

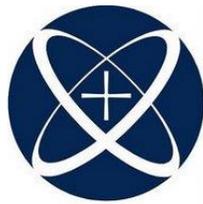
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática

Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

PAP PROGRAMA DE CIUDADES INTELIGENTES II



ITESO

Universidad Jesuita
de Guadalajara

4L05 - VIDA DIGITAL

**Demo SigFox, prueba de envío de mensajes con red celular, documentación,
estructura general y código nodo Waspote**

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería Electrónica. Galván Olvera Osmar Daniel

Profesor PAP: Mtro. Luis Eduardo Pérez Bernal

Tlaquepaque, Jalisco, diciembre de 2017

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	3
1. Introducción.....	4
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Justificación.....	5
1.3 Antecedentes.....	6
1.4. Contexto	7
2. Desarrollo	8
2.1. Sustento teórico y metodológico	8
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	10
2.3. Desarrollo de propuesta de mejora	14
3. Resultados del trabajo profesional.....	20
3.1. Productos obtenidos.....	20
3.2. Resultados alcanzados	20
3.3. Impacto(s) generado(s).....	21
4. Reflexiones	22
5. Conclusiones.....	25
6. Bibliografía.....	25
7. Anexos.....	26
7.1. A.Reporte técnico	26

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

Este documento describe la solución desarrollada y puesta en operación que forma parte del Programa Ciudades Inteligentes, dicho programa tiene como objetivo monitorear la calidad de un medio ambiente en base a una red de sensores.

El programa se basa en cuatro grandes líneas de implementación: Redes de sensores, Transmisión de datos, *Software* para analítica y Sistema de visualización. Aquí se describe un trabajo desarrollado específicamente en las líneas de Redes de sensores y Transmisión de datos, en él se estudian algunas de las herramientas de las cuales se dispone, para en la medida posible lograr crear la red más óptima de acuerdo a las especificaciones que se requieran.

Se ha desarrollado la documentación de la estructura general de algunos códigos para facilitar a cualquiera su comprensión y uso en periodos posteriores. La programación y puesta en operación de un nodo demostrativo con tecnología SigFox también es uno de los resultados aquí mostrados, así como la creación de nuevos códigos de prueba tanto para algunos sensores, como para pruebas de envío y recepción de mensajes y correos electrónicos con red celular mediante los nodos Waspote Libelium.

En el presente documento se muestra detalladamente cual fue la planeación, las investigaciones requeridas, capacitaciones, pruebas, así como los proceso de verificación y documentación del proyecto.

1. Introducción

1.1. Objetivos

Monitorear la calidad de un medio ambiente determinado mediante una red de sensores. La red ya ha sido creada y puesta en operación, sin embargo, se han de realizar diversas pruebas de funcionamiento y alcance con algunas de las herramientas que ya han sido adquiridas por parte de los responsables del programa, para verificar que sean de utilidad. También se ha de optimizar el funcionamiento de los nodos Libelium de red celular, agregando extensiones al código para que haga cosas como solicitar el estado del saldo con el operador y a su vez informar al administrador de la red cuando sea necesario adquirir más saldo. Se han de realizar la planeación, investigaciones requeridas, pruebas, procesos de verificación y documentación del proyecto.

Planeación: La definición de las actividades a desarrollar, los productos por entregar y un cronograma con las fechas de entrega y los tiempos que se han de asignar a cada cosa.

Investigaciones: En guías técnicas y manuales de referencia de las herramientas utilizadas para conocer a detalle cuáles son sus funciones, así como la investigación del contexto en que será utilizado cada uno de los productos, quienes, en donde o como será usado.

Pruebas: Poner en función las distintas herramientas, para saber cuál puede ser su alcance y restricciones.

Verificación: Probar creando perturbaciones que permitan saber que el sistema desarrollado es lo suficientemente robusto.

Documentación: Generar un reporte técnico en el cual se explique de manera breve lo que se ha desarrollado, para que esto pueda ser fácil de entender y replica en caso de ser necesario.

1.2. Justificación

Se pretende facilitar la generación de soluciones a los problemas ambientales que hoy existen, ya que el proyecto permitirá monitorear algunas de las variables ambientales contaminantes y en base a ello se podrán entonces generar diagnósticos que ayuden a juzgar de forma clara lo que pasa, para que una vez que los problemas sean claramente identificados se puedan buscar dichas soluciones.

El proyecto es interdisciplinario, por lo que el desarrollo científico es diverso aunque principalmente tecnológico, es innovador y esto hace que el campo de desarrollo sea aún mayor. En él participan alumnos a los que se les da una oportunidad de enfrentar problemas reales, poniendo así en acción sus conocimientos y aumentando sus estructura cognitiva.

