

**PUNTOS DE CONTROL INTERNO UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE,  
APLICADOS A ELECTRICARIBE EN ASOCIACIÓN NIPPON TRADE DE  
COLOMBIA S.A. E IDOSDE**

**LILIBETH BRIÑEZ HERRERA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS  
FACULTAD INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**PUNTOS DE CONTROL INTERNO UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE,  
APLICADOS A ELECTRICARIBE EN ASOCIACIÓN NIPPON TRADE DE  
COLOMBIA S.A. E IDOSDE**

**LILIBETH BRIÑEZ HERRERA**

**Informe de Práctica Profesional**

**Director de Proyecto**

**RAÚL RESTREPO AGUDELO**

**Máster en Telecomunicaciones e Ingeniería Electrónica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS**

**FACULTAD INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**BUCARAMANGA**

**2010**

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b>	<b>18</b>
<b>1.1 GENERALIDADES</b>	<b>18</b>
<b>1.1.1 Nombre</b>	<b>18</b>
<b>1.1.2 Actividad Económica</b>	<b>18</b>
<b>1.1.3 Productos que comercializa</b>	<b>18</b>
<b>1.1.4 Teléfono</b>	<b>18</b>

<b>1.1.5 Dirección</b>	<b>18</b>
<b>1.1.6 Reseña Histórica</b>	<b>18</b>
<b>1.2 DIAGNÓSTICO</b>	<b>19</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>22</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>22</b>
<b>3. PLAN DE TRABAJO</b>	<b>23</b>
<b>3.2 CRONOGRAMA MESES DICIEMBRE Y ENERO</b>	<b>23</b>
<b>3.2 CRONOGRAMA MESES FEBRERO Y MARZO</b>	<b>24</b>
<b>3.3 CRONOGRAMA MESES ABRIL Y MAYO</b>	<b>25</b>

<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>26</b>
<b>4.1 TECNOLOGÍA ZIGBEE</b>	<b>26</b>
<b>4.1.1 Topología de red</b>	<b>27</b>
<b>4.1.2 Tipos de entorno</b>	<b>30</b>
<b>4.1.3 Estándar IEEE 802.15.4</b>	<b>31</b>
<b>4.2 ZIGBIOSOFT</b>	<b>32</b>
<b>4.3 TRANSMISOR DE RADIOFRECUENCIA XBEE</b>	<b>33</b>
<b>4.4 MEDIDOR HÍBRIDO MONOFÁSICO TRIFILAR (DDS994)</b>	<b>35</b>
<b>4.5 GATEWAY, PUERTA DE ENLACE</b>	<b>36</b>
<b>4.6 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE</b>	<b>37</b>

<b>5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO</b>	<b>39</b>
<b>6. APORTES AL CONOCIMIENTO</b>	<b>48</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el primer bimestre.	<b>23</b>
<b>Tabla 2.</b> Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el segundo bimestre.	<b>24</b>
<b>Tabla 3.</b> Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el primer bimestre.	<b>25</b>
<b>Tabla 4.</b> Propiedades del estándar IEEE 802.15.4	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Organigrama de Nippon Trade de Colombia S.A.	21
<b>Figura 2.</b> Red en topología de estrella	28
<b>Figura 3.</b> Red en topología de árbol	29
<b>Figura 4.</b> Red en topología de malla	30
<b>Figura 5.</b> Página principal del software ZigbioSoft	32
<b>Figura 6.</b> Módulo Xbee	34
<b>Figura 7.</b> Módulo Xbee Pro	34
<b>Figura 8.</b> Medidor DDS994 (1P3W)	35
<b>Figura 9.</b> Transformador de corriente	37
<b>Figura 10.</b> Tarjeta de control y comunicaciones	40
<b>Figura 11.</b> Red en malla utilizada en el proyecto	40
<b>Figura 12.</b> Transmisor de radiofrecuencia	41
<b>Figura 13.</b> Proceso de pruebas del ZigbioSoft	42
<b>Figura 14.</b> Vista del medidor y transformador	42



<b>Figura 15.</b> Vista ampliada del medidor y transformador	<b>43</b>
<b>Figura 16.</b> Visión satelital de la ubicación de los medidores utilizados para la prueba.	<b>44</b>
<b>Figura 17.</b> Resultado de la energía consumida por un medidor	<b>45</b>
<b>Figura 18.</b> Promedio de la energía consumida por los medidores conectados a la red.	<b>45</b>
<b>Figura 19.</b> Potencia consumida por un medidor	<b>46</b>
<b>Figura 20.</b> Seminario de actualización	<b>47</b>

