

**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 I**



**ITESO**  
Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PAP 4L05 - VIDA DIGITAL**

**Operación y pruebas de conexión con Gateway comercial, y demo con  
Sigfox**

**PRESENTAN**

Programas educativos y Estudiantes

Lic. en Ingeniería Electrónica. Galván Olvera Osmar Daniel

Profesor PAP: Pérez Bernal Luis Eduardo

Tlaquepaque, Jalisco, julio de 2017

# ÍNDICE

## Contenido

REPORTE PAP .....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional .....	2
Resumen .....	2
1. Introducción.....	3
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4. Contexto .....	4
2. Desarrollo .....	5
2.1. Sustento teórico y metodológico .....	5
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto .....	7
3. Resultados del trabajo profesional.....	11
3.1. Meshlium.....	11
3.2. Waspote Plug & Sense! .....	11
3.3. XBee Radio .....	12
3.4. Thinxtra Xkit – Arduino .....	14
3.5. Reporte técnico .....	15
4. Reflexión .....	16
5. Conclusiones.....	18
6. Bibliografía.....	18
Anexos .....	19

## 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 la cual forma parte de un Programa de Ciudades Inteligentes que a su vez 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.

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

El proyecto consiste monitorear la calidad de un medio ambiente determinado mediante una red de sensores. Se pretende que con esto se logren generar soluciones para ciudades inteligentes. Se han de realizar la planeación, investigaciones requeridas, capacitaciones, pruebas, verificación y documentación del proyecto.

### 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.

### 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.

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.

### 1.4. 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.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Sustento teórico y metodológico

#### WSN – Wireless Sensor Network

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.

#### IoT – Internet of Things

“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).

#### 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).

### Smart Cities

“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)

### Gateway

En algunos casos también se hace referencia a este como Bridge, como es el caso del libro citado a continuación.

“Un bridge es un mecanismo usado para conectar dos segmentos de red de área local (LAN) y enviar *frames* de un segmento a otro” (Comer, 2015)

## 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

### 2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto se desarrolla principalmente dentro de un *Living Lab* que forma parte del programa y el cual ha sido previamente creado, sin embargo, las soluciones propuestas son escalables y de fácil interconexión en ciudades inteligentes.

Existen algunas variables que son contaminantes denominados “criterio” que la normatividad mexicana tiene considerados como los que pueden tener un mayor impacto negativo sobre la salud de la población, por ello el ITESO ha seleccionado un nodo sensor que mide variables como:

- SO<sub>2</sub> – Dióxido de azufre.
- CO – Monóxido de carbono.
- NO<sub>2</sub> – Dióxido de nitrógeno.
- O<sub>3</sub> – Ozono.
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono.
- O<sub>2</sub> – Oxígeno molecular.
- PM<sub>10</sub> – Partículas finas.
- TEMP – Temperatura.
- HUM – Humedad relativa.
- PA – Presión atmosférica.
- BAT – Voltaje de la batería.

Estos nodos tendrán que estar censando y enviando la información a un *Gateway* que a su vez la enviara a un servidor, para así generar una base de datos y poder tener una percepción más clara de la información recabada.



## 2.2.2. Plan de trabajo

### 2.2.2.1 Productos / Entregables

1. Meshlium *File System* configurado de tal forma que el *Gateway* comercial ZigBee reciba datos de los nodos Libelium ZigBee y los transfiera de forma correcta al servidor.
2. El código para que un nodo Libelium ZigBee sea capaz de conectarse a una red deseada, obtenga mediante sensores determinados datos requeridos y los envíe al *Gateway* Meshlium.
3. Documentación que detalle si el *Gateway* comercial ZigBee puede recibir datos directamente de los módulos ZigBee.
4. Código para permitir que un módulo Thinxtra Xkit – Arduino transmita de forma correcta determinados mensajes al Sigfox Backend.
5. Reporte técnico con la información detallada de lo elaborado.