Una vez que se desarrollen diagnósticos en base a los datos monitoreados, se podrá proveer de información que pueda ser interpretada por la sociedad en general para que así se pueda llegar a generar un cambio con respecto al cuidado que prestan los ciudadanos para el medio ambiente en que viven.

Los involucrados claves del proyecto son el Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir y el Mtro. Luis Eduardo Pérez Bernal, de forma directa están involucrados el departamento del PTI y el Sr. Sergio Nuño como director del Grupo de Servicios Generales dentro del Living-LAB ITESO.

Finalmente aunque no menos importante, el proyecto involucra también de forma indirecta a toda la comunidad ITESO, zonas aledañas e incluso parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara con la red urbana de monitoreo.

1.3 Antecedentes

Ya existe una solución propuesta, desarrollada y puesta en operación por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) como resultado de su vinculación con la empresa Hewlett Packard dentro del proyecto "Creación de un Living Lab para desarrollar soluciones en ciudades inteligentes" No. 221198 aprobado para su apoyo por parte del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2015 del CONACYT, en su modalidad Proinnova.

A parte del Living Lab, el programa cuenta con una red urbana de monitoreo que consta de varios nodos distribuidos en distintos puntos de la ciudad por lo que esto representa restricciones en los métodos de comunicación que pueden ser utilizados, debido a ello se ha decidido transmitir con módulos ZigBee, WiFi, y red celular, sin embargo, para hacer uso de la última es necesario estar recargando saldo al chip con el operador que corresponde.

El programa busca hacer lo más eficiente posible la red creada, por lo que nuevas tecnologías de comunicación han sido probadas, un nodo demostrativo SigFox ha sido creado y puesto parcialmente en operación, pero debido a las restricciones que este protocolo de comunicación presenta no ha sido factible enviar la variable del tiempo creada desde el microprocesador, decidiendo así utilizar la variable que el portal de desarrollo del proveedor proporciona, el reto que esto representa es que el formato utilizado en dicha variable es de tipo UNIX que es un formato no soportado por la base de datos en uso.

1.4. Contexto

Los problemas ambientales son cada vez un problema de mayor magnitud para la sociedad mundial. Guadalajara, Jalisco, México, lugar en el cual se desarrolla el proyecto es una de las ciudades en México con mayor número de habitantes según el INEGI en su encuesta Intercensal del 2015 y es también de las más contaminadas de acuerdo a la base de datos de la OMS sobre la contaminación y calidad del aire en 2016. Además Guadalajara ha sido también considerada la primera Ciudad Inteligente a nivel mundial según la IEEE.

En la red urbana de monitoreo se encuentra un nodo en la zona del Bosque de la Primavera Planillas, ayudando así a monitorear esta zona de la ciudad que es considerada como uno de sus pulmones ya que es de las áreas verdes más extensas que en ella se encuentran.

El programa se desarrolla en parte con ayuda de los alumnos del ITESO, los alumnos trabajan en periodos de 8 a 16 semanas, por ello los lapsos de tiempo para trabajar algunos proyectos son relativamente cortos y hacer una petición para obtener recursos económicos para adquirir nuevas herramientas requiere tiempo considerable, por lo que los responsables del programa decidieron adquirir algunas herramientas; Waspote Plug & Sense Libelium, Thinxtra Xkit – Arduino, Sensor de humedad del suelo VH400 y Sensor de temperatura del suelo THERM200, estas herramientas requieren ser probadas para así verificar que realmente son eficientes para desarrollar los proyectos que se pretenden.

Ya que la red creada permite monitorear variables contaminantes, entre más eficiente se logre hacer, mejor será el análisis para toma de decisiones y el control que esto ayude a generar.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

Wireless Sensor Network (WSN)

Para comprender este concepto, primeramente hay que saber lo que es una red de sensores. Tomando en cuenta la definición proporcionada en el libro WIRELESS SENSOR NETWORKS de la editorial WILEY y de acuerdo con el contexto del actual documento, definiremos una red de sensores como una “infraestructura cuyo propósito es medir, digitalizar y comunicar elementos que le permitan a un administrador instrumentar, observar y reaccionar a eventos y fenómenos que ocurren en un ambiente específico” (Sohraby, Minoli, & Znati, 2007). Con esto podemos saber que cuando nos referimos al concepto WSN, nos referimos a una red de sensores como la descrita anteriormente y que a su vez funciona de forma inalámbrica.

Internet of Things (IoT)

“El Internet se enfocó durante más de 30 años solo en proveer comunicaciones que involucraban humanos, sin embargo, actualmente se le ha dado un nuevo uso, enfocándose en la comunicación entre máquinas, sin la necesidad de intervención humana y para describir este nuevo concepto, los profesionales e investigadores de redes utilizan los términos IoT y M2M” (Comer, 2015).

