

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, SISTEMAS E INFORMÁTICA

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

PROGRAMA DE CIUDADES INTELIGENTES



ITESO
Universidad Jesuita
de Guadalajara

4L05 VIDA DIGITAL

Red de monitoreo WSN. DESI, Anillo Primavera; Reprogramación nodo Gateway-Coordinador
Waspote de red inalámbrica ZigBee en Anillo Primavera y expansión de nodos en la misma.

PRESENTAN

Ing. Seguridad Informática y Redes Javier Sánchez Covarrubias

Ing. Electrónica Óscar Cortés Acosta

Lic. Audiovisuales María Eugenia Sánchez

Profesores PAP:

Mtro. Luis Eduardo Pérez Bernal

Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir- Asesor-Cliente

Tlaquepaque, Jalisco, junio 2018 (1ra revisión)

ÍNDICE

Contents

REPORTE PAP	3
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	3
Resumen.....	3
1. Introducción	3
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Justificación	4
1.3 Antecedentes del proyecto	5
1.4. Contexto.....	7
2. Desarrollo.....	8
2.1. Sustento teórico y metodológico.....	8
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto.....	11
3. Resultados del trabajo profesional.....	21
.....	24
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	28
5. Conclusiones	33
6. Bibliografía	35
Anexos	36

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional son una modalidad educativa del ITESO en la que los estudiantes aplican sus saberes y competencias socio-profesionales a través del desarrollo de un proyecto en un escenario real para plantear soluciones o resolver problemas del entorno. Se orientan a formar para la vida, a los estudiantes, en el ejercicio de una profesión socialmente pertinente.

A través del PAP los alumnos acreditan el servicio social, y la opción terminal, en tanto sus actividades contribuyan de manera significativa al escenario en el que se desarrolla el proyecto, y sus aprendizajes, reflexiones y aportes sean documentados en un reporte como el presente.

Resumen

El presente reporte detalla las actividades realizadas como parte del PAP para el periodo de verano 2018. Las principales tareas consisten en la reprogramación del nodo Gateway-Coordinador instalado en La Primavera, con el fin de mejorar su desempeño y hacer el envío de variables ambientales de una forma más eficiente. Se describen, asimismo, las tareas relacionadas con el objetivo principal anteriormente descrito, que permitieron lograr los resultados finales. Se presentan los principales resultados y hallazgos obtenidos y, finalmente, el estatus final del proyecto para que sirva de referencia a futuros contribuyentes al proyecto.

1. Introducción

1.1. Objetivos

El objetivo de este PAP es utilizar diferentes tecnologías inalámbricas para comunicar sensores de distintos tipos, principalmente temperatura y humedad de la tierra, y diferentes variables del medio ambiente para determinar la calidad del aire y el estado de salud de los árboles. Se busca mejorar la infraestructura existente en el bosque de La Primavera, para poder expandir la red de sensores actual, y por ende el alcance de la solución.

Obtener un conocimiento integral del polígono (terreno) del ITESO en el Bosque de La Primavera por medio de la medición y análisis de variables ambientales, abordando el problema desde distintas disciplinas de la ingeniería. Para esto se tiene como meta la instalación de varios nodos sensores de temperatura y humedad del suelo, conectados mediante una red inalámbrica de sensores, y cuyos datos sean recolectados por un Gateway que los envíe a un servidor a través de internet. Estos nodos aportan a un objetivo en común, con otras dependencias y áreas de la Universidad, que buscan cuantificar la recuperación del bosque en el polígono, como consecuencia de diversas medidas aplicadas tras incendios que empobrecieron el terreno. Gracias a su instalación los datos necesarios se facilitarán para su análisis e interpretación por los departamentos y personas competentes.

1.2. Justificación

Debido a la actual situación de sequías e incendios en el Bosque de la primavera es necesario tener siempre a la mano el estado en el que se encuentra el suelo para eventualmente tener la capacidad de diagnosticar futuros desastres naturales, pero primordialmente conocer la efectividad de las acciones tomadas para la recuperación del terreno. Esto se logra a través de la aplicación de diferentes tecnologías y conocimientos profesionales adquiridos a lo largo de nuestras carreras. De este modo, a través de la investigación y cooperación multidisciplinaria, se hace frente a esta problemática. Del mismo modo aporta a la concientización, fundamentada con datos reales, de la comunidad universitaria y de la ZMG en general, pues los datos son públicos y se puede

saber con seguridad el estado en el que se encuentre el medio ambiente en ciertas zonas como lo son estos terrenos donde serán instalados los nodos sensores.

La calidad del aire en Guadalajara se puede calcular mediante la medición de datos en diferentes puntos, que permiten obtener el estado actual de diferentes variables ambientales como lo son las partículas contaminantes, la temperatura y a la humedad, entre otras variables más. Ésta permite diagnosticar posibles causas para el deterioro de la calidad del aire que respiramos y, por consecuencia, traen problemas de salud a la población aledaña que lo inhala. Al mismo tiempo, permite verificar si las acciones tomadas para contrarrestar dicho efecto han sido las pertinentes o habría que hacer cambios para que éstas sean más efectivas.

Se espera que, con este proyecto las futuras generaciones que estén interesados en continuar con esta investigación y desarrollo tengan una base sólida desde la cual se pueda continuar con el crecimiento y mejora del proyecto.

1.3 Antecedentes del proyecto

El ITESO cuenta con un predio de 7.7 hectáreas en el bosque de La Primavera, que le fue donado por Cástulo Romero en 1996 con fines de preservación. Ya que el bosque La Primavera es uno de los principales ecosistemas la ciudad de Guadalajara se ha estado tratando de preservar en las mejores condiciones posibles pese a los diversos factores que lo amenazan como construcciones ilegales, invasiones de turistas que aumentan año con año e incendios por descuidos humanos y/o causas naturales.

El terreno del ITESO, en particular, fue afectado de igual manera por un incendio a gran escala sucedido en 2008 en el cual, hasta la fecha, aún se pueden ver los percances pese a las labores de restauración que se han estado llevando a cabo desde entonces con la ayuda de la participación de los alumnos en los proyectos PAP como el de “Desarrollo Tecnológico para la Sustentabilidad Ambiental” y “Vida Digital”. Dichas

labores consisten en diferentes estrategias que se siguen para tratar de recuperar la materia orgánica que permite a la tierra volver a ser fértil y restaurarse del daño recibido. Un ejemplo es el armado de barreras naturales, es decir utilizando materia orgánica que allí yace como troncos, ramas, hojas y piedras, que impiden que al llover el agua escurra y con ello se vayan todos los nutrientes posibles antes de ser absorbidos.

Desde entonces se han estado haciendo evaluaciones constantes en el terreno, que consisten desde visitas recurrentes hasta el seguimiento de estrategias más complejas para determinar el estado del ecosistema, donde se pueda ver el deterioro de los suelos, así como la pérdida de vegetación y fauna silvestre que ponen en riesgo la integridad del bosque.

El más reciente incendio ocurrido el 12 de abril de este año causó nuevamente grandes daños a gran parte del ecosistema y por ello se está buscando tener resultados mucho más exactos en cuanto a la condición del suelo y los árboles, para así poder determinar cuándo las afectaciones han llegado a esta zona en particular analizando las variables obtenidas y detectando patrones que pudieran indicar anomalías o cambios, así como la orientación de las actividades pertinentes a realizar para contrarrestar el efecto.

Para la realización de este proyecto se utilizarán varios tipos de dispositivos electrónicos y recursos especializados en distintas áreas como lo es la transmisión y recepción de señales inalámbricas, dispositivos sensoriales, equipos de cómputo, etc.