### 2.2.2.2 Cronograma

Producto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
1								
2								
3								
4								
5								

Tabla a. Cronograma de actividades

### 2.2.2.3 Actividades a considerar

- Poner en operación el *Gateway* comercial ZigBee.
  - Verificar el funcionamiento correcto del mismo por medio del Meshlium *Manager System*.
  - Ponerlo en operación configurando directamente el Meshlium *File System*.
    - Configurar para que reciba los datos de los nodos Libelium ZigBee correctamente.

- Hacer que transfiera los datos entre el *Gateway* y el servidor.
- Configurar y poner en funcionamiento 3 nodos Libelium ZigBee.
  - Configurar los nodos Libelium ZigBee, de tal forma que se puedan conectar a la red del sistema.
  - Programar los nodos de tal forma que funcionen los sensores de forma correcta.
  - Programar los nodos para que envíen los datos censados al *Gateway Meshlium*.
- Revisar si el *Gateway* puede recibir datos provenientes directamente de módulos ZigBee.
  - Verificar por medio del *Meshlium Manager System*, si el *Gateway* puede recibir datos directamente de módulos ZigBee.
- Desarrollar un prototipo demostrativo de nodo con tecnología Sigfox.
  - Configurar el módulo Thinxtra Xkit - Arduino, de tal manera que envíe - los mensajes correspondientes al Sigfox Backend.

#### 2.2.2.4 Recursos necesarios

1. Meshlium (*Gateway* comercial ZigBee).
2. Waspote Plug &Sense con radio XBee (Nodo Libelium ZigBee).
3. Thinxtra Xkit – Arduino.
4. Grove – Base Shield 2.0.
5. XBee radio.
6. Grove – XBee Carrier.
7. Sensor de humedad del suelo VH400.
8. Sensor de temperatura del suelo THERM200.

#### 2.2.2.5 Fechas Previstas

1. Capacitación para el uso de los módulos XBee, Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir, Lunes 29 de Abril.
2. Capacitación para el uso del Callback en el Sigfox Backend, Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir, Viernes 30 de junio.

#### 2.2.3. Desarrollo de propuesta de mejora

Durante el proceso de desarrollo del proyecto, algunos supuestos fueron rechazados y se llegaron a nuevos acuerdos con el cliente, estipulando y generando cambios en los productos entregables.

En seguida se describen los productos finales:

1. Meshlium configurado de tal forma que reciba datos de los nodos Libelium ZigBee y los transfiera de forma correcta al servidor.
2. El código para que un nodo Libelium ZigBee sea capaz de conectarse a una red deseada y envíe datos como el nivel de la batería del nodo, al *Gateway* Meshlium.
3. Documentación que detalle si el *Gateway* comercial ZigBee puede recibir datos directamente de los módulos Xbee ZigBee.
4. Código para permitir que un módulo Thinxtra Xkit – Arduino transmita de forma correcta datos previamente censados al Sigfox Backend y que posteriormente se envíen los mismos al servidor utilizado en el Programa del PAP Vida Digital.

Algunas de las actividades fueron desfasadas con respecto al tiempo planeado en el cronograma inicial, sin embargo, se concluyeron todos los productos dentro del tiempo requerido.

En los anexos se encuentra una bitácora (A. Bitácora) en donde se muestran las actividades desarrolladas durante el proyecto y que fue lo que estas aportaron para el mismo.

### 3. Resultados del trabajo profesional

#### 3.1. Meshlium

Este es el nombre del *Gateway* comercial ZigBee utilizado. Inicialmente se tenía como supuesto que se tendría que modificar el *File System* del Meshlium utilizando Linux, sin embargo, al comenzar con las pruebas y la investigación previa sobre su funcionamiento, dicho supuesto se rechazó. El Meshlium cuenta ya con un sistema de administración, el sistema está ya pre configurado para estar recibiendo los datos de forma continua.