Machine to Machine (M2M)

Es el acrónimo de Machine to Machine, este concepto hace referencia a la comunicación entre máquinas, que a discusión de algunos profesionales, a diferencia del IoT no requiere necesariamente una conexión al internet global.

ZigBee

“Un consorcio de vendedores de equipo de redes, conocidos como la ZigBee Alliance, diseñaron un grupo de especificaciones para crear redes de malla de bajo costo y eficiencia de energía. En particular, las especificaciones de ZigBee están enfocadas en dispositivos asociados con aplicaciones de redes inteligentes, como los electrodomésticos utilizados en casa” (Comer, 2015).

Ciudades Inteligentes

“Debido a que la urbanización del mundo continua creciendo y se espera que el total de la población se duplique para el 2050, existe un incremento en la demanda de inteligencia, ambientes sustentables que reduzcan el impacto del mismo y que ofrezcan a los ciudadanos una mejor calidad de vida. Una Ciudad inteligente o *Smart City* reúne tecnología, gobierno y sociedad para permitir que se generen las siguientes características: Una economía inteligente, movilidad inteligente, un ambiente inteligente, gente inteligente, viviendas inteligentes y un gobierno inteligente” (IEE, 2017).

Servidor

“El servidor proporciona recursos y servicios a otros computadores de la red (los clientes). El servidor puede ser desde un gran computador a otro computador de escritorio pero especializado para esta finalidad y más potente. Los servidores almacenan y procesan los datos compartidos y también realizan las funciones no visibles, de segundo plano (back-end), a los usuarios, tales como actividades de gestión de red, implementación de bases de datos, etc.” (Joyanes Aguilar & Zahonero Martínez, 2005)

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

2.2.1. Descripción del proyecto

Se han de desarrollar distintos proyectos que a su vez forman parte del Programa de Ciudades Inteligentes, todos ellos son parte de dos de las líneas de implementación del Programa: Redes de sensores y Transmisión de datos.

Dichos proyectos ayudaran a validar o rechazar algunos supuestos existentes con respecto a las tecnologías utilizadas dentro de la red de sensores que ha sido propuesta y puesta en acción mediante el Programa antes mencionado.

Se ha de probar y analizar el funcionamiento de los sensores de humedad VH400 y temperatura del suelo THERM200 que han sido ya adquiridos y se pretende formen parte de la red creada.

Por otra parte, los principales involucrados del programa han seleccionado ya un nodo sensor que permite medir distintas variables como:

- SO₂ – Dióxido de azufre.
- CO – Monóxido de carbono.
- NO₂ – Dióxido de nitrógeno.
- O₃ – Ozono.
- CO₂ – Dióxido de carbono.
- O₂ – Oxígeno molecular.
- PM₁₀ – Partículas finas.
- TEMP – Temperatura.
- HUM – Humedad relativa.
- PA – Presión atmosférica.
- BAT – Voltaje de la batería.

De los distintos sensores que se pueden utilizar con el nodo seleccionado, se propuso utilizar los que permiten medir el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono, dióxido de carbono, temperatura y humedad relativa ya que en

base a estas variables se podrá hacer un análisis sobre la calidad del aire en el medio ambiente.

Al nodo se le puede cambiar parte del hardware, permitiendo así utilizar distintos protocolos de comunicación, sin embargo, la estructura general en los códigos creados es prácticamente la misma, por ello se estudiarán algunos de estos códigos previamente desarrollados y utilizados en algunos de los nodos de la red, generando la documentación de su estructura general.

También se desarrollará un código prueba, permitiendo que los nodos que tienen tarjeta para red celular sean capaces de consultar con el operador su saldo disponible, informando a su vez mediante un SMS o correo electrónico al administrador de la red.

Previamente se ha trabajado con un módulo SigFox para crear un nodo demostrativo, sin embargo, no se logró dejar funcionando al 100% por lo que esto formará parte de los proyectos antes mencionados.

2.2.2. Plan de trabajo

2.2.2.1. Productos / Entregables

1. Código para poner en función los sensores de temperatura y humedad, así como la documentación con la recolección y la verificación de los datos obtenidos.
2. Dispositivo prototipo basado en SigFox, código depurado, empaquetado y con verificación de que funcione correctamente.
3. Documentación de la estructura del código base de los nodos Libelium.
4. Nueva versión del código del nodo Libelium (tarjeta celular), agregando funcionalidades como la consultoría de su saldo disponibles y notificación del mismo al administrador de la red.
5. Reporte técnico general que incluirá aspectos técnicos de todos los productos desarrollados.
6. Presentación final del proyecto.