Actualmente se cuenta con 2 nodos sensores ZigBee y un nodo Gateway Libelium instalados en el Bosque de La Primavera, que tienen como objetivo enviar sus datos a un servidor web, encargado de recibir dicha información y almacenarla en una base de datos para su futura consulta. Dichos sensores forman una red inalámbrica para lograr la comunicación. Desde su comienzo, las labores realizadas en este PAP han permitido el ir avanzando hacia el objetivo final y que el proyecto esté en el punto actual. Fue necesario investigar sobre las tecnologías existentes y decidir la más conveniente para instalar según las necesidades particulares. Posteriormente se tuvo que conseguir todo

el equipo necesario y aprender a utilizarlo. Leer la documentación y comenzar a realizar pruebas sencillas útiles para ir agregando cada vez más funcionalidades. También fue necesario el crear un servidor web en el cual se aloja la información, así como el formato con el cual se reciben los datos para poder interpretarlos. Estas actividades, por mencionar algunas de las más importantes de todas las que se han ejecutado, han sido realizadas por compañeros del departamento y se busca darle continuidad e ir expandiendo y agregando funcionalidades cada vez más particulares.

1.4. Contexto

Este proyecto se ha desarrollado a lo largo de 2 años y medio, como parte del PAP Vida Digital en ITESO, en el que se han tenido varios logros, como lo son la configuración y despliegue del servidor web en el que se muestran los datos sensados; la configuración e instalación de diferentes nodos de red inalámbricos encargados de sensar diferentes variables, tanto dentro del campus, como en el bosque de La Primavera; sistema de consulta móvil, a través de una aplicación; documentación de las formas de uso de los sensores y demás hardware involucrados en el despliegue de la solución.

En la actualidad, la sociedad en general enfrenta un problema muy grave asociada a la contaminación. Según investigadores de la UdeG, el 64% de las muertes que sufren los tapatíos por enfermedades respiratorias están asociadas a los altos niveles de contaminación. (Armenta, 2009). Es por esto por lo que el tema tiene un alto impacto en nuestra sociedad, y atenderlo es de vital importancia.

"El ITESO es el bosque universitario de Guadalajara. Contamos con 3,733 árboles de cerca de 254 especies diferentes, lo que nos hace uno de los lugares con mejor biodiversidad del Área Metropolitana de Guadalajara" (CRUCE, 2018). El campus de la universidad es el lugar idóneo para experimentar, probar e innovar soluciones que ayudan a combatir la problemática encontrada. Se cuenta con una extensa área verde que favorece la medición de variables diversas, útiles para poner en marcha los diferentes proyectos diseñado

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

Entre los dispositivos a utilizar para la realización del proyecto están los siguientes:

> Sensor:

Es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (temperatura, humedad, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico que medir es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. (UVA 2018)

Para nuestro proyecto se utilizarán principalmente sensores de temperatura y humedad.

> Red de Sensores Inalámbricas (WSN por sus siglas en inglés):

“Una gran cantidad de pequeños dispositivos, autónomos, distribuidos físicamente, llamados nodos de sensores, instalados alrededor de un fenómeno para ser monitoreado, con la capacidad de almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica.” (Tapia, F. O.)

> Zigbee:

Un dispositivo de transmisión de señales entre redes de baja potencia que cubren grandes áreas y tienen una larga duración de batería.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Ultra bajo consumo que permite usar equipos a batería por prolongados lapsos.
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.
- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %.
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

En ZigBee hay tres tipos de dispositivos:

- Coordinador:
 - Sólo puede existir uno por red.
 - Inicia la formación de la red.
 - Es el coordinador de PAN (Personal Area Network).
 - Requiere memoria y capacidad de computación.
- Router:
 - Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
 - Puede actuar como coordinador, en caso de que éste falle.
 - Es el encargado del enrutamiento, o envío de mensajes de un destino a otro, de saltos múltiples, es decir pasando por varios nodos en el camino.
- End Device:

- Elemento básico de la red. Es típicamente quien tiene los sensores conectados, y únicamente se encarga de obtener mediciones y pasarlas a un Router o Coordinador, según sea la topología configurada.
- No realiza tareas de enrutamiento.
- Puede estar dormido la mayor parte del tiempo aumentando la vida de la batería.

(Dignani, J. P., 2011)

> SigFox:

Una red inalámbrica de cobertura amplia de bajo consumo energético.

Los módulos SigFox están diseñados para emitir mensajes pequeños. La comunicación en SigFox es bidireccional, aunque está diseñado para favorecer las transmisiones desde el terminal a la base, más que los mensajes dirigidos desde la base hacia el terminal. Para autenticarse en la red, tanto los dispositivos como las bases tienen un identificador SigFox único que los identifica en la red.

SigFox transmite sobre frecuencias públicas y abiertas, aunque reguladas. Por tanto, requiere de aprobación de los órganos reguladores en cada país donde opere. Está diseñada para no ser móvil y para atender usos del IoT que requieren larga distancia o sistemas que contengan elementos aislados con escaso mantenimiento durante gran parte de su vida útil. Las características principales de SigFox, y que lo convierten en un actor clave del desarrollo del IoT, son:

- Tecnología de banda estrecha (Narrow Band).
- Bajo coste (tanto del dispositivo como del servicio).
- Muy eficientes en el uso de energía (pueden funcionar durante años a pilas).
- Gran cobertura
- Requiere pocas estaciones base (miles de sensores pueden controlarse desde una misma estación).

- Excelente penetración bajo tierra, lo cual mejora la cobertura y amplía los usos.
- Sensibilidad de recepción de la señal relativamente baja en los terminales.
- Topología en estrella (facilita el despliegue y eficiencia energética).
- Robustez del servicio ante interferencias de la señal.

(Telefónica IoT, 2016)

> Libelium:

Sensores inalámbricos que ofrecen dispositivos de bajo consumo open source de fácil programación y ayudan a crear soluciones para el IoT. Es una marca española que fabrica nodos sensores con diferentes propósitos, mismos que serán utilizados en la configuración y puesta en operación de la red inalámbrica de sensores a instalarse en el bosque de La Primavera.

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Se optimizará la programación e instalación de los nodos sensores instalados actualmente en el Bosque de La Primavera que consiste en 1 Gateway Libelium y 2 nodos ZigBee, con el fin de recabar datos de mejor forma y poder expandir la red en el mismo sitio. Estos nodos fueron instalados el semestre previo, pero no están realizando el envío de datos de la forma esperada, por lo que será necesario revisar las configuraciones realizadas y la instalación de estos buscando dar solución al problema y que éstos logren su objetivo. Para ello será necesario recoger dichos nodos y seguir trabajando y experimentando con los mismos en la universidad, realizando cambios pertinentes y diseñando pruebas para validar su funcionamiento antes de la puesta en operación de estos de nuevo en el bosque. Idealmente se busca, además, expandir la

red actual agregando hasta 10 nodos para obtener un mayor número de mediciones y cubrir una mayor área del terreno.

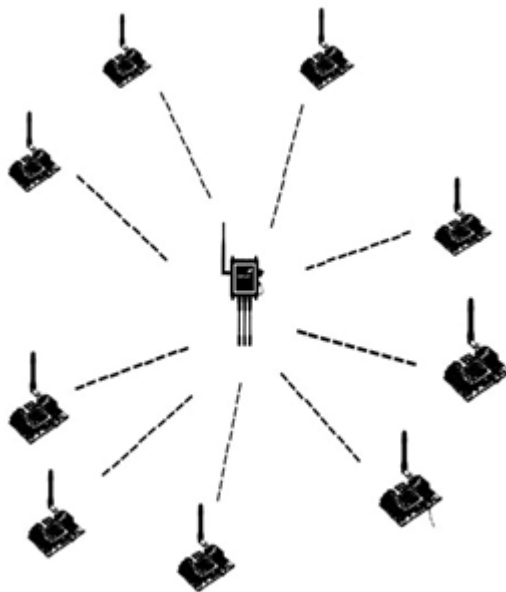


Imagen 1.- Topología de red a instalar en La Primavera.