**Ilustración 1. Meshlium**

#### 3.2. Wasmote Plug & Sense!

Este es el nombre del *hardware* utilizado como nodo ZigBee, se puede observar en la Ilustración 2. En los primeros acuerdos se estipuló que se crearía un código de forma que el nodo utilizara algunos sensores externos y enviara los datos medidos al *Gateway* comercial ZigBee. Conforme se desarrollaba el producto pactado, se fueron modificando algunos requerimientos, los sensores externos fueron omitidos. Se utilizó el código demostrativo proporcionado por el desarrollador Libelium y en base a este se creó el código final logrando establecer comunicación con el Meshlium y enviándole datos recabados como, el estado de la batería interna del Wasmote, su dirección MAC, el

estado del acelerómetro interno y el ID del dispositivo. El código generado puede ser replicado para cualquier nodo Wasmote.



**Ilustración 2. Wasmote Plug & Sense!**

### 3.3. XBee Radio

En este caso se utilizó el XBee radio que es el radio de transmisión ZigBee, pero también se le adaptó una tarjeta Grove – XBee Carrier como se aprecia en la Ilustración 3, para así poder comunicar de forma serial el radio con un ordenador y entonces configurarlo de la forma necesaria para conectarse a una red y poder establecer comunicación con más dispositivos. Se utilizaron *softwares* de apoyo como XCTU y Realterm. Con ayuda de XCTU se configuró un XBee radio como nodo *EndDevice*, de tal forma que enviara mensajes dentro de cualquier red, pero solo dirigidos a la dirección *MAC* que pertenecía en este caso al Meshlium. Previamente se tuvo que analizar el *frame* del Meshlium, pero para entrar más en detalle se tuvo que configurar otro XBee radio como nodo coordinador y en el código del Wasmote se cambió la dirección de destino que era la *MAC* del Meshlium, por la *MAC* del nodo coordinador para así poder ver de forma clara la composición de los *frames* que se estaban enviando durante la comunicación entre el Wasmote y el Meshlium. Una vez que se analizó esto, se generó

un *frame* ZigBee de un tipo específico, conteniendo como datos otro *frame* del tipo exclusivo para que el Meshlium identificara los datos enviados, así se logró establecer comunicación y enviar datos directamente de los módulos XBee ZigBee al *Gateway* comercial ZigBee, en la Ilustración 4 se muestran algunos de los datos enviados con éxito al Meshlium y de este a la base de datos local proporcionada por Libelium.

Pero a pesar de que se logró enviar los datos como se esperaba, se tuvo que seguir analizando y probando el producto, ya que debido al uso que se le pretendía dar, los resultados parciales no eran útiles, después de analizar detalladamente los nuevos requerimientos, se pudo concluir que el Modulo ZigBee no es útil debido a que el Meshlium espera recibir un *frame* específico y al utilizar la configuración deseada para el XBee, dicho *frame* no puede ser modificado y no cuenta con las especificaciones requeridas por el Meshlium.



**Ilustración 3. Nodo ZigBee**

**Captured Data**

Local DataBase | External Database | Show me NOW | Advanced

Connection data

Database: MeshliumDB

Table: sensorParser

IP: localhost

Port: 3306

User: root

Password: libelium2007

Show data Last 100 insertions.

ID	Date	Sync	ID Wasp	ID Secret	Frame Type	Frame Number	Sens
6	2017-06-17 22:59:55	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	BAT
5	2017-06-17 22:59:55	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	ACC
4	2017-06-17 22:59:55	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	MAC
3	2017-06-17 22:59:52	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	BAT
2	2017-06-17 22:59:52	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	ACC
1	2017-06-17 22:59:52	0	OsmarG_2017	403461608	128	159	MAC