2.2.2.2. Cronograma

		Semana																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Producto	1				■	■												
	2					■	■											
	3		■	■	■	■	■	■										
	4								■	■	■							
	5		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	6																■	■

Tabla a. Cronograma de actividades

2.2.2.3. Actividades a considerar

- Pruebas de funcionamiento de los sensores de humedad y temperatura.
 - Estimulación de los sensores, recolección de sus respuestas y verificación de las mismas en relación a la hoja de especificaciones correspondiente.
 - Creación de código en alguna tarjeta de desarrollo (con mayor probabilidad de que sea un Arduino UNO), para verificar el funcionamiento correcto de los sensores.
 - Recolección periódica y verificación de los datos obtenidos.
- Dispositivo prototipo basado en SigFox funcionando.
 - Depuración del código previamente utilizado para el prototipo.
 - Verificación del dispositivo, es decir, que esté funcionando como se espera.
 - Empaquetamiento del dispositivo prototipo de forma tal que se puede trasladar y probar en algún medio (real) deseado.
- Estudio y documentación de la estructura del código base para los nodos Libelium.
 - Análisis de los códigos base utilizados para los nodos Libelium, tanto con radio ZigBee, como radio WiFi e incluso para tarjeta celular.
 - Pruebas del funcionamiento del código para nodos Libelium con radio WiFi para comprenderlo de mejor forma, para ello se reconfiguraran algunos aspectos (modificando algunas líneas de código).
 - Documentación de la estructura general de los códigos.
- Configuración de nodos Libelium.

- Documentación técnica de la conexión de los sensores que se tienen disponibles actualmente y algunas otras recomendaciones para el uso de los nodos Libelium.
- Agregar funcionalidades al código del nodo Libelium (tarjeta celular).
 - Solicitar el saldo al operador.
 - Notificar estado del saldo vía correo electrónico o SMS.

2.2.2.4. Recursos necesarios

- Waspote Plug & Sense Libelium con Radio WiFi.
- Waspote Plug & Sense Libelium con Radio ZigBee.
- Waspote Plug & Sense Libelium con Tarjeta celular.
- Sensor de humedad del suelo VH400.
- Sensor de temperatura del suelo THERM200.
- Sensor de monóxido de carbono TGS2442.
- Sensor de dióxido de nitrógeno MiCS-2710.
- Sensor de ozono MiCS-2610.
- Sensor de dióxido de carbono TGS4161.
- Sensor de temperatura MCP9700A.
- Sensor humedad relativa 808H5V5.
- Arduino UNO.
- Thinxtra Xkit – Arduino.

2.2.2.5. Fechas previstas

1. Definición de productos entregables, Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir, Jueves 07 de Septiembre.

2.3. Desarrollo de propuesta de mejora

2.3.1 Documentación de la estructura del código base de los nodos Libelium

Para comenzar con el desarrollo de dicho producto, fue necesario elegir con qué tipo de comunicación se analizaría el código y pondría en función el nodo, la recomendada por el Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir fue la de WiFi. Después fue necesario investigar los requisitos y formas para conectar los sensores a utilizar, para ello se utilizó una guía técnica incluida en los anexos del Reporte técnico (7.1. [A.Reporte técnico](#)) que se encuentra en los anexos de este documento.

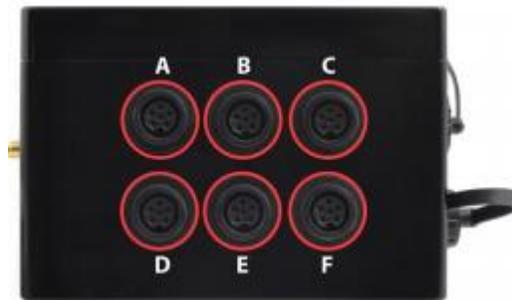


Ilustración 1. Sockets disponibles para el Wasmote Plug & Sense!

