad de Posadas, Misiones. Imagen tomada de [3]

ser utilizados para brindar servicios a terceras partes como empresas de telefonía o bien para monitoreo de la red propiamente dicha. Sin embargo, estas OPGW demuestran cierta vulnerabilidad frente a condiciones climáticas extremas tales como descargas atmosféricas y por lo tanto tienen un alto costo de mantenimiento [4].

[5] y [6] comparten una arquitectura de 3 capas: física, red y aplicación para sistemas de smart grid. A partir del entorno donde residirá la aplicación y su objetivo final, surgen diferentes estrategias de control. Así también, la selección de sensores de diferente tipo tales como meteorológicos e infraestructura [6] o bien de cargas eléctricas que residen dentro de un entorno controlado haciendo uso de redes de diferente tipo [5].

Las tecnologías emergentes propias de IoT tales como las redes de comunicación de baja potencia y largo alcance LPWAN [7], y las redes tipo malla se analizan y comparan en [8] como las tecnologías disponibles y viables para dotar de una infraestructura de comunicaciones a las redes de distribución metropolitanas. En [9] y [10] se presentan sistemas de medición de temperatura autónomos utilizando transductores termoelectrónicos y electromagnéticos para conversión de energía térmica o electromagnética en energía eléctrica para alimentar la electrónica involucrada y cargar un acumulador.

1.4. Objetivos y alcance

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema capaz de determinar valores eficaces de corriente alterna en sistemas metropolitanos de distribución de energía eléctrica en baja tensión y reportar estados a un centro de operaciones a través de una red LoRaWAN de acceso público.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el uso de un supercapacitor como reemplazo de una batería convencional.

- Desarrollar una electrónica de ultra bajo consumo para maximizar la autonomía de operación del supercapacitor.

1.4.3. Alcances

En el presente proyecto se desarrollan los siguientes temas:

- Circuito de conversión de energía basado en rectificadores de alta eficiencia.
- Acumulador de energía basado en supercapacitores
- Patrón de firmware implementado en el microcontrolador para optimizar el uso de energía del acumulador.
- Medición de valor RMS de corriente mediante transformador de corriente.
- Tecnología LoRaWAN.
- Recuperación, almacenamiento y presentación de datos generados por los nodos finales.

Si bien el proyecto es parte de un plan de creación de una PyME del autor, no es parte del alcance ni se cubren en este documento las etapa de lanzamiento de producto ni creación de la empresa.

Capítulo 2

Introducción específica

Todos los capítulos deben comenzar con un breve párrafo introductorio que indique cuál es el contenido que se encontrará al leerlo. La redacción sobre el contenido de la memoria debe hacerse en presente y todo lo referido al proyecto en pasado, siempre de modo impersonal.

2.1. Estilo y convenciones

2.1.1. Uso de mayúscula inicial para los título de secciones

Si en el texto se hace alusión a diferentes partes del trabajo referirse a ellas como capítulo, sección o subsección según corresponda. Por ejemplo: “En el capítulo **1** se explica tal cosa”, o “En la sección **2.1** se presenta lo que sea”, o “En la subsección **2.1.2** se discute otra cosa”.

Cuando se quiere poner una lista tabulada, se hace así:

- Este es el primer elemento de la lista.
- Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

Si se desea poner una lista numerada el formato es este:

1. Este es el primer elemento de la lista.
2. Este es el segundo elemento de la lista.

Notar el uso de las mayúsculas y el punto al final de cada elemento.

2.1.2. Este es el título de una subsección

Se recomienda no utilizar **texto en negritas** en ningún párrafo, ni tampoco texto subrayado. En cambio sí se debe utilizar *texto en itálicas* para palabras en un idioma extranjero, al menos la primera vez que aparecen en el texto. En el caso de palabras que estamos inventando se deben utilizar “comillas”, así como también para citas textuales. Por ejemplo, un *digital filter* es una especie de “selector” que permite separar ciertos componentes armónicos en particular.

La escritura debe ser impersonal. Por ejemplo, no utilizar “el diseño del firmware lo hice de acuerdo con tal principio”, sino “el firmware fue diseñado utilizando tal principio”.

El trabajo es algo que al momento de escribir la memoria se supone que ya está concluido, entonces todo lo que se refiera a hacer el trabajo se narra en tiempo pasado, porque es algo que ya ocurrió. Por ejemplo, "se diseñó el firmware empleando la técnica de test driven development".