**Ilustración 4. Meshlium Manager System, datos recibidos en la base de datos local**

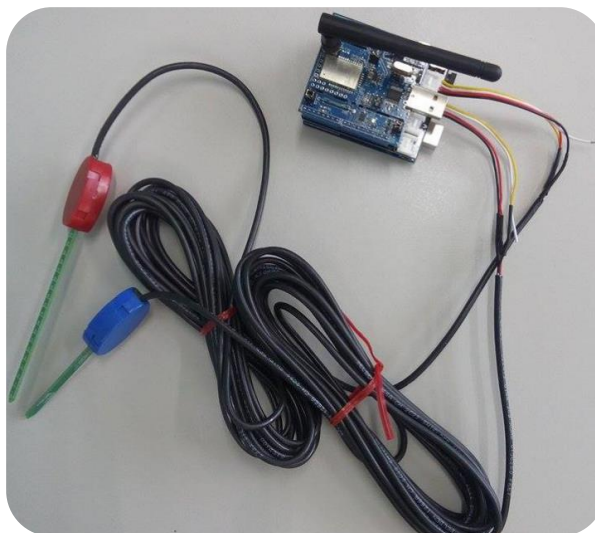
### 3.4. Thinxtra Xkit – Arduino

Este es el nombre de la tarjeta utilizada para elaborar el *Demo* de Sigfox. El *demo* consiste en un módulo que cuenta con dos sensores, el sensor de humedad del suelo VH400 y el sensor de temperatura del suelo THERM200, la información obtenida mediante los sensores es procesada e interpretada en el código creado, para así enviar los datos obtenidos al Backend de Sigfox que a su vez envía los datos a un servidor determinado para poder hacer uso de ellos.

Para crear el código antes mencionado, se probó un código demostrativo que proporciona el desarrollador Thinxtra en el cual se puede analizar el funcionamiento del *hardware* utilizado y un poco del cómo funciona la comunicación con el protocolo de Sigfox.

Después se creó un código para probar que el funcionamiento de los sensores fuera exitoso y al comprobarlo se integró al código demostrativo de Thinxtra, obteniendo así el código final.

Posteriormente se configuro el Callback en el Sigfox Backend de tal forma que los datos requeridos fueran enviados a un servidor determinado.



**Ilustración 5. Demo Sigfox**

### 3.5. Reporte técnico

En este reporte se documenta de forma detallada toda la información técnica sobre el proyecto, cuáles fueron las herramientas utilizadas para elaborar cada uno de los productos, cosas importantes que tomar en cuenta si se desea modificar o replicar alguno de dichos productos e incluso los códigos utilizados tanto para realizar pruebas, como los de los productos finales. En el anexo del reporte técnico se pueden encontrar los anexos a todos los productos que se generaron durante el proyecto. (A. Reporte técnico).



#### 4. Reflexión

- 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.

- Aprendizajes sociales

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.

- Aprendizajes en lo personal

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

## Anexos

- A. Reporte técnico (Dicho anexo se encuentra como un archivo independiente).
- A. Bitácora.

Actividad	Producto	Descripción	Fecha
Investigación de conceptos PAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> </ul>	Documento con algunos conceptos relacionados con el Proyecto PAP en general.	22/05/2017
Instalación de Zotero Software.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> </ul>	Instalación e investigación sobre la función del SW Zotero, como un administrador de referencias estilo APA.	22/05/2017
Diagrama PAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> </ul>	Planteamiento de planeación PAP y requerimientos de RPAP.	23/05/2017
Asignación de actividades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Definición del trabajo correspondiente en relación al proyecto PAP.	25/05/2017
Trabajo practico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Trabajo con tecnología ZigBee, para la familiarización con los mismos, con ayuda del Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir	29/05/2017
Investigación técnica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Investigación sobre el funcionamiento y uso del módulo Waspote ZigBee, así como del Gateway comercial ZigBee (MeshLium).	31/05/2017
Test del MeshLium Gateway.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Pruebas de configuración y función del módulo MeshLium.	31/05/2017