Sensor Socket	Sensor probes allowed for each sensor socket	
	Parameter	Reference
A	Temperature	9203
	Carbon monoxide - CO	9229
	Methane - CH ₄	9232
	Ammonia - NH ₃	9233
	Liquefied Petroleum Gases: H ₂ , CH ₄ , ethanol, isobutene	9234
	Air pollutants 1: C ₂ H ₄ , CH ₃ CH ₂ OH, H ₂ , CO, CH ₄	9235
	Air pollutants 2: C ₂ H ₆ , CH ₄ , H ₂ S, CH ₃ CH ₂ OH, NH ₃ , H ₂	9236
	Alcohol derivatives: CH ₃ CH ₂ OH, H ₂ , C ₂ H ₄ , CO, CH ₄	9237
B	Humidity	9204
	Atmospheric pressure	9250
C	Carbon dioxide - CO ₂	9230
D	Nitrogen dioxide - NO ₂	9238 and 9238-B
E	Ozone - O ₃	9258 and 9258-B
	Hydrocarbons - VOC	9201 and 9201-B
	Oxygen - O ₂	9231
F	Carbon monoxide - CO	9229
	Methane - CH ₄	9232
	Ammonia - NH ₃	9233
	Liquefied Petroleum Gases: H ₂ , CH ₄ , ethanol, isobutene	9234
	Air pollutants 1: C ₂ H ₄ , CH ₃ CH ₂ OH, H ₂ , CO, CH ₄	9235
	Air pollutants 2: C ₂ H ₆ , CH ₄ , H ₂ S, CH ₃ CH ₂ OH, NH ₃ , H ₂	9236
	Alcohol derivatives: CH ₃ CH ₂ OH, H ₂ , C ₂ H ₄ , CO, CH ₄	9237

Ilustración 2. Tabla con los socket que corresponden a cada sensor.

Probar el código fue el siguiente paso, sin embargo, muchos errores surgieron, esto debido a que el código que se había proporcionado no era el correcto, pero en principio se pensó que era solo porque falta agregar algunas librerías, las cuales fueron agregadas. Al notar que no era eso, se pidió apoyo al Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir debido a que en un principio se había estipulado que dicho código había estado funcionando de forma correcta previamente, entonces se proporcionó un nuevo código, notando que el anterior no era la versión correcta.

Aun con esto se estuvieron haciendo varias pruebas sin éxito alguno, después de transcurrir las 7 semanas en que se pretendía haber terminado este producto, se decidió por parte de los responsables del proyecto, se dejara suspendido.

Después de algunos días los responsables descubrieron que los problemas era debido a actualizaciones del proveedor del servidor usado, por lo que decidieron crear otro código usando comunicación WiFi con TCP para evitar el problema,

hasta entonces se logró generar la documentación correspondiente que se encuentra en los anexos del Reporte técnico (7.1. A.Reporte técnico).

2.3.2. Código para poner en función los sensores de temperatura y humedad, así como la documentación con la recolección y la verificación de los datos obtenidos

Se diseñó un código como apoyo para verificar que los sensores de humedad VH400 y temperatura del suelo THERM200 funcionaran de forma esperada, para entonces poder utilizarlos con los nodos que se requieran.

Para ello se tomó en cuenta el trabajo de uno de los compañeros del PAP, viendo que a los Ingenieros Ambientales se les puede facilitar utilizar Excel como herramienta de trabajo, entonces se decidió que el programa creado plasmara todos los datos medidos en una tabla de Excel como se muestra en la Ilustración 3.

Para ello fue necesario indagar previamente, se buscó sobre cómo funciona la interfaz de usuario PLX_DAQ, y se encontró que existían varios problemas que podían ser resueltos con una versión modificada por un usuario y esta versión de libre uso era proporcionada en la red. El producto final se terminó con éxito y se encuentra dentro de los anexos del Reporte técnico (7.1. A.Reporte técnico), sin embargo no fue dentro de los tiempos planeados.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "PLX-DAQ-v2.11_PAP - Microsoft Excel". The spreadsheet contains a table with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Date	Time	WWC	Temp					
3	28/11/2017	01:31:39 a. m.	0.81	23.54					
4	28/11/2017	01:31:41 a. m.	0.81	23.54					
5	28/11/2017	01:31:43 a. m.	0.76	23.54					
6	28/11/2017	01:31:45 a. m.	0.81	23.54					
7	28/11/2017	01:31:47 a. m.	0.76	23.54					
8	28/11/2017	01:31:49 a. m.	0.76	23.54					
9	28/11/2017	01:31:51 a. m.	0.81	23.54					
10	28/11/2017	01:31:53 a. m.	0.81	23.54					
11	28/11/2017	01:31:55 a. m.	0.81	23.54					
12	28/11/2017	01:31:57 a. m.	0.76	23.54					
13	28/11/2017	01:31:59 a. m.	0.81	23.54					
14	28/11/2017	01:32:01 a. m.	0.81	23.54					
15	28/11/2017	01:32:03 a. m.	0.81	23.75					
16	28/11/2017	01:32:05 a. m.	0.81	23.54					
17	28/11/2017	01:32:07 a. m.	0.81	23.54					
18	28/11/2017	01:32:09 a. m.	0.81	23.75					
19	28/11/2017	01:32:11 a. m.	0.81	23.54					
20	28/11/2017	01:32:13 a. m.	0.76	23.75					
21	28/11/2017	01:32:15 a. m.	0.76	23.54					
22	28/11/2017	01:32:17 a. m.	0.81	23.75					
23	28/11/2017	01:32:19 a. m.	0.81	23.54					
24	28/11/2017	01:32:21 a. m.	0.81	23.75					
25	28/11/2017	01:32:23 a. m.	2.27	23.75					
26	28/11/2017	01:32:25 a. m.	2.27	23.75					
27	28/11/2017	01:32:27 a. m.	2.27	23.54					
28	28/11/2017	01:32:29 a. m.	2.27	23.75					
29	28/11/2017	01:32:31 a. m.	8.09	23.75					
30	28/11/2017	01:32:33 a. m.	0.03	23.75					
31	28/11/2017	01:32:35 a. m.	0.03	23.75					