La imagen 1 muestra la topología de red inalámbrica a instalar pensada, que consiste en 1 nodo Gateway-Coordinador Libelium y hasta 10 nodos inalámbricos ZigBee End Device. En una primera instancia se buscará dejar operando la misma red que la actual, conformada por el coordinador y dos End Devices más, sin embargo, de ser posible la red se complementará con más nodos. Asimismo, es posible que, por las distancias a cubrir en el terreno, sea necesario agregar un nodo Router que permita dar la conectividad y alcance de las señales transmitidas desde un End Device hasta el Gateway Libelium.

Asimismo, si el tiempo de ejecución lo permite, se instalarán hasta 10 nodos sensores ZigBee en el campus ITESO con distintos roles que pueden ser End Devices, Routers o Coordinador y que su comunicación es a través de Wi-Fi para llegar hasta el Coordinador y poder hacer el envío de datos al servidor. Se aplicarán los conocimientos obtenidos en

la anterior fase con el fin de poder replicar el funcionamiento adaptándose a los requerimientos específicos del terreno.

- Plan de trabajo

Plan de Trabajo					JS→Javier Sánchez
Entregable	Actividad	Subentregable	Responsable	Fecha de entrega	OC→Oscar Cortés
					MS → Maria Sánchez
1.- Mejora a red de monitoreo inalámbrica en Bosque La Primavera.	1.1 Reprogramar nodo Libellum Coordinador-Gateway, para enviar periódicamente datos propios y recibir 4 tramas ZigBee para su posterior envío al servidor.	Código	Equipo	JS3	
	1.2 Probar cambios y validar correcto funcionamiento en escenarios lo más parecidos a la realidad pero dentro de ITESO. Validar cambios y resultados esperados antes de acudir a La Primavera.	Reporte técnico	Equipo	JS5	
	1.3 Diseñar nueva instalación para nodos en La Primavera. Puntos de instalación y distribución de la red.	Reporte técnico	JS	JS4	
	1.4 Conseguir materiales para nueva instalación. Estos son postes de sujeción, celdas solares y baterías, sensores de temperatura y humedad, materiales varios para la instalación, cajas protectoras para nodos ZigBee	Listado materiales	JS	JS5	
	1.5 Acudir a reinstalar nodos en bosque La Primavera	Reporte técnico	Equipo	JS6	
	1.6 Validar y analizar funcionamiento de nodos y contrastar tecnologías para nuevas instalaciones.	Reporte técnico	Equipo	JS7	
	1.7 Expandir red de monitoreo hasta 10 nodos. Sólo en caso de que la red actual se encuentre operando en óptimas condiciones.	Reporte técnico	Equipo	JS7	
	1.8 Configurar e instalar nodo ZigBee en modo Router para permitir cubrir todo el terreno.	Reporte técnico	Equipo	JS7	
	1.9 Rectificar armado de convertidores de voltaje actuales y armado de más convertidores para nuevos nodos.	Reporte técnico	OC	JS3	
	1.10 Realizar reportes técnicos de modificaciones realizadas a sensores.	Reporte técnico	Equipo	JS7	
2. Comienzo e instalación de primeros dispositivos en red de monitoreo inalámbrica en campus ITESO.	2.1 Programar nodo coordinador Arduino que recibe tramas ZigBee-Libellum y se comunica al servidor a través de Wi-Fi.	Código	Equipo	JS8	
	2.2 Instalar nodos en puntos acordados con Servicios Generales.	Reporte técnico	Equipo	JS8	
	2.3 Validar comunicación entre todos los nodos y que éstos lleguen hasta el coordinador.	Reporte técnico	Equipo	JS8	
	2.4 Validar correcto envío de datos al servidor a través de Wi-Fi.	Reporte técnico	Equipo	JS8	
	2.5 Realizar reportes técnicos de configuración e instalación de nodos.	Reporte técnico	Equipo	JS8	
3. Reporte PAP	3.1 Realizar reporte PAP.	Reporte PAP	Equipo	JS9	

Los siguientes son los entregables finales deseados para la conclusión de este PAP. Es importante reiterar que, sólo en caso de terminar con las actividades planeadas para el escenario en el bosque de La Primavera, se trabajará en las actividades dentro del campus del ITESO. Sin embargo, se buscará lograr completar tantas tareas como sea posible en ambos escenarios.

Escenario Bosque La Primavera:

- 1.- Nodo Libelium Coordinador-Gateway recibiendo tramas ZigBee API 0x92 y enviando tramas TD a servidor en Internet, a través de comunicación celular.
- 2.- Mejora en la instalación de nodo coordinador y nodos ZigBee actuales. (Postes de sujeción, alimentación con celdas solares, mayor resistencia a inclemencias del tiempo y factores naturales como fauna de la región).
- 3.- Expansión de nodos sensores instalados actualmente.
- 4.- Instalación nodo ZigBee Router para cubrir todo el terreno.
- 5.- Rectificación y armado de convertidores de voltaje necesarios para todos los nodos instalados.
- 6.- Reportes técnicos de modificaciones realizadas a diferentes sensores.
- 7.- Análisis y reporte de desempeño de nodos en diferentes escenarios para contraste de soluciones.
- 8.- Código fuente de nodo coordinador.

Escenario ITESO:

1. Nodo Arduino Coordinador-Gateway recibiendo tramas ZigBee API 0x92 y Libelium API 0x90, enviando tramas TD al servidor, a través de comunicación Wi-Fi.
2. Instalación de nodos en puntos estratégicos dentro del campus, en coordinación con la Oficina de Servicios Generales para contar con la infraestructura física y eléctrica necesaria.
3. Expansión de nodos sensores instalados actualmente.
4. Reportes técnicos de instalación y configuraciones realizadas.
5. Código fuente de nodo coordinador.

- Desarrollo de propuesta de mejora

En una primera instancia, se trabajará sobre la infraestructura en el bosque de La Primavera, pues los nodos actuales no están haciendo el envío correcto de la información, y habrá que determinar la causa para poder corregir el problema. Se busca lograr que el funcionamiento sea óptimo y que así sea posible expandir la red actual, instalando más nodos sensores en diferentes puntos del terreno, para obtener una mayor cantidad de datos y tener la capacidad de interpretar un mayor volumen de información a través del servidor en Internet. Cabe mencionar que para esto se debe trabajar en el nodo Gateway Libelium que funge como coordinador de la red y es quien envía, a través de comunicación celular, los datos al servidor anteriormente mencionado.

Las primeras actividades consistieron en definir un documento de inicio de proyecto, una definición de alcance y en generar un plan de trabajo con base en las problemáticas detectadas en el sistema actual instalado en el bosque de La Primavera, en conjunto con los principales involucrados en el proyecto. Estos documentos se añaden como anexos para mayor detalle. Las principales tareas iniciales identificadas a resolver son:

- Lógica de programación en nodo coordinador.
- Intervalos de tiempo de envío de módulos ZigBee.
- Potencia configurada en los módulos ZigBee.

Con base en lo anterior es que se comenzó con el proyecto y la siguiente actividad consistió en acudir al terreno de La Primavera para recoger los nodos y realizar un análisis, a través de pruebas de alcance de la señal, sobre la efectividad de los puntos elegidos para instalar los nodos y determinar si la ubicación de estos pudiera ser un factor que impida la comunicación. Los siguientes resultados fueron los más importantes de los obtenidos, para mayor detalle se puede revisar el reporte de visita disponible como anexo.

Las pruebas de alcance realizadas desde el punto donde se encuentra el coordinador hacia ambos nodos ZigBee arrojaron los siguientes resultados:

a. Prueba hacia nodo ZigBee en parte baja del terreno (es el que se instaló con celda solar).