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO A.</b> Catalogo medidor híbrido monofásico trifilar (DDS994)	<b>54</b>
<b>ANEXO B.</b> Características técnicas del medidor DDS994(1P-3W)	<b>56</b>

## GLOSARIO

**CENTRO DE GESTIÓN:** Es la unidad especializada encargada de monitorear el sistema PCI.

**CONEXIÓN SEMIDIRECTA:** Conexión de carga realizada a través de otro dispositivo o sistema, es muy utilizada en la Macromedición.

**GATEWAY:** Dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes en todos los niveles de comunicación. Su objetivo es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usada en la red a la que se envié.

**HAN:** *Home Area Network*, Red de área doméstica. Conjunto de dispositivos de todo tipo, informáticos (PCs y sus periféricos) o no (electrodomésticos) instalados en un hogar y conectados entre sí. Todos ellos pueden incluso ser operados a distancia mediante Internet.

**HUB:** Concentrador, dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Recibe una señal y la repite emitiéndola por sus diferentes puertos. Son la base de las redes en topología estrella.

**IEEE 802:** Es un estudio de estándares pertenecientes al instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), que actúa sobre Redes de ordenadores y redes de área local (LAN), metropolitana (MAN).

**IEEE 802.15:** Grupo de trabajo dentro de IEEE 802 especializado en redes inalámbricas de área personal. Los estándares que desarrolla define redes tipo PAN o HAN de corta distancia.

**LAN:** *Local area network, Red de área local.* Es un sistema de comunicaciones que permite compartir información de corta distancia (a un entorno de 200 metros), es usada para la interconexión de computadoras personales y estaciones de trabajo.

**MAN:** *Metropolitana area Network, Red de área metropolitana.* Red de alta velocidad que da cobertura den un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado, comprende ubicación geográfica determinada a ciudad o municipio y su distancia de cobertura es mayor a 4Km.

**MACROMEDICIÓN:** Consiste en la instalación de medidores de energía eléctrica mediante transformadores de corriente en los barrajes de baja tensión de los transformadores de distribución, con el propósito de efectuar el balance energético en cada circuito.

**ODÓMETRO:** Registrador, dispositivo que indica el consumo de energía de la vivienda.

**PAN:** *Personal area Network, Red de área personal.* Red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso, Estas redes son de unos pocos metros y para uso personal.

**PUNTOS DE CONTROL INTERNO (PCI):** Sistema que permite obtener datos de consumo de los transformadores de uso residencial mediante Macromedición remota en tiempo real.

**SLOT:** Es un elemento de la placa base de un ordenador que permite conectar una tarjeta adaptadora adicional o de expansión.

**TARJETA DE RED:** Permite la comunicación entre diferentes aparatos conectados entre sí y también permite compartir recursos entre dos o más computadoras. Se les llama también adaptador de Red o NIC.

**TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC):** Son dispositivos indispensables en todos los sistemas eléctricos y tienen dos funciones principalmente, medir altas intensidades de corriente con instrumentos de bajo alcance y separar eléctricamente el circuito a medir, de los instrumentos de medición.

**WPAN:** *Wireless Personal Area Network*, Red inalámbrica de Área Personal. Es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos cercanos al punto de acceso, normalmente son de pocos metros y para uso personal.

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

- TITULO:** Puntos de control interno utilizando tecnología zigbee, aplicados a Electricaribe en asociación Nippon Trade de Colombia S.A. e Idosde
- AUTOR:** Lilibeth Briñez Herrera
- FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Electrónica
- DIRECTOR:** Raúl Restrepo Agudelo

### **RESUMEN**

El proyecto “Puntos de Control Interno” es un sistema diseñado y desarrollado como una solución al fraude que afecta a las comercializadoras de energía eléctrica. Esta herramienta permite disminuir las pérdidas a través de la implementación de macromedición remota obteniendo datos de consumo de los transformadores de distribución, utilizando hardware, software y creando una red propia de comunicaciones inalámbricas. El software ZigbioSoft genera información en tiempo real permitiendo realizar críticas más efectivas de las posibles pérdidas no técnicas, obteniendo datos para el análisis de calidad de energía.