The control panel, titled "PLX-DAQ for Excel 'Version 2' by Net'Devil", includes the following elements:

- Control v. 2.11**: Contains three custom checkboxes (Custom Checkbox 1, 2, 3) and a checked "Reset on Connect" checkbox.
- Settings**: Includes a "Port" field set to 17 and a "Baud" field set to 9600.
- Buttons**: "Connect", "Reset Timer", "Clear Columns", "Pause logging", and "Display direct debug =>".
- Sheet name to post to:** A dropdown menu set to "Simple Data" with a "Load" button.
- Controller Messages:** A text area showing "PLX-DAQ Status" and a red warning: "Do not move this window around while logging! That might crash Excel!".

Ilustración 3. Tabla de valores recopilados.

Esto permitirá probar de forma rápida cada uno de este tipo de sensores que fueron adquiridos para el programa.

Será interesante también por si con el paso del tiempo se presentan errores en alguno de los nodos que ya hubiese estado funcionando de forma correcta y que utilice dichos sensores, ya que será fácil verificar si es el sensor el problema, sin tener que modificar o mover todo el nodo en cuestión.

2.3.3. Dispositivo prototipo basado en SigFox, código depurado, empaquetado y con verificación de que funcione correctamente.

Dicho producto se logró en menos del tiempo esperado, sin embargo, fue después de las fechas planeadas debido a que dependía del trabajo de un compañero del PAP.

Una vez que los expertos en Sistemas computacionales arreglaron el problema que se tenía, fue fácil arreglar el problema en el prototipo, las configuraciones del Callback [Ilustración 4](#) de SigFox se configuraron de acuerdo a las nuevas especificaciones y el prototipo quedó funcionando.

The screenshot shows the SigFox web interface for configuring a callback. The sidebar on the left includes options like INFORMATION, LOCATION, ASSOCIATED DEVICES, DEVICES BEING TRANSFERRED, STATISTICS, EVENT CONFIGURATION, and CALLBACKS. The main content area is titled "Device type XKIT_ITESO - Callback edition". The configuration form includes the following fields and values:

- Type: DATA
- Channel: URL
- Send duplicate:
- Custom payload config: TmpS:char:5 HumS:char:5
- URL syntax: http://host/path?id={device}&time={time}&key1={var1}&key2={var2}...
- Available variables: device, time, duplicate, snr, station, data, avgSnr, lat, lng, rssi, seqNumber
- Custom variables: customData#TmpS, customData#HumS
- Url pattern: http://papvidadigital-test.com/nodos/sensiteso.php?data=ID,PT1,AC,TD,TS,{time},Tr
- Use HTTP Method: GET
- Send SNI: (Server Name Indication) for SSL/TLS connections
- Headers: header value

Buttons for "Ok" and "Cancel" are located at the bottom of the form.

Ilustración 4. Configuración del Callback de SigFox.

Las nuevas configuraciones se explican con más detalle en el Reporte técnico (7.1. A.Reporte técnico).

2.3.4. Nueva versión del código del nodo Libelium (tarjeta celular), agregando funcionalidades como la consultoría de su saldo disponibles y notificación del mismo al administrador de la red

El producto fue creado aproximadamente en el tiempo planeado, sin embargo, no fue en las fechas planeadas.

Se creó el código en base a los códigos de libre uso proporcionados por Libelium en su plataforma, se terminó el código, pero surgieron algunos problemas técnicos, por ejemplo, no se sabía cuál era el número telefónico del chip celular utilizado y este no tenía saldo por lo que no se podía probar el envío de los correos electrónicos.

Al superar el obstáculo antes mencionado, se descubrió un error y es que al código le faltaba una sección en donde se encargara de borrar los mensajes antes almacenados en el chip celular para que este pudiera seguir alojando nuevos mensajes.

El producto final se encuentra en el Reporte técnico (7.1. A.Reporte técnico).