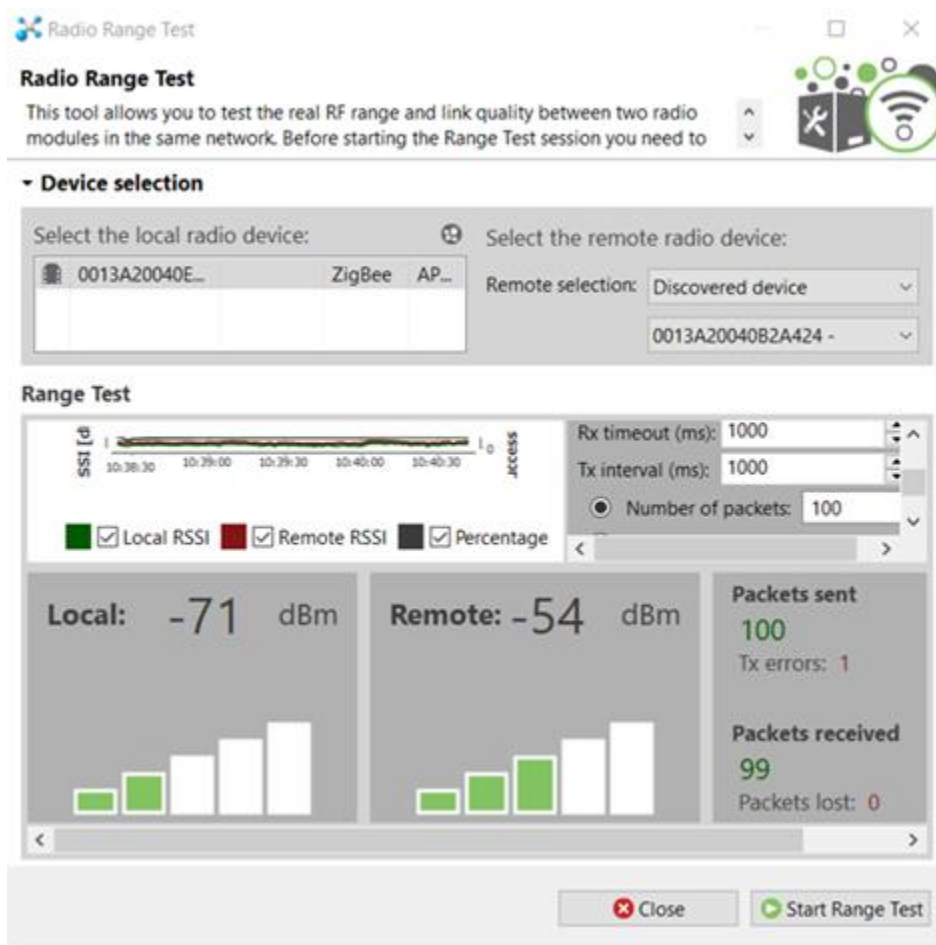


Imagen 2.- Prueba de alcance a nodo Zigbee en parte baja del terreno.

Como se muestra en la imagen 2, la recepción de señal es buena, aunque no con la mayor intensidad. No debe de ser problema para la comunicación entre los nodos.

b. Prueba hacia nodo en parte central del terreno (quedó instalado con batería común).

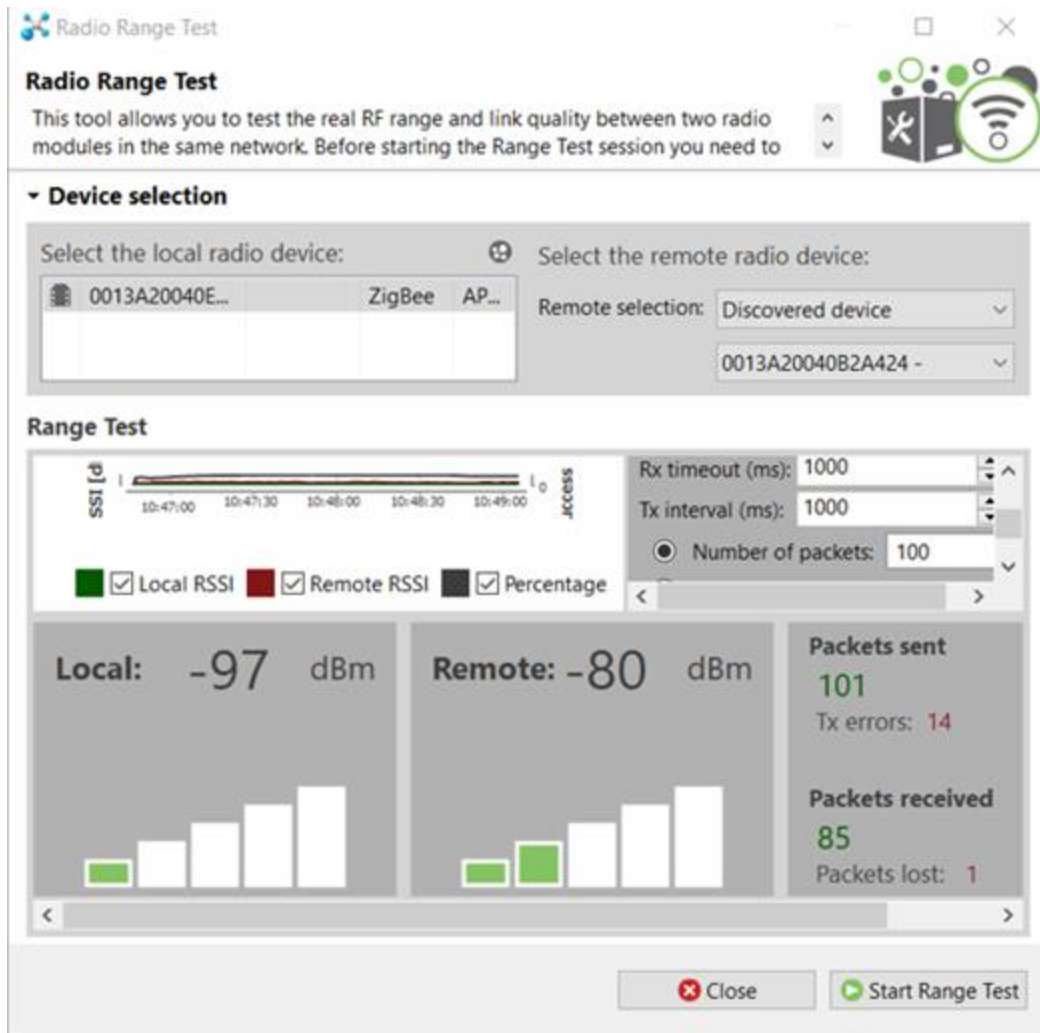


Imagen 3.- Prueba de alcance a nodo Zigbee en parte central del terreno.

Como se observa en la imagen 3, la recepción de señal es mucho menor, debido a que hay un mayor número de árboles entre medio de ambos nodos. Se observa una mayor pérdida de paquetes también, quizás se debería considerar el tener un nodo Router en un punto intermedio también pensando en los demás nodos a instalarse para garantizar la comunicación hacia el coordinador Libelium.

Algo que se notó fue que la realización de estas pruebas fue programando los nodos ZigBee en modo de consumo de energía máximo. Esto significa que la potencia de transmisión es la mayor posible, mientras que los nodos actuales estaban configurados

con la menor potencia de transmisión. Esto se refleja en una diferencia de 10 dB a la hora de transmitir y puede ser un factor determinante entre que la señal llegue de manera adecuada o no. Para las nuevas instalaciones, los nodos deberán ser configurados en este modo de máxima potencia de transmisión buscando tener mejores resultados.

En la siguiente tarea se procedió a programar el nodo coordinador Libelium cuya lógica de programación tenía el problema que el envío de los datos recabados por los sensores del coordinador era dependiente a las tramas enviadas por los módulos ZigBee. Para poder enviar una trama Libelium era necesario hacer primero recibir cuatro tramas ZigBee, lo cual forzaba a que en caso de no recibir dichas tramas el nodo coordinador tampoco enviaba sus propios datos.