Definición del Proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Redacción de un documento en el cual se describe de forma breve cual es la definición del proyecto, las actividades por realizar, los involucrados, productos (entregables) y el cronograma.	01/06/2017
Investigación técnica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Documentación.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Investigación sobre el funcionamiento de los módulos Thinxtra Xkit – Arduino y Texas Instrument CC112x, así como de la plataforma Sigfox backend.	02/06/2017
Test Sigfox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Pruebas de funcionamiento del módulo Texas Instrument CC112x con tecnología Sigfox.	02/06/2017
Instalación de software.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Instalación de Waspnote Pro-IDE V06.02.	05/06/2017
Redacción Reporte PAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte PAP.</li> </ul>	Redacción de la introducción y desarrollo del reporte PAP.	06/06/2017
Test Libelium ZigBee.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Prueba con código de ejemplo proporcionado en la página de soporte de Libelium. Modificación del ID del nodo (Waspnote), la MAC de destino (Gateway Meshlium) entre otras cosas del	07/06/2017

		código antes mencionado. Envío de paquetes de manera exitosa.	
Test Meshlium Gateway.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Verificación de recepción de datos provenientes de un nodo Libelium ZigBee y de que dichos datos sean enviados a la base de datos local (proporcionada por libelium).	07/06/2017
Investigación frame Wasmote ZigBee.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Investigación y análisis sobre composición del Frame utilizado por la tecnología Wasmote ZigBee.	09/06/2017
Análisis Wasmote ZigBee frame.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Configuración de un módulo XBee como coordinador de una red, para simular un sniffer y así conocer a detalle el paquete enviado por el nodo libelium ZigBee.	10/06/2017
Análisis Wasmote ZigBee frame.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Configuración de un módulo XBee como coordinador de una red, para simular un sniffer y así conocer a detalle el paquete enviado por el nodo libelium ZigBee.	14/06/2017
Test XBee / Meshlium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Configuración de un módulo XBee como End Device. Generación de un frame compatible con la tecnología del Meshlium. Verificación de que se pueden enviar datos directamente	15/06/2017

		de un módulo XBee al Gateway comercial ZigBee.	
Test SigFox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Pruebas de funcionamiento del módulo Arduino Xkit - Sigfox.	17/06/2017
Investigación técnica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Investigación sobre los sensores a utilizar, sensor de humedad del suelo VH400 y sensor de temperatura del suelo THERM200.	17/06/2017
Adecuación de sensores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte técnico.</li> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Inclusión de otra tarjeta que es compatible con el hardware utilizado, esto para poder conectar los sensores. Adquisición de material para adecuar sensores.	20/06/2017
Adecuación de sensores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Adecuación de la conexión de los sensores de tal forma que sean fáciles de utilizar con la nueva tarjeta.	21/06/2017
Thinextra Xkit – Arduino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Creación de código para probar el funcionamiento correcto de los sensores.	22/06/2017
Thinextra Xkit – Arduino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Fusión de código del Demo con el código de los sensores, para enviar entonces los datos requeridos.	23/06/2017
Thinextra Xkit – Arduino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Prueba y verificación del código final.	24/06/2017
Callback Sigfox Backend.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> </ul>	Investigación sobre el funcionamiento del Callback en el	27/06/2017

		<b>Sigfox Backend.</b>	
Callback Sigfox Backend.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Asesoría para el análisis del funcionamiento del Callback en el Sigfox Backend.	30/06/2017
Callback Sigfox Backend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Investigación sobre el uso de algunas variables requeridas para el Callback y proporcionadas por el Backend en un formato ya preestablecido que no puede ser utilizado por la base de datos actual.	01/07/2017
Callback Sigfox Backend	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto.</li> <li>• Reporte técnico.</li> </ul>	Configuración del Callback para que la información requerida pueda ser enviada al servidor deseado.	02/07/2017