2.3.5. Reporte técnico general que incluirá aspectos técnicos de todos los productos desarrollados.

En el Reporte técnico (7.1. A.Reporte técnico) se describen algunas de las cosas más importantes que fueron tomadas en cuenta para el desarrollo de los productos descritos, de tal forma que si se quiere replicar o modificar algunos de los productos aquí presentados, este documento puede ser útil y facilitar el trabajo.

El producto fue realizado en menos del tiempo planeado, sin embargo, las fechas no fueron las planeadas.

3. Resultados del trabajo profesional

3.1. Productos obtenidos

- Manual Técnico para dar seguimiento al proyecto en períodos posteriores.
- Código para poner en función los sensores de temperatura y humedad, así como la documentación con la recolección y la verificación de los datos obtenidos.
- Dispositivo prototipo basado en SigFox, código depurado, empaquetado y con verificación de que funcione correctamente.
- Documentación de la estructura del código base de los nodos Libelium.
- Nueva versión del código del nodo Libelium (tarjeta celular), agregando funcionalidades como la consultoría de su saldo disponibles y notificación del mismo al administrador de la red.

3.2. Resultados alcanzados

- Durante el desarrollo del proyecto se logró la comunicación con la red SigFox hacia el Servidor usado en el proyecto, reflejando resultados en la base de datos.
- Se realizó la medición de temperatura y humedad, plasmando los datos en una tabla de Excel para facilitar su análisis.
- Se generó un código mediante el cual se logró enviar y recibir mensajes de texto vía red celular, así como correos electrónicos.
- Se documentaron los procesos técnicos.
- Se consiguieron bastantes conocimientos sobre la tecnología de Libelium.

3.3. Impacto(s) generado(s)

En la empresa (Programa).

- El proyecto del nodo demostrativo, es el primero en integrar la tecnología inalámbrica SigFox en un prototipo, permitiendo conocer y analizar el funcionamiento de estos nuevos productos para IoT.
- El proyecto de documentación permitirá dar un seguimiento a los proyectos con nodos Waspote de forma práctica.
- El proyecto del código para probar los sensores reduce el tiempo necesario para examinar el correcto funcionamiento de los mismos.
- Una mejor administración de la red de sensores es lo que proporciona el proyecto de red celular, ya que se podrá consultar y dar informes sobre el saldo disponible y fechas de vencimiento.

Ecológicos.

- Todos los nodos usados, debido a su naturaleza inalámbrica y de bajo consumo, no necesitan de muchos cables y el reemplazo de las baterías no es tan común, además de que los nodos Waspote se pueden cargar con energía solar.
- Al permitir medir variables contaminantes del medio, puede tener gran impacto, depende del análisis y uso para el que se emplee.
- Para quien quiera consultar las variables, podrá evitar contaminar al no tener que trasladarse hasta el punto de medición.

Sociales.

- El programa al cual suman todos estos proyectos permitirá conocer más sobre el tema, poniéndolo al alcance de todos.

Económicos

- Reduce costos de energía.

- Con todas las pruebas elaboradas se podrá crear una red final, lo más eficaz y eficiente posible.

4. Reflexiones

- Aprendizajes profesionales

Durante la elaboración del proyecto, se logró desarrollar algunas competencias como la selección de la metodología de trabajo, la planeación de tiempos y actividades que permitieron que el proyecto se trabajara de forma ordenada y altamente efectiva.

Se reforzaron competencias profesionales como la capacidad de análisis de un problema, con esto se verifico que las metodologías sobre cómo resolver un problema que fueron adquiridas durante los estudios de la Ingeniería, son eficaces al afrontarse al mundo real.

Se obtuvieron algunos aprendizajes sobre lo que implica inmiscuirse en el campo profesional, los presupuestos son limitados y las formas cuestionadas por la sociedad involucrada, además que el tiempo planeado no depende solo del equipo o empresa que desarrolla el proyecto, sino que también depende de sus proveedores, clientes y en ocasiones de las circunstancias sociopolíticas existentes en el lugar en que se desarrollan los proyectos.

Se aprendió también sobre la importancia de tener una buena comunicación con el cliente y/o equipo de trabajo, así como la importancia de tomar en cuenta de que el producto no se crea para uso propio y que fijarse en el usuario final para crearlo, puede generar un mejor producto.

Finalmente se aprendió la importancia de trabajar más de una o dos tareas al mismo tiempo para trabajar de forma eficiente.

- Aprendizajes sociales

La importancia de que un líder de proyecto debe tener todos los pasos y tareas bien planeadas para que su equipo de trabajo tenga éxito fue evidente.

Para lograr que una iniciativa se desarrolle de forma exitosa, es necesario que sea una iniciativa creativa, que los principales involucrados tengan un espíritu emprendedor, pero aún más importante, es necesario tener claro cuál será el impacto social y asegurarse que este tendrá más beneficios que contras y después asegurarse de que se esté innovando continuamente para seguir satisfaciendo las nuevas necesidades que se puedan presentar con el tiempo.