Esto se solucionó haciendo uso de una función que nos provee el Waspote llamada `millis()`, la cual nos permite tener un control del tiempo transcurrido desde el encendido de nuestro dispositivo y de esa manera aislar el envío de los datos Libelium independientemente de la recepción de tramas ZigBee, esto se puede ver de manera más explícita en nuestro reporte técnico número dos.

El flujo de nuestro programa final se ilustra a continuación:

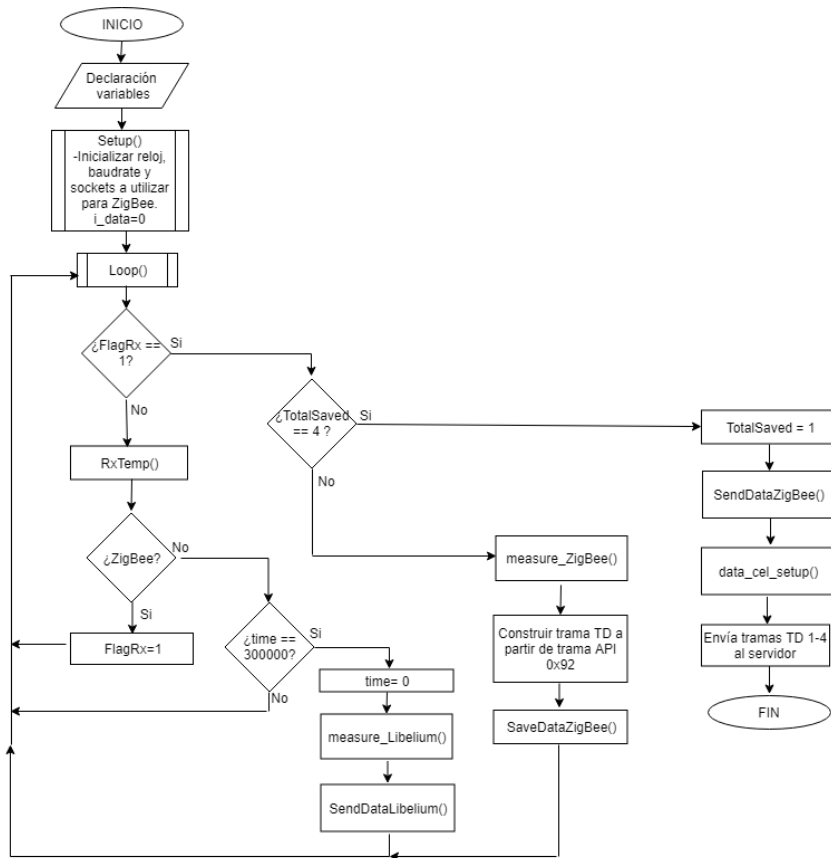


Imagen 4.- Diagrama de flujo programa final.

A continuación, se trabajó en los convertidores de voltaje los cuales presentaban problemas en el valor analógico de salida y entrada de nuestra tarjeta Zigbee, dicho circuito en resumen consta de un sparkfun (step-up), sensores y divisores de voltaje.

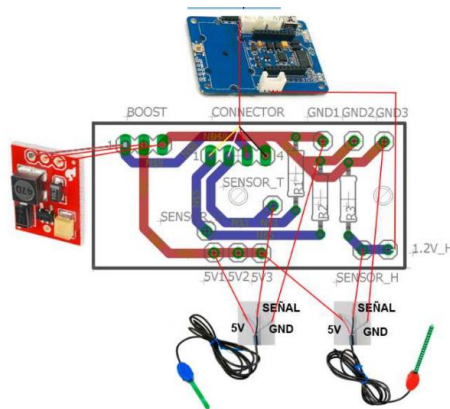


Imagen 5.- PCB e interacción entre dispositivos.

Identificamos el problema en el divisor de voltaje, utilizando un multímetro para validar que la PCB no tuviera cortocircuito o fallas de conductividad en las vías.

Después de un minucioso análisis de conductividad, el cual se puede visualizar en nuestro reporte técnico número tres concluimos que el problema se encontraba en el acople de las tierras, las cuales debido al diseño de la PCB no se conectaban a través de las capas causando una disparidad de tierra común y alterando el funcionamiento de nuestro circuito.

Solucionamos este problema soldando cada componente por ambos lados de la tarjeta, para evitar que existiera esta disparidad en las vías de la PCB.

Posteriormente surgió un problema en el Dupont de entrada a la tarjeta Zigbee, notamos que el diseño de la PCB también tenía carecía de una vía que conectara el divisor de voltaje a este Dupont. Entonces se soldó un cable para que el divisor y el Dupont estuvieran en la misma línea de conductividad.

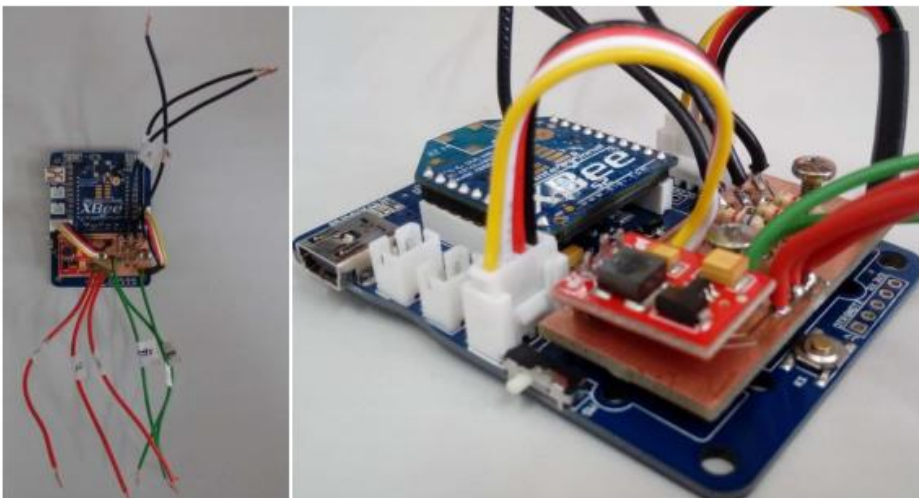


Imagen 6.-Imagen PCB y montaje sobre módulo Zigbee.

Una vez verificado que el voltaje analógico obtenido en las salidas de los divisores era el correcto nos dedicamos a validar dicho valor fuera enviado de manera exitosa por medio de la trama Zigbee y recibido correctamente en el nodo Coordinador.

Notamos que la conversión a voltaje era la correcta, sin embargo, presentaba algunos problemas en la conversión de voltaje a humedad. Realizamos algunas validaciones faltantes en la fórmula de conversión y solucionamos el problema.

Si esto se logra de forma rápida y el tiempo de desarrollo del programa lo permite, se replicará lo realizado en el bosque, pero ahora dentro del campus del ITESO. En él se busca instalar un mayor número de nodos sensores, en diferentes puntos estratégicos, con el fin de brindar a la oficina de Servicios Generales datos sobre el estado de salud de los árboles dentro de nuestro campus. Para este escenario, se utiliza una infraestructura similar a la del bosque, con el cambio de que los datos enviados al servidor en Internet, no se realiza a través de comunicación celular, sino a través de Wi-Fi.

3. Resultados del trabajo profesional.

- Reprogramación nodo Gateway-Coordinador Libelium.