Los componentes del sistema son: a) Transformadores de corriente: sensores de alta exactitud que registran la magnitud de las corrientes que fluyen por los respectivos conductores. b) Macromedidores de energía eléctrica de conexión semi-directa. c) Red privada de comunicaciones inalámbrica. d) Gateway: puerta de enlace en la red Zigbee entre macromedidores y centro de gestión. e) Módulo de adquisición de datos y comunicaciones inalámbrica, Xbee. f) Software ZigbioSoft: controla las comunicaciones entre los módulos Zigbee instalados en cada macromedidor y los Gateways usados para llegar a la Central de Gestión.

### **PALABRAS CLAVES:**

Macromedición remota, Software, red Zigbee, Gateway, Transformadores de corriente.

## GENERAL THESIS SUMMARY

**TITLE:** Internal Control Points using Zigbee technology, implemented to Electricaribe partnership Nippon Trade de Colombia S.A. e Idosde

**AUTHOR:** Lilibeth Briñez Herrera

**FACULTY:** Electronic Engineering Faculty

**DIRECTOR:** Raúl Restrepo Agudelo

### ABSTRACT

Internal Control Points is a system designed and developed as a solution to the fraud that affects the electric power markets. This tool helps to decrease the wastes through the implementation of remote macro-measurement to obtain consume data of the distribution transformers, using hardware, software and creating a wireless communications network. The Zigbiosoft software generates information in real time allowing to establish more effective concepts about the possible non-technical wastes getting data for the quality analysis of energy. The system components are: a) Current transformers: high accuracy sensors that record the magnitude of the currents that flow through the respective drivers. b) Electric energy macrometers for semi-direct connection. c) Private net of wireless communication. d) Gateway. e) Acquiring module of data and wireless communicate, Xbee. f) ZigbioSoft Software, controls communications between the modules installed in each macrometers Zigbee and Gateways used to arrive at the Central Management.

### KEYWORDS:

Remote macromeasurement, Software, Zigbee network, Gateway, current transformes.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto está basado en Puntos de Control Interno que se llaman a lo largo del trabajo PCI, el sistema permite mediante Macromedición remota es decir el balance energético entre los datos que adquieren los medidores de energía mediante los transformadores de corriente en los barrajes de baja tensión de los transformadores de distribución utilizando hardware, software y comunicaciones. Genera información en tiempo real permitiendo así realizar críticas más efectivas sobre posibles pérdidas no técnicas.

El desarrollo de la práctica estuvo basado inicialmente en adaptación y conocimiento de los productos que comercializa la empresa; de igual manera las herramientas de uso diario que utiliza para la comunicación con los clientes. Las semanas siguientes se participó en reuniones con el equipo de software y hardware del proyecto Puntos de Control Interno, en las cuales se conoció el objetivo del proyecto.

Las principales actividades desarrolladas constaron de la documentación de cada una de las visitas realizadas por el Ingeniero supervisor y el análisis de las pruebas de campo desarrollados al PCI utilizando el software ZigbioSoft para descargar la información. Se realizó también el estudio de la caja del medidor monofásico a utilizar para buscar la mejor ubicación del módulo electrónico que captura los pulsos sobre la energía consumida en cada vivienda conectada a la red y que se transmite inalámbricamente.

La infraestructura de la red de transmisión de datos utiliza los más altos estándares y tecnología de punta, como es Zigbee, la cual está basada en un conjunto de protocolos de alto nivel utilizados en las comunicaciones inalámbricas,



usando una topología en malla que permite que todos los macro-medidores estén conectados entre sí para que la información busque el camino más efectivo para llegar al Centro de gestión, en el cuál se realiza un análisis de cada uno de los datos almacenados.

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

### **1.1 GENERALIDADES**

**1.1.1 Nombre.** Nippon Trade de Colombia S.A.

**1.1.2 Actividad económica.** Comercialización de todo tipo de productos relacionados con el sector energético, gas y agua.

**1.1.3 Productos que comercializa.**

- Medidores monofásicos, electrónicos y mecánicos.
- Medidores bifásicos, electrónicos.
- Sistemas de medición centralizada con lectura y desconexión remota y detección de todas las formas conocidas de fraude.
- Fotocontroles programables SmartCell.
- Bombillas ahorradoras CFL
- Protectores de Voltaje.
- Alarmas electrónicas.