En cambio, la memoria es algo que está vivo cada vez que el lector la lee. Por eso transcurre siempre en tiempo presente, como por ejemplo:

"En el presente capítulo se da una visión global sobre las distintas pruebas realizadas y los resultados obtenidos. Se explica el modo en que fueron llevados a cabo los test unitarios y las pruebas del sistema".

Se recomienda no utilizar una sección de glosario sino colocar la descripción de las abreviaturas como parte del mismo cuerpo del texto. Por ejemplo, RTOS (*Real Time Operating System*, Sistema Operativo de Tiempo Real) o en caso de considerarlo apropiado mediante notas a pie de página.

Si se desea indicar alguna página web utilizar el siguiente formato de referencias bibliográficas, dónde las referencias se detallan en la sección de bibliografía de la memoria, utilizado el formato establecido por IEEE en [12]. Por ejemplo, "el presente trabajo se basa en la plataforma EDU-CIAA-NXP [CIAA], la cual...".

2.1.3. Figuras

Al insertar figuras en la memoria se deben considerar determinadas pautas. Para empezar, usar siempre tipografía claramente legible. Luego, tener claro que **es incorrecto** escribir por ejemplo esto: "El diseño elegido es un cuadrado, como se ve en la siguiente figura:"



La forma correcta de utilizar una figura es con referencias cruzadas, por ejemplo: "Se eligió utilizar un cuadrado azul para el logo, como puede observarse en la figura 2.1".



FIGURA 2.1. Ilustración del cuadrado azul que se eligió para el diseño del logo.

El texto de las figuras debe estar siempre en español, excepto que se decida reproducir una figura original tomada de alguna referencia. En ese caso la referencia de la cual se tomó la figura debe ser indicada en el epígrafe de la figura e incluida como una nota al pie, como se ilustra en la figura 2.2.

FIGURA 2.2. Imagen tomada de la página oficial del procesador¹.

La figura y el epígrafe deben conformar una unidad cuyo significado principal pueda ser comprendido por el lector sin necesidad de leer el cuerpo central de la memoria. Para eso es necesario que el epígrafe sea todo lo detallado que corresponda y si en la figura se utilizan abreviaturas entonces aclarar su significado en el epígrafe o en la misma figura.



FIGURA 2.3. ¿Por qué de pronto aparece esta figura?

Nunca colocar una figura en el documento antes de hacer la primera referencia a ella, como se ilustra con la figura 2.3, porque sino el lector no comprenderá por qué de pronto aparece la figura en el documento, lo que distraerá su atención.

Otra posibilidad es utilizar el entorno *subfigure* para incluir más de una figura, como se puede ver en la figura 2.4. Notar que se pueden referenciar también las figuras internas individualmente de esta manera: 2.4a, 2.4b y 2.4c.



(A) Un caption.



(B) Otro.



(C) Y otro más.

FIGURA 2.4. Tres gráficos simples

El código para generar las imágenes se encuentra disponible para su reutilización en el archivo **Chapter2.tex**.

2.1.4. Tablas

Para las tablas utilizar el mismo formato que para las figuras, sólo que el epígrafe se debe colocar arriba de la tabla, como se ilustra en la tabla 2.1. Observar que sólo algunas filas van con líneas visibles y notar el uso de las negritas para los encabezados. La referencia se logra utilizando el comando `\ref{<label>}` donde label debe estar definida dentro del entorno de la tabla.

¹Imagen tomada de <https://goo.gl/images/i7C70w>

```

\begin{table}[h]
\centering
\caption[caption corto]{caption largo más descriptivo}
\begin{tabular}{l c c}
\toprule
\textbf{Especie} & \textbf{Tamaño} & \textbf{Valor}\\
\midrule
Amphiprion Ocellaris & 10 cm & \$ 6.000 \\
Hepatus Blue Tang & 15 cm & \$ 7.000 \\
Zebrasoma Xanthurus & 12 cm & \$ 6.800 \\
\bottomrule
\hline
\end{tabular}
\label{tab:peces}
\end{table}

```

TABLA 2.1. caption largo más descriptivo

Especie	Tamaño	Valor
Amphiprion Ocellaris	10 cm	\$ 6.000
Hepatus Blue Tang	15 cm	\$ 7.000
Zebrasoma Xanthurus	12 cm	\$ 6.800

En cada capítulo se debe reiniciar el número de conteo de las figuras y las tablas, por ejemplo, figura 2.1 o tabla 2.1, pero no se debe reiniciar el conteo en cada sección. Por suerte la plantilla se encarga de esto por nosotros.