Uno de los principales resultados obtenidos fue el código derivado de la reprogramación del nodo Gateway-Coordinador Libelium para que fuera capaz de estar siempre a la escucha de tramas ZigBee, enviadas por los sensores a su alrededor y, periódicamente, hacer el envío de los valores obtenidos a través de sus sensores directamente conectados. Este código es quien controla toda la lógica del manejo de los dispositivos presentes en la red inalámbrica y el encargado de hacer la conversión entre las tramas recibidas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos derivados de esta actividad, presentes en el reporte técnico correspondiente:

```

E#
Receiving data via RS-232 from XBee node.
*****4113*****4223*****4333*****4443*****4553*****4663*****4773*****4883*****

Frame ZigBee (Char):
7E:0:18:92:0:13:A2:0:40:E6:3:85:82:7F:1:1:0:0:87:2:C:2:A:2:9:A:D0:Address:
385
Byte 1: 20C
Byte 2: 20A
Byte 3: 209
Byte 4: AD0
Valores:
AD0: 23.27
AD1: 0.61
AD2: -1.00
BAT: 98.39
ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:33;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00
Contador i: 1
Data 1: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:33;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00
*****8804*****8913*****9023*****9133*****9243*****9353*****9463*****9573*****

```

Resultado 1.- Recepción de trama ZigBee #1 en Gateway Libelium.

```

Frame ZigBee (Char):
7E:0:18:92:0:13:A2:0:40:E6:3:85:82:7F:1:1:0:0:87:2:C:2:A:2:9:A:D0:Address:
385
Byte 1: 20C
Byte 2: 20A
Byte 3: 209
Byte 4: AD0
Valores:
AD0: 23.27
AD1: 0.61
AD2: -1.00
BAT: 98.39
ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:48;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00
Contador i: 4
Data 1: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:33;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00
Data 2: ID;PZ2;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:38;BAT;98.53;TmpS;23.03;TmpI;0.61;HumS;-1.00
Data 3: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:43;BAT;98.39;TmpS;23.15;TmpI;0.61;HumS;-1.00
Data 4: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:48;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00
*****

```

Resultado 2.- Recepción de trama ZigBee #4 en Gateway Libelium.

Los resultados 1 y 2 muestran la recepción de tramas ZigBee enviadas por dichos nodos. Como se aprecia en el primer caso, el valor del contador es 1, es decir, es la primera trama ZigBee que llega y a partir de ella se construye la trama TD correspondiente. Según la secuencia en el diagrama de flujo, primero se reciben 4 tramas ZigBee y después se hace su envío al servidor. Es por esto por lo que en el resultado 2 se observa que el contador ha llegado a 4, se imprimen en consola las 4 tramas recibidas, que en este caso son muy parecidas pues son en un corto periodo de tiempo, pero si llegan de diferentes nodos, y posteriormente se procede a su envío como se observa a continuación.

```
*****
3G module ready...
3G module connected to the network...
Set up done
Contactando servidor...
GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;PZ1;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:33;BAT;98.39;TmpS;23.27;TmpI;0.61;HumS;-1.00 HTTP/1.1
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close

Network status: 1
□

HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: mon, 11 jun 2018 21:28:19 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

12
ID;PZ1;RS;Correct;
0

GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;PZ2;AC;TD;TS;18:06:11:16:25:38;BAT;98.53;TmpS;23.03;TmpI;0.61;HumS;-1.00 HTTP/1.1
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close

Network status: 1
□

HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: mon, 11 jun 2018 21:28:33 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8
```

Resultado 3.- Envío de 4 tramas TD al servidor en Internet.

El resultado 3 muestra la rutina de envío de las tramas al servidor. Se tienen previamente 4 tramas TD almacenadas y se hace el envío de una por una. El objetivo de juntar 4 tramas antes de mandarlas es para optimizar el tiempo de ejecución, pues así sólo se deben inicializar la tarjeta de comunicación celular una vez y utilizarla para el envío.

```
Inicio del programa de COM3G
Battery level GW Libellium:
99

Sensando

*** CALL MEASURE ***
*** BEGIN OF MEASURE ***
*** Tarjeta de gases encendida ***
*** Sensores configurados ***
*** Sensores encendidos ***
*** Sensor CO leÃdo ***
*** Sensor Temp leido ***
*** Sensor Hum leido ***
*** Sensor NO2 leido ***
*** Sensor O3 leido ***
*** Sensor CO2 leido ***
*** END OF MEASURE***
*** RETURN OF MEASURE***ID;NPL;AC;TD;TS;18:06:11:16:33:29;BAT;99;Temp;25.16;Hum;63.16;CO2;0.00;NO2;1.07;O3;0.00;CO;1.13
GET /nodos/sensiteso.php?data=ID;NPL;AC;TD;TS;18:06:11:16:33:29;BAT;99;Temp;25.16;Hum;63.16;CO2;0.00;NO2;1.07;O3;0.00;CO;1.13 HT
Host: papvidadigital-test.com
Connection: close

*****
APN: internet.itelcel.comwebgprs
LOGIN: webgprs
PASSWORD: webgprs2002
*****
3G module ready...
3G module connected to the network...
Set up done
Contactando servidor...
Network status: 1
Status: 0
http/1.1 200 ok
date: mon, 11 jun 2018 21:35:48 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

12
ID;NPL;RS;Correct;
```



```
HTTP query OK.

3G answer:http/1.1 200 ok
date: mon, 11 jun 2018 21:35:48 gmt
server: apache
connection: close
transfer-encoding: chunked
content-type: text/html; charset=utf-8

12
ID;NPL;RS;Correct;
0

*****
```

Resultado 4.- Rutina de lectura de sensores Libelium y envío de trama TD al servidor.

El resultado 4 muestra la rutina de lectura de los sensores Libelium y su envío al servidor. Esto se ejecuta una vez que el conteo de tiempo en millis ha llegado al límite previamente definido, que para este caso fue de cinco minutos. Cuando se llega este tiempo, se deben leer los valores de los sensores directamente conectados al nodo Gateway Libelium, y construir una trama TD a partir de dichos valores. Una vez que se tiene esta trama, se envía al servidor siguiendo la misma secuencia de pasos que con las tramas ZigBee, en donde se debe inicializar la tarjeta de comunicación, probar conectividad a Internet, y por último hacer el query GET hacia el servidor.

Ultimos 100 lecturas registradas.

id	idNodo	data	fecha_hora
365425	PZ2	{"id":"PZ2","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:34:28-0500","bat":"98.53","tmpls":"22.91","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:34:28
365424	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:34:24-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:34:24
365423	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:34:19-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:34:19
365422	PZ2	{"id":"PZ2","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:34:14-0500","bat":"98.53","tmpls":"22.91","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:34:14
365421	NPL	{"id":"NPL","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:33:29-0500","bat":"99","temp":"25.16","hum":"63.16","co2":"0.00","no2":"1.07","o3":"0.00","co":"1.13"}	2018-06-11 16:33:29
365420	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:30:03-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:30:03
365419	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:29:58-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:29:58
365418	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:29:53-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:29:53
365417	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:29:47-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:29:47
365416	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:28:15-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:28:15
365415	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:28:10-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:28:10
365414	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:28:05-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.15","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:28:05
365413	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:28:01-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.27","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:28:01
365412	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:25:48-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.27","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:25:48
365411	PZ2	{"id":"PZ2","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:25:38-0500","bat":"98.53","tmpls":"23.03","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:25:38
365410	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:25:33-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.27","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:25:33
365409	PZ1	{"id":"PZ1","ac":"td","ts":"2018-06-11T16:24:09-0500","bat":"98.39","tmpls":"23.27","tmpi":"0.61","hums":"-1.00"}	2018-06-11 16:24:09

Resultado 5.- Tramas TD insertadas en servidor de pruebas.

El resultado 5 muestra las tramas TD enviadas al servidor en Internet y visualizadas desde el mismo. Se observa el ID del Nodo, la trama TD completa y la fecha y hora en que fueron recibidas. De esta forma se puede garantizar que el envío ha sido correcto y los datos están disponibles para futuras consultas.