**1.1.4 Teléfono.** + (57) 7 634-34 14

**1.1.5 Dirección.** Carrera 31 N° 35-12 Oficina 704 Edificio Concasa

**1.1.6 Reseña Histórica.**

La empresa inició actividades en 1980 cuando empezó el programa de masificación del gas natural en Colombia. Desde entonces, TECUN ha jugado un papel protagónico al ser el primer puente tecnológico entre Japón, Francia, Estados Unidos e Italia, principalmente, y las empresas de transporte y distribución de gas natural en Colombia y otros países americanos.

TECUN, a través de su filial Nippon Trade de Colombia, representa a Kanematsu Corporation, una de las más importantes comercializadoras japonesas y a Yazaki Corporation, el fabricante de medidores para gas más grande de Japón. Con estas dos empresas y el grupo español Gas Natural y otros inversionistas colombianos en la ciudad de Popayán, TECUN montó a Yazaki Metrex, la primera fábrica de medidores de gas de Colombia.

No obstante, el objetivo es entregar soluciones al sector energético; es por eso que los llevó más allá. Fue entonces cuando en compañía de Osaki Electric Company decidió llevar a Latinoamérica y España la más amplia gama de soluciones en medición y control eléctrico.

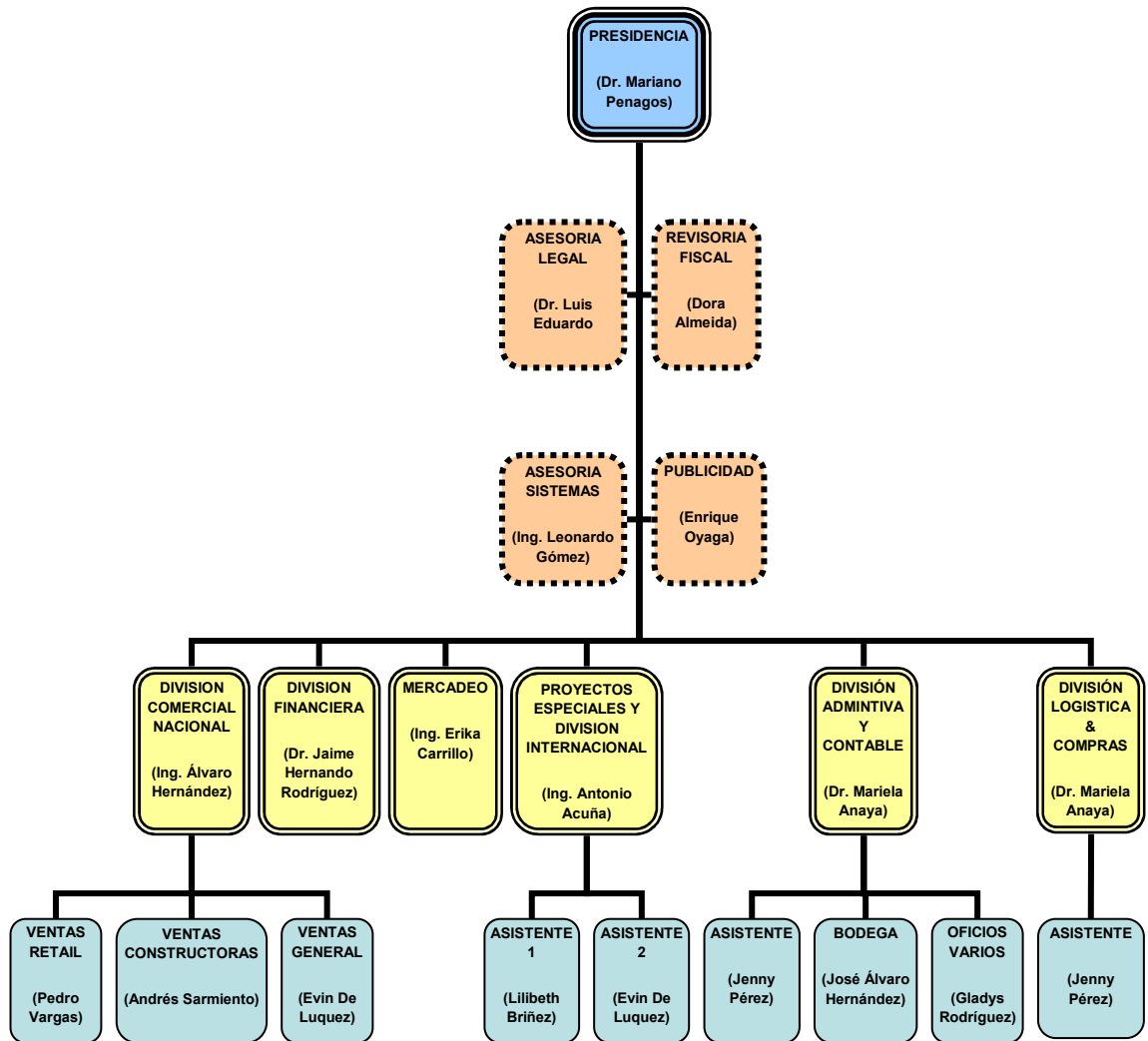
Pero se detuvieron allí para expandir las fronteras; abrió oficinas en Centroamérica y Europa y este proceso de expansión aún continúa.