2.1.5. Ecuaciones

Al insertar ecuaciones en la memoria dentro de un entorno *equation*, éstas se numeran en forma automática y se pueden referir al igual que como se hace con las figuras y tablas, por ejemplo ver la ecuación 2.1.

$$ds^2 = c^2 dt^2 \left(\frac{d\sigma^2}{1 - k\sigma^2} + \sigma^2 [d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2] \right) \quad (2.1)$$

Es importante tener presente que si bien las ecuaciones pueden ser referidas por su número, también es correcto utilizar los dos puntos, como por ejemplo “la expresión matemática que describe este comportamiento es la siguiente:”

$$\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V(\mathbf{r}) \Psi = -i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (2.2)$$

Para generar la ecuación 2.1 se utilizó el siguiente código:

```

\begin{equation}
\label{eq:metric}
ds^2 = c^2 dt^2 \left( \frac{d\sigma^2}{1-k\sigma^2} + \right.
\sigma^2 \left[ d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2 \right] \left. \right)
\end{equation}

```

Y para la ecuación 2.2:

```
\begin{equation}
\label{eq:schrodinger}
\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V(\mathbf{r})\Psi =
-i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}
\end{equation}
```


Capítulo 3

Diseño e implementación

3.1. Análisis del software

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno `lstlisting` con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER]; //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER]; //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
28 }
```

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

Capítulo 4

Ensayos y resultados

4.1. Pruebas funcionales del hardware

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

El sistema desarrollado, en concordancia con el objetivo general, conforma una herramienta económica para la prestadora del servicio de energía. Esta herramienta está diseñada para otorgar mayor granularidad de información sobre el estado de operación de las redes, sin implicar cambios significativos de infraestructura. Por otra parte, el análisis de la información suministrada permite identificar eventos recurrentes y evaluar sus posibles causas para poder delinear acciones correctivas y/o preventivas para mejorar la calidad de servicio.

Cumplimentando todos los requerimientos planteados por el cliente, y el tiempo planteado en la planificación, se ha logrado el desarrollo exitoso del sistema en todas sus partes: HW, FW, BES; como así también su integración con la red LoRaWAN.

El uso de la red LoRaWAN de acceso público “The Things Network” elegida para el trabajo, ha funcionado durante todo el desarrollo sin problema alguno, demostrando así su buena cobertura y calidad de servicio a nivel global. Aun cuando el autor ha tenido que cambiar su localización geográfica de Europa a Sudamérica para realizar pruebas de laboratorio, la operación del sistema no se ha visto afectada en ningún aspecto.

El HW es capaz de convertir energía de CA proveniente del TI en otra de CC y almacenarla. Los resultados del Capítulo 4, demuestran que el uso de circuitos de *energy harvesting* en conjunto con tecnologías alternativas de acumulación en constante evolución como los SC, podrían ser posibles sustitutos de las baterías litio en aplicaciones autónomas que operen en régimen 24/7 y donde el rango de temperatura de operación necesaria sea mayor.

Las mediciones de valor RMS de corriente realizadas en el laboratorio, simulando la señal del TI con un GS [referencia al ensayo con GS] y usando una carga de prueba en [referencia al ensayo con carga de prueba], demostraron la linealidad del circuito de medición dentro del rango de medición adoptado.

A partir de los ensayos de consumo en modo deep sleep y autonomía de operación presentados en el capítulo 4, queda demostrado que el patrón “power save loop” ha tenido un impacto significativamente positivo en la gestión de energía del nodo.

El tiempo total de propagación de los datos generados desde el nodo in-situ hacia la red LoRaWAN, recuperación por los BES y presentación en la GUI, es de menos de 5 segundos. Este valor de tiempo de propagación para el reporte de un problema, es considerado excelente en contraste con la situación actual en la provincia de Misiones.