- Rectificación y armado de convertidor de voltaje.

```

Receiving data via RS-232 from XBee node.
*****4813*****4923*****5033*****5143*****5253*****5363*****5473*****5583*****

Frame ZigBee (Char):
7E:0:1A:92:0:13:A2:0:40:E6:3:85:56:FB:1:1:0:10:87:0:0:3:FF:2:2:2:8:A:D0:Address:
385
Byte 1: 3FF
Byte 2: 227
Byte 3: 208
Byte 4: AD0
voltemp:1.2000000476
Valores:
AD0: 26.53
AD1: 0.61
AD2: 100.00
BAT: 98.39
ID;PZ1;AC;TD;TS;18:07:02:19:32:16;BAT;98.39;TmpS;26.53;TmpI;0.61;HumS;100.00
Contador i: 1
Data 1: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:07:02:19:32:16;BAT;98.39;TmpS;26.53;TmpI;0.61;HumS;100.00
    
```

Resultado 1.- Recepción de valores de temperatura y humedad en Gateway Libelium.

En el resultado 1 se puede observar la recepción de los valores obtenidos por los sensores en “AD0” y “AD2”, siendo el primero el valor de temperatura y el segundo el de humedad. En este caso se obtuvo un valor de 26.53 °C y un 100% de humedad. El segundo valor se debe a que se encontró que, para que el sensor funcione de forma adecuada, éste debe encontrarse con presión, por ejemplo, sumergido en agua. Por tal motivo se sumergió completamente en una taza con agua para obtener dicho valor. Por último, se observa en “Data 1” la trama TD construida a partir de dichos valores y que será enviada al servidor en Internet.

```
Frame ZigBee (Char):
7E:0:1A:92:0:13:A2:0:40:E6:3:85:56:FB:1:1:0:10:87:0:0:2:8E:2:28:2:8:A:D0:Address:
385
Byte 1: 28E
Byte 2: 228
Byte 3: 208
Byte 4: AD0
voltemp:0.7671554565
Valores:
AD0: 26.65
AD1: 0.61
AD2: 66.72
BAT: 98.39
ID;PZ1;AC;TD;TS;18:07:02:19:32:26;BAT;98.39;TmpS;26.65;TmpI;0.61;HumS;66.72
Contador i: 3
Data 3: ID;PZ1;AC;TD;TS;18:07:02:19:32:26;BAT;98.39;TmpS;26.65;TmpI;0.61;HumS;66.72
```

Resultado 2.- Recepción de valores de temperatura y humedad en Gateway Libelium.

Para el resultado 2 se hizo variar el valor de la humedad al dejar de sumergir completamente la probeta del sensor en el agua. Por tal motivo ahora se recibe un valor del 66.72% de humedad, mientras que la temperatura se mantuvo prácticamente igual. Asimismo, se construye la trama TD correspondiente con dichos valores.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

Oscar:

El proyecto me sirvió más que nada para poner en prueba mis conocimientos profesionales, identifiqué dos principales problemáticas atacadas que tienen que ver con mis competencias como ingeniero, las cuales fueron problemas con la lógica de programación del Coordinador y problemas con el circuito convertidor de DC-DC lo cual me permitió poner en práctica el debug de software, así como el análisis de circuitos de potencia.

No sólo puse en práctica mis competencias, sino que también aprendí mucho de este proyecto, los principales conocimientos adquiridos creo que fueron en la transmisión inalámbrica por medio del protocolo Zigbee, analizar las tramas y configurar los módulos para que tengan los intervalos adecuados de muestreo y gasten la menor potencia posible.

Es importante colaborar como equipo y que cada uno aporte en su área de expertise, sin embargo, resulta asimismo reconfortante aprender cosas nuevas y poner a prueba las capacidades de aprender algo nuevo cada día, habilidad que es muy importante en el mundo laboral.

Javier:

Como aprendizaje profesional considero el más relevante la adquisición de nuevos conocimientos muy útiles para diferentes ambientes o escenarios, como lo es el aprender a utilizar y configurar el convertidor de voltaje, para poder utilizar diferentes tipos de sensores. Asimismo, el conocer más a fondo el hardware utilizado para nuestra solución, pues nos enfrentamos con algunos retos nuevos para todos los integrantes del equipo, que además supusieron retrasos importantes en los tiempos que teníamos estimados

para la elaboración del proyecto. Aprendí que es imprescindible contar con una buena planeación y manejo de los tiempos estipulados, pues las demoras afectan no sólo a la etapa en que se desarrollan, sino a todo el proyecto en sí. Mis saberes puestos a prueba fueron de programación principalmente pues en el nodo coordinador se encontró el mayor reto del proyecto.

Maria:

La principal prueba que enfrenté como diseñadora digital trabajando en un campo de ingeniería totalmente ajeno a mi conocimiento previo fue el lenguaje en nuestra comunicación al empezar a familiarizarnos con los términos. Me costó un poco de trabajo encontrar mi lugar en el proyecto ya que la ingeniería que mis compañeros utilizaban estaba por mucho más elevada a lo que yo conocía; pero gracias a ello me pude dar cuenta de que mis conocimientos artísticos/creativos iban mucho más de la mano con la ingeniería de lo que yo pensaba. En las últimas semanas me pude adaptar mejor al proyecto y no solo eso, sino que al aprender sobre nuevas transmisiones inalámbricas como *Zigbee* y *Libelium* pude ponerlos en práctica en mis proyectos artísticos personales y poderlos desarrollar a futuro. Este PAP me ayudó a encontrar una forma de ver el arte mucho más objetiva y sensorial de lo que yo tenía noción en un principio. Ahora no solo podré utilizar estos nuevos conocimientos para desarrollar protocolos programables, sino que los podré llevar a exhibiciones de arte y proveer de una experiencia artística mucho más sensorial con hardware sólidos desarrollados por mi y/o con un equipo multidisciplinario.

- Aprendizajes sociales

El proyecto es muy amplio y nuestra contribución es, aunque pequeña, esencial. Al formar parte de un proyecto de esta magnitud muchas veces aparecen problemas al operar sobre el trabajo previo de otros compañeros, sin embargo, resulta interesante

hacer la comparativa entre la solución existente y la posibilidad de buscar una solución más eficiente a una problemática.

Nuestra propuesta soluciona la problemática de una manera más eficaz y por lo mismo tuvimos que utilizar nuestra creatividad y conocimientos técnicos para llegar a dicha propuesta.

Lo más difícil sin duda fue adaptarse a la solución actual ya que este tiene un historial de antecedentes muy extenso de varias generaciones, por lo que el primer paso fue entender el contexto actual para de esa manera poder emprender.

Nos dimos cuenta, en nuestras visitas al bosque acompañados de otros compañeros de diferentes áreas que también aportan al proyecto global, que nuestras acciones tienen un impacto muy positivo y que éste no sólo es para nuestro departamento o por cumplir con nuestro requisito, sino que, en conjunto, abonamos a un proyecto más grande con un objetivo común que es el de velar nuestros bosques y hacer frente a la problemática de la calidad del aire en nuestra ciudad. Además, consideramos que esto nos ayudó para expandir nuestra visión y no sólo limitarnos a pensar en lo que sabemos hacer nosotros con nuestros conocimientos profesionales, sino a la gran cantidad de cosas que se pueden lograr desde un trabajo multidisciplinar. Nos damos cuenta de que tiene una gran importancia el trabajo en equipo y el saber delegar tareas según el área de conocimiento de cada persona.

Asimismo, nos parece muy interesante el saber que este proyecto sigue y que lo nosotros logramos servirá mucho para futuras generaciones que quieran involucrarse en él para irlo haciendo cada vez más completo y eficiente. Eso nos dio un sentido de responsabilidad sobre la calidad con la que debíamos hacer las cosas, pensando siempre a futuro y a que sea entendible por quien llegue a colaborar en el proyecto.