## **1.2 DIAGNÓSTICO**

La empresa se encontraba en un proceso de cambio buscando no sólo comercializar los productos sino además dar soluciones a los clientes. El primer paso comenzó con las operadoras de energía en Colombia para disminuir los fraudes por parte de los usuarios, se implementó un sistema de medición centralizada compuesto por un software y hardware que permitió realizar la

lectura de forma remota. Es por eso que decidió crear el departamento de proyectos especiales dirigido por el ingeniero Antonio Acuña, en el cual se desarrolló la práctica empresarial participando como asistente en el apoyo a las nuevas ideas que se plantearon.

Al comienzo de esta experiencia la empresa contaba con sólo 10 personas directas divididas en 5 departamentos y 4 personas indirectas, pero se han vinculado a lo largo de estos meses 3 personas al grupo de trabajo, quedando conformadas de la siguiente manera:



*Figura 1. Organigrama de Nippon Trade de Colombia S.A.*

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- El objetivo del presente trabajo es el apoyo al Diseño de Hardware y software para el sistema de medición centralizada adaptado a las necesidades de las operadoras de energía en Colombia cumpliendo las normas establecidas por los entes regulatorios.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apoyar y aportar al proceso de diseño, desarrollo y pruebas de campo con su respectiva documentación de todas las etapas incluyendo los manuales de usuario del producto.
- Como cliente inicial para el cual se está desarrollando el producto es la empresa Electrificadora del Caribe ESP S.A - ELECTRICARIBE en la ciudad de Barranquilla, donde se realizarán las pruebas de campo.

### 3. PLAN DE TRABAJO

#### 3.1 CRONOGRAMA MESES DICIEMBRE Y ENERO

ítem	DESCRIPCIÓN	DICIEMBRE 2009					ENERO 2010			
		1 -4	7 - 11	14 - 18	21 - 23	28 -30	4 - 8	12 - 15	18 - 22	25 - 29
1	Primera reunión de diseño para definir el alcance de los módulos de Hardware del sistema. Módulos de medición, lógica y control, comunicaciones, corte y re-conexión.									
2	Adaptación, reconocimiento y capacitación sobre cada una de las herramientas de software que utiliza la empresa y productos que comercializa.									
3	Vacaciones de fin de año									
4	Recibir el cronograma de actividades por parte de I2D para el desarrollo de los módulos de HW con sus respectivas fechas y costos.									
5	Solicitud a fabrica de los equipo de medición, equipo de corte y re-conexión para el ensamble en I2D.									
6	Control del cronograma de actividades del HW.									

**Tabla 1.** Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el primer bimestre

### 3.2 CRONOGRAMA MESES FEBRERO Y MARZO

ítem	DESCRIPCIÓN	FEBRERO 2010				MARZO 2010				
		1 - 5	8 - 12	15- 19	22- 26	1 - 5	8 - 12	15- 19	22- 26	29- 31
1	Control del cronograma de actividades del HW.									
2	Realización del acta sobre la visita realizada en Barranquilla sobre pruebas de campo al PCI									
3	Seguimiento a los equipos y partes necesarios para cumplir el cronograma de actividades de HW.									
4	Rediseño de la caja del medidor monofásico utilizado en las pruebas de campo.									
5	Documentación de las reuniones y pruebas realizada en Barranquilla con la empresa IDOSDE siguiendo con las mejoras realizadas al PCI									
6	Monitoreo del piloto tomando la adquisición de datos y comparando con el odómetro de cada medidor.									