Con el proyecto descrito en el presente reporte, se ha logrado innovar con respecto a la forma en que se monitorean diversos datos ambientales, logrando así que consultar la información recabada sea más accesible con respecto a los tiempos y formas, con lo cual se puede ayudar a ingenieros ambientales y diversos analistas crear un diagnóstico para que así lo hagan llegar de mejor forma a la sociedad u organizaciones que quieren o necesitan obtenerlos.

- Aprendizajes éticos

Es importante responsabilizarse de las tareas asignadas dentro de un proyecto, ya que de los resultados obtenidos dependen muchos involucrados, por lo que también es importante no solo trabajar por el aspecto económico, sino buscar que los proyectos en que se participa aporten beneficios para la sociedad y ayuden a mejorar la calidad de vida de la misma.

Después de esta experiencia sé que deberé conocer y reflexionar sobre el objetivo y filosofía de una empresa o proyecto del que piense formar parte, ya que siempre existe un impacto social y es importante buscar que sea para bien.

Una comunicación basada en la honestidad y el respeto con el equipo de trabajo son necesarios, para crear un buen ambiente de trabajo y obtener mejores resultados como equipo.

- Aprendizajes en lo personal

Reconocer que los esfuerzos, trabajos y conocimientos que ya obtuvimos o generamos en el pasado son de gran valor y tenemos que aprovecharlos y saber exigir que se nos reconozcan.

Durante el tiempo de trabajo en la Práctica de Aplicación Profesional, se logró identificar cuáles son las fortalezas y debilidades personales en el ámbito laboral, la forma de desarrollo en el mundo profesional real es con muchas más responsabilidades y compromisos que durante los estudios, esto permite ver que tan competente es una persona, ya que a pesar de que pueden influir terceras personas o distintas circunstancias, finalmente el único responsable del tiempo de trabajo y los resultados, es uno solo.

También es claro que el equipo de trabajo, los clientes y la sociedad relacionados al proyecto, son bastante importantes para que se pueda generar un trabajo eficaz.

El PAP ayuda a convivir con distintas personas que tienen diferentes profesiones o trabajos y esto permite conocer lo que sucede en el mundo real, en donde todos piensan de forma distinta y pueden aportar cosas interesantes, es así que se puede analizar la importancia de saber delegar cuando se desarrolla un proyecto, confiar en que los demás individuos pueden hacer el trabajo y que lo harán de forma correcta es importante para llegar al éxito.

5. Conclusiones

Me parece que el Programa Ciudades Inteligentes es un programa interesante el cual espero que continúe creciendo y recibiendo aún más apoyo ya que con este proyecto se pretende mejorar la calidad de vida humana, no solo de unas cuantas personas, este proyecto está pensado y diseñado para poder ser replicado en casi cualquier parte del mundo y este es un hecho importante.

Con los resultados obtenidos durante el tiempo en que se trabajó en este proyecto, se han logrado establecer algunos casos de estudio con información muy específica para así poder hacer un diagnóstico y decidir cuáles son las mejores opciones que se pueden y deben tomar para así conseguir algunos de los objetivos del programa en general, como lo son generar una red de sensores robusta, pero que al mismo tiempo sea un sistema económicamente alcanzable, generando así que la red se lo más eficiente y eficaz posible.

6. Bibliografía

- Comer, D. E. (2015). COMPUTER NETWORKS and INTERNETS. In D. E. Comer, & PEARSON (Ed.), *COMPUTER NETWORKS and INTERNETS* (O. Galván, Trans., SIXTH EDITION ed., pp. 293, 567, 571). New Jersey: Pearson Education, Inc. Retrieved 07 2017
- IEE. (2017). *IEE Smart Cities*. (IEE, Editor) Retrieved 07 2017, from IEE: <http://smartcities.ieee.org/about>
- Joyanes Aguilar, L., & Zahonero Martínez, I. (2005). Programación en C Metodología, algoritmos y estructura de datos. In L. Joyanes Aguilar, I. Zahonero Martínez, & C. Fernández Madrid (Ed.), *Programación en C Metodología, algoritmos y estructura de datos* (Segunda ed., p. 26). McGRAW-HILL. Retrieved 07 2017
- Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. (2007). WIRELESS SENSOR NETWORKS Technology, Protocols, and Applications. In K. Sohraby, D. Minoli, T. Znati, & W. INTERSCIENCE (Ed.), *WIRELESS SENSOR NETWORKS Technology, Protocols, and Applications* (O. Galván, Trans., p. 1). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Retrieved 07 2017

7. Anexos

7.1. A.Reporte técnico