- Aprendizajes éticos

Oscar:

Lo primero que hice fue analizar el contexto actual del proyecto, y en base a ello tomé decisiones acerca de las alternativas para solucionar el problema, por ejemplo, lógica de programación utilizar, debido a mi escaso conocimiento en el dispositivo utilizado para la obtención de variables propuse varias soluciones que no resultaron exitosas, sin embargo, nos llevaron a la solución final y aprendí mucho en el proceso.

Sin duda en este tipo de proyectos disfruto más la parte digital y la programación por lo que después de mi PAP1 y PAP2 he decidido ejercer como software.

Javier:

Aplicar mis conocimientos en un proyecto de este tipo es muy enriquecedor para mí porque me parece un excelente enfoque para aportar a la mejor de nuestra comunidad. Me hace reflexionar sobre el impacto tan positivo que pueden llegar a tener mis acciones, y la importancia de aplicar mis conocimientos profesionales siempre pensando en el bien común. Esto me lleva a querer seguir colaborando y a aprender nuevas formas de aplicar mis conocimientos para la mejora de nuestro entorno.

Maria:

El proyecto en el que se estuvo trabajando necesito de toda nuestra atención porque no solo dependía de nosotros, sino que había muchas más personas y espacios involucrados a los que tuvimos que atender con igual disposición. Tuvimos que dedicarle el tiempo suficiente y a veces horas extras para poder llegar al resultado que se llegó, no podíamos permitirnos atrasos porque afectaba el dinero y tiempo de todos los involucrados. Creo que trabajar con un equipo multidisciplinario en un proyecto tan grande me ayudó a ver los distintos enfoques que se le puede dar a algo tan sencillo

como un sensor y también a desarrollar un sentido de observación mucho más detallado para la detección de incidentes y evitar fallos en el proyecto.

- Aprendizajes en lo personal

Oscar:

El PAP como su nombre lo indica trata de darnos una aproximación al mundo laboral y es una gran experiencia para conocer las debilidades y fortalezas de cada persona, así como los gustos y preferencias. Es una manera de comparar tus competencias con otros, así como aprender de ellos y que ellos aprendan de ti. El trabajo en equipo es esencial, así como el autoaprendizaje, uno tiene que estar dispuesto a escuchar propuestas y darse cuenta cuando hay una manera más eficaz de solucionar una problemática. El trabajar con un equipo multidisciplinario te da una visión más grande de tu participación en un proyecto y cuáles serán tus tareas en el mundo laboral. Es importante entender que todos somos indispensables, que somos peones del mismo equipo.

Javier:

El PAP me ayudó a reconocer mis buenas habilidades para trabajar en equipo, y el aprender a colaborar con otros puntos de vista y conocimientos profesionales. Aprendí que siempre existen diferentes formas de abordar un problema, y que en conjunto se puede llegar a una solución integral aplicando los mejores elementos de cada área. Asimismo, aprendí que se le puede dar una gran utilidad a mis conocimientos profesionales, para la mejora de nuestro entorno, y que es posible aportar algo para combatir la problemática que enfrentamos, como lo son los elevados índices de contaminación en la ciudad. Considero que es fundamental que todos abordemos este tema, pues el bosque es el pulmón de la ciudad en la que vivimos, y mismo que cada vez se ve más deteriorado por las actividades e imprudencia humana. Me gustaría continuar con la elaboración de este, u otros proyectos similares, que tengan este objetivo en común, pues lo veo como algo muy necesario para nuestra comunidad.

Maria:

En este PAP me di cuenta de todas las posibilidades artísticas que puedo desarrollar con mis nuevas habilidades adquiridas como son la observación, paciencia, persistencia, comunicación y trabajo en equipo multidisciplinario, toma de decisiones a partir de objetivos diarios y ser flexible. También me ayudó a ver cómo se desenvuelven los ingenieros y mejorar mi comunicación con ellos para futuros proyectos dentro de este mismo campo. Definitivamente esta parte de ingeniería es algo que me mueve y me interesa desarrollar a futuro por tantas posibilidades de combinarlo con otras disciplinas como las artes en mi caso.

5. Conclusiones

Este proyecto nos fue muy interesante por la diversidad de temas y componentes involucrados, y los retos profesionales que representó. En un inicio planteamos muchas actividades posibles a realizar, sin embargo, subestimamos los tiempos que nos llevó realizar varias de las mismas, por lo que no nos fue posible completarlas todas. Consideramos que los avances fueron muy buenos pues aportan a mejorar la solución existente y sienta una buena base para poder continuar con el trabajo en futuros periodos. Fueron muchos los aprendizajes obtenidos, y nos sirvió para involucrarnos con una nueva tecnología, tanto en software como en hardware, como lo son los sensores ZigBee y principalmente el nodo Libelium con el que trabajamos.

Para poder continuar con el desarrollo del proyecto es necesario encontrar alguna solución para lo detallado en el reporte anexo “Estatus final proyecto PAP: Funcionalidades Gateway, Convertidores de voltaje”, en el punto número 1, pues de no ser posible que la comunicación serial funcione sin estar conectado vía USB, no se podrá realizar la instalación en La Primavera por las condiciones del terreno. Se intentó con otra librería diferente a Wasp232 obteniendo el mismo resultado, sin embargo, no se descarta que pueda ser solucionado con alguna otra que no hayamos encontrado aún. Se realizaron diferentes pruebas que permitieron validar el funcionamiento del programa,

mientras está conectado, y los resultados obtenidos fueron los esperados. Es por esto por lo que consideramos que una vez solucionado este problema, se podrá avanzar en la puesta en operación de la solución. Desafortunadamente, por la brevedad del periodo actual de verano, no nos fue posible seguir experimentando en busca de la solución.

Si bien no se completaron tantas tareas como nos hubiera gustado, por limitaciones ajenas a nosotros como lo fue el malfuncionamiento del hardware, nos dimos a la tarea de documentar todos nuestros hallazgos y avanzar la mayor cantidad de tareas posibles para los futuros involucrados en el proyecto.

6. Bibliografía

Dignani, J. P. (2011). Análisis del protocolo Zigbee. (Tesis licenciatura). Departamento de informática. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf consultado 28.05.18

Ochoa-García, H. (2012). Mapeo de conflictos ambientales y alternativas en Jalisco: aportes para una metodología. ITESO. Disponible en <https://rei.iteso.mx/handle/11117/424>

Tapia, F (2018) Red inalámbrica de sensores disponible en http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/networks/Presentacion_sensores.pdf consultado 28.05.18

Universidad de Valladolid (2018) Sensores disponible en <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf> consultado 28.05.18

¿Qué hacemos por La Primavera tras el incendio? – CRUCE. (n.d.). Consultado mayo 28, 2018, de <https://cruce.iteso.mx/que-hacemos-por-la-primavera/>

Juan Carrillo Armenta. (2009). Rebasa la contaminación del aire en la ZMG los estándares de la OMS. 13.02.18, de Universidad de Guadalajara Sitio web: <http://www.udg.mx/es/noticia/rebasa-la-contaminacion-del-aire-en-la-zmg-los-estandares-de-la-oms>

Telefónica IoT. (18 de octubre de 2016). SigFox, tecnología para la digitalización del mundo físico. Obtenido de IoT Connectivity Hub, Industry: <https://iot.telefonica.com/blog/2016/10/es-sigfox-iot-lpwa>

Anexos

1. A1: Reporte Técnico 01 “Visita inicial a La Primavera”.
2. A2: Reporte Técnico 02 “Reprogramación nodo coordinador Libelium-ZigBee”.
3. A3: Reporte Técnico 03 “Rectificación y armado de convertidor de voltaje”.
4. A4: Reporte Técnico 04 “Estatus final proyecto PAP: Funcionalidades Gateway, Convertidores de voltaje”.
5. A5: Código fuente “full_gateway_v4”. (Última versión estable con impresiones de consola y uso de librería Wasp232 para comunicación serial).
6. A6: Código fuente “full_gateway_v5” (Sin uso de librería Wasp232 ni impresiones de pantalla).