**Tabla 2.** Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el segundo bimestre



### 3.3 CRONOGRAMA MESES ABRIL Y MAYO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ABRIL 2010				MAYO 2010			
		5-9	12-16	19-23	26-30	3-7	10-14	17-21	24-28
1	Seguimiento a las pruebas realizadas por IDOSDE en la ciudad de Barranquilla, para darle correcciones al funcionamiento del sistema PCI.								
2	Documentación de la reunión realizada en Barranquilla con la empresa IDOSDE, definiendo ubicación de la PCB de control.								
3	Preparación de la presentación técnica, sobre el proyecto PCI.								
4	Documentación de la reunión realizada en Barranquilla con la empresa IDOSDE, definiendo parámetros comerciales, y despacho del sistema PCI.								
5	Apoyo logístico y técnico en la preparación del primer seminario de actualización en medición electrónica, desarrollado por Nippon Trade de Colombia S.A.								

**Tabla 3.** Cronograma de actividades desarrolladas para el Hardware durante el tercer bimestre

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 TECNOLOGÍA ZIGBEE<sup>1</sup>

Zigbee es el nombre de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicaciones inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras y fiables con baja tasa de envío de datos.

Los protocolos Zigbee se utilizan en aplicaciones con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético, la red utiliza una cantidad pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.

La topología de la red Zigbee es en malla y puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3 uA en reposo, este bajo consumo se debe a que la mayor parte del tiempo Zigbee se queda en reposo compara con la tecnología Bluetooth que siempre está transmitiendo y recibiendo, tiene una capacidad de hasta 250Kbps.

La tecnología Zigbee consta de tres dispositivos, se definen a continuación:

- Coordinador Zigbee (Zigbee Coordinator,ZC). Existe uno por red, sus funciones son la de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.

---

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

- Router Zigbee (Zigbee Router,ZR). Interconecta los dispositivos separados en la topología de la red y ofrece un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.
- Dispositivo final (Zigbee end Device,ZED). Se puede comunicar con su nodo padre (Coordinador o Router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos, tiene un requerimiento mínimo de memoria.

Según su funcionalidad, se pueden clasificar en:

- Dispositivos de funcionalidad completa (FFD): Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4, es también conocido como nodo activo, por la memoria adicional y la capacidad de conmutar, puede funcionar como coordinador o Router, o como dispositivo de red que sirve en la interfaz con los usuarios.
- Dispositivos de funcionalidad reducida (RFD): Tiene la capacidad y funcionalidad limitada con el objetivo de conseguir bajos costos y simplicidad, son conocidos como nodos pasivos y son los sensores/actuadores de la red.

Ya sea un nodo pasivo o activo reduce su consumo ya que permanece la mayor parte del tiempo dormido, pero cuando se requiere su uso es capaz de despertar en un tiempo mínimo aproximadamente 15ms.

#### 4.1.1 Topología de red

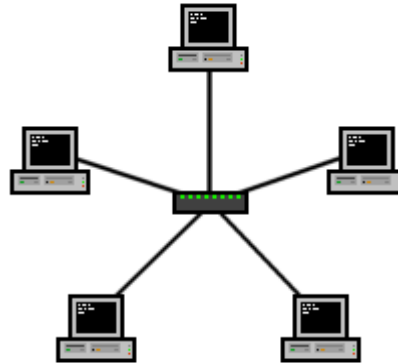
La tecnología Zigbee permite tres tipos de topología de red, nombrados a continuación:

- **Topología en estrella<sup>2</sup>**: Es una red la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central (Hub) y la comunicación es necesaria realizarla a través de él. El Hub puede ser Activo, es decir un punto de conexión y no requiere

---

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_estrella](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_estrella)

energía eléctrica, Pasivo o Inteligente, es un nodo activo pero con capacidad de diagnóstico para detectar los errores y corregirlos.



**Figura 2.** Red en topología de estrella<sup>3</sup>

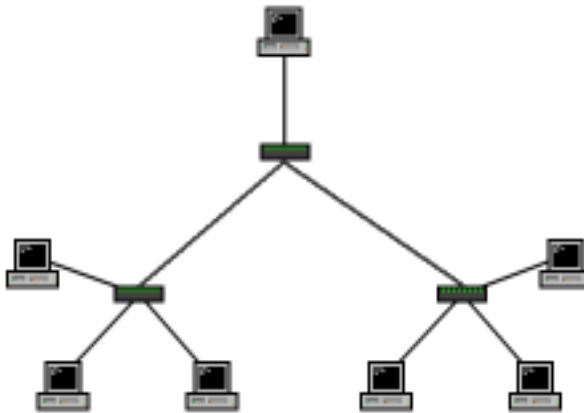
Esta es una de las topologías más populares de una LAN. Si un nodo se desconecta o rompe él solo queda por fuera de la red, si este no es el central porque de ser así toda la red se desconecta. En esta topología todas las estaciones reciben el mensaje pero solo la que tenga la misma dirección del mensaje puede leerlo.