Un conjunto de software con abundante documentación tal como lo es LAMPP,

ha ayudado a reducir el tiempo requerido para la puesta en funcionamiento de los BES propios del proyecto y la integración con la red LoRaWAN a través de su API REST.

Durante la etapa de integración entre LoRaWAN y los BES, fue evidente el valor que tiene la unificación del uso del lenguaje de programación Python. Además de su uso para el desarrollo del FW, se lo utilizó para implementar mockups que emulen los datos generados por el HW. Mediante el uso de esta técnica se pudo garantizar un flujo de desarrollo totalmente desacoplado de la necesidad de involucrar el HW, pero sí con una interacción constante entre servicios WEB públicos y privados.

5.2. Trabajo a futuro

Cumplidos los requerimientos y finalizado el trabajo propuesto, se han identificado las siguientes áreas de mejoras a futuro tanto en HW como SW:

- Actualizar de manera inalámbrica el firmware (OTA): nuevas versiones del firmware del microcontrolador aportarán nuevas funcionalidades, correcciones o mejoras sobre las ya existentes en nodos desplegados. Sin embargo, desarrollar esta funcionalidad es de alta prioridad antes de que el sistema llegue a una etapa de lanzamiento de producto. De esta manera, se prescindirá de la necesidad de intervenir físicamente cada nodo para actualizarlo.
- Modularizar el PCB para realizar mediciones de 3 fases: dado que los sistemas de distribución son trifásicos, el HW deberá también permitir realizar mediciones de corrientes sobre las 3 fases del sistema. Para lograr esto se debería proponer una modularización de la etapa de medición de valor RMS de corriente.
- Integrar servicios de mensajería instantánea: si bien la GUI permite de manera rápida identificar sobre un mapa el punto geográfico donde la red presenta un problema o su estado actual de operación, contar con una aplicación similar para dispositivos móviles será de utilidad para el personal encargado de cumplir horarios de guardia.

Bibliografía

- [1] Asociación Electrotécnica Argentina. «AEA 95301 - Reglamentación Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión». En: Asociación Electrotécnica Argentina - AEA, 2007, pág. 13.
- [2] MYEEL. Meterlink. <https://www.myeel.com.ar/novedad/Meterlink>. Mayo de 2021. (Visitado 04-05-2021).
- [3] Misiones Online. *La breve tormenta que pasó por Posadas dejó a un árbol sujeto al tendido eléctrico y hay alerta entre los vecinos*. Visitado el 2021-05-04. 2020. URL: <https://misionesonline.net/2020/02/25/la-breve-tormenta-que-paso-por-posadas-dejo-a-un-arbol-sujeto-al-tendido-electrico-y-hay-alerta-entre-los-vecinos/>.
- [4] L. Lu Y. Liang B. Li y J. Guo. «Maintenance of the OPGW using a distributed optical fiber sensor». En: *International Conference on Power System Technology, Chengdu* (2014), págs. 1251-1256. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6993536>.
- [5] Eduardo Omar Sosa Milton Eduardo Sosa. «Internet de las Cosas en Entornos Académicos. Caso de Éxito en la Universidad de Misiones». En: *UBA Elektron* (2017). URL: <http://elektron.fi.uba.ar/index.php/elektron/article/view/9>.
- [6] H. Zhu Y. Zhen X. Chen L. Sun y H. Chen. «Application of Internet of Things in Power-Line Monitoring». En: *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discover* (2012), págs. 423-426.
- [7] Internet Engineering Task Force (IETF). *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1*. RFC 8376. Mayo de 2018. DOI: [10.17487/rfc2616](https://doi.org/10.17487/rfc2616). URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc8376>.
- [8] J. Filho y V. Moreli H. Filho. «The adequacy of LoRaWAN on smart grids: A comparison with RF mesh technology». En: *IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (2016).
- [9] S. Dalola y e. al. «Autonomous Sensor System With Power Harvesting for Telemetric Temperature Measurements of Pipes». En: *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 58 (2009), págs. 1471-1478.
- [10] X. Hua. *Power Management Techniques for Supercapacitor Based IoT Applications*. Disponible: 202-03-17. URL: <https://bit.ly/3eZlAjM>.
- [11] John Doe. *The Book without Title*. Dummy Publisher, 2100.
- [12] IEEE. *IEEE Citation Reference*. 1.^a ed. IEEE Publications, 2016. URL: <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> (visitado 26-09-2016).