- **Topología en árbol<sup>4</sup>:** Es parecida a la topología en estrella pero no tiene un nodo central, sino un nodo de enlace troncal que puede ser un hub o switch, del cual se ramifican los demás, la falla de un nodo no implica la interrupción de la comunicación, solo si falla el nodo principal.

---

<sup>3</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_estrella](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_estrella)

<sup>4</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_%C3%A1rbol](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_%C3%A1rbol)



**Figura 3.** Red en topología de árbol<sup>5</sup>

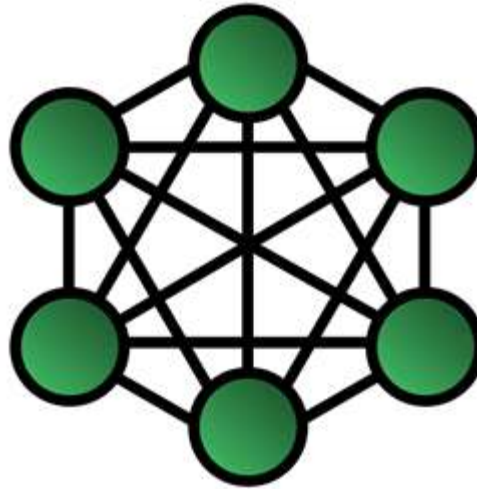
Esta topología se podría ver como una combinación de varias topologías en estrella, pero en esta las ramificaciones se extiende a partir de un punto raíz, a tantas ramificaciones sea posibles. Permite conectar más dispositivos utilizando concentradores secundarios, posee cableado punto a punto para segmentos individuales, la medida de cada segmento depende del tipo de cable utilizado.

- **Topología en malla<sup>6</sup>:** Cada nodo está conectado a todos los nodos, de esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos, si la red está completamente conectada, no puede existir absolutamente ninguna interrupción en la comunicación y cada servidor tiene sus propias conexiones con todos los demás servidores.

---

<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_%C3%A1rbol](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_%C3%A1rbol)

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_malla](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_malla)



**Figura 4.** Red en topología de malla<sup>7</sup>

Esta red se diferencia de las anteriores porque ofrece una configuración de caminos redundantes de modo que, si falla un cable, otro se hace cargo del tráfico. No requiere de un servidor o nodo central lo que hace que se reduzca el mantenimiento

La topología que se utiliza en este proyecto de Macromedición es malla porque ofrece redundancia y fiabilidad superior, suele ser costosa para redes cableadas porque hay que interconectar los nodos entre si, por eso es más utilizada en redes sin hilos (inalámbricas) como es en este caso.

#### **4.1.2 Tipos de entorno<sup>8</sup>**

- **Con balizas:** Es un mecanismo que controla el consumo de potencia en la red, permite a los dispositivos saber en qué momento pueden transmitir. Este modelo tiene un distribuidor en los dos caminos que se encarga de controlar el

---

<sup>7</sup> <http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp>

<sup>8</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

canal y dirigir las transmisiones, los intervalos de las balizas son asignados por el coordinador de la red y pueden variar desde los 15ms hasta los 4 minutos.

Los dispositivos que conforman la red, escuchan a dicho coordinador mientras se realiza el envío de mensajes a todos, tiene una duración entre 0.015 y 252 segundos. Si un dispositivo quiere intervenir, tienen que registrarse ante el coordinador y después revisar si hay mensajes para él, sino es así, este dispositivo vuelve a dormir y se despierta según un horario previamente establecido por el coordinador.

- **Sin Balizas:** En este tipo cada dispositivo es autónomo, pudiendo iniciar una comunicación, en la que los otros pueden interferir. Este sistema se utiliza típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos duermen la mayor parte del tiempo (sensores, detectores de movimiento). Para que los tengan en cuenta, estos dispositivos se despiertan de forma regular para anunciar que siguen en la red o cuando se produce un evento. El coordinador de red se alimenta durante todo el tiempo de la red principal.

#### **4.1.3 Estándar IEEE 802.15.4<sup>9</sup>**

Es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos. Se aprobó en el 2007 y el grupo de trabajo responsable de su desarrollo es IEEE 802.15. Es la base sobre la que se define la tecnología Zigbee.

Su objetivo es ofrecer una solución completa a las redes de este tipo construyendo niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre y definir los niveles de red básicos para dar servicio a un tipo específico de red inalámbrica. Uno de los aspectos más importantes es la adecuación de su uso para tiempo real por medio de slots de tiempo garantizados y soporte integrado a las

---

<sup>9</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4)

comunicaciones seguras, también se incluyen funciones de consumo de energía como calidad de enlace y detección de energía.

Las siguientes son algunas características del estándar:

<b>Propiedad</b>	<b>Rango</b>
Rango de transmisión de datos	868 Mhz: 20 kb/s 915 Mhz: 40kb/s 2.4 Ghz : 250kb/s
Alcance	10 – 20 m
Latency	Abajo de los 15 ms
Canales	868/915 Mhz: 11 canales. 2.4 Ghz: 16 canales
Bandas de frecuencia	Dos Phy: 868/915 Mhz y 2.4 Ghz
Direccionamiento	Cortos de 8 bits o 64 bits IEEE
Canal de acceso	CSMA-CA y rasurado CSMA-CA
Temperatura	-40 C a +85 C

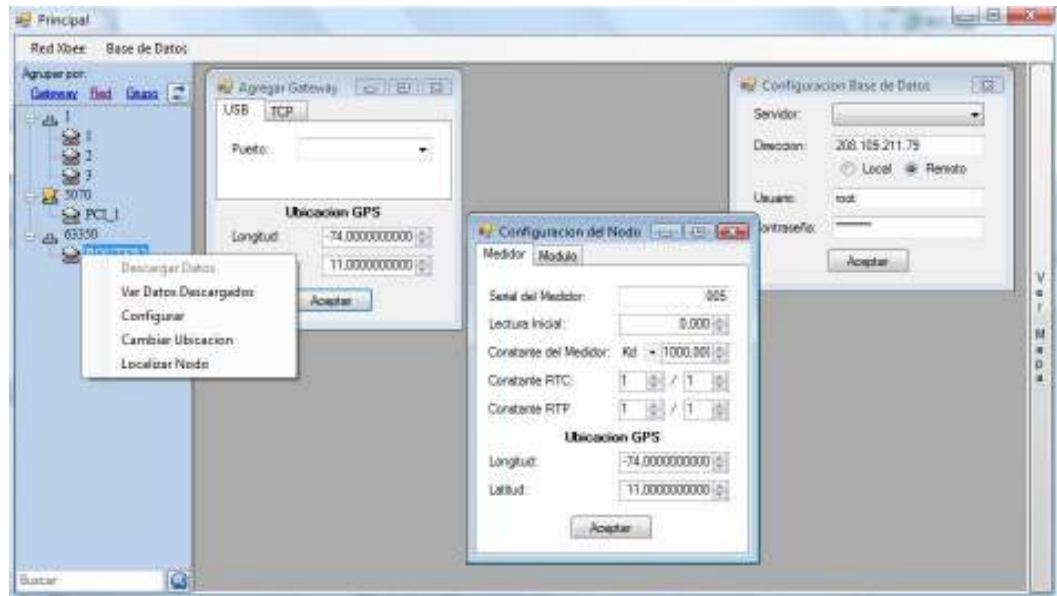
**Tabla 4.** *Propiedades del estándar IEEE 802.15.4<sup>10</sup>*

## 4.2. ZIGBIOSOFT

<sup>10</sup> [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/archundia\\_p\\_fm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo4.pdf).



Es el software que controla las comunicaciones entre los módulos Zigbee instalados en cada macro-medidor y los gateways usados para llegar la información a la central de gestión.



**Figura 5.** *Página principal del software ZigbioSoft<sup>11</sup>*

Este software permite programar y leer los datos de consumo de cada macro-medidor, consultar el consumo en tiempo real, realizar análisis estadísticos de redes de macro-medidores bajo diferentes modelos de agrupación.

Georeferenciar los macro-medidores y gateways para ubicarlos en el mapa de la ciudad en que estén instalados. Generar reportes, gráficos y consultas para hacer balances de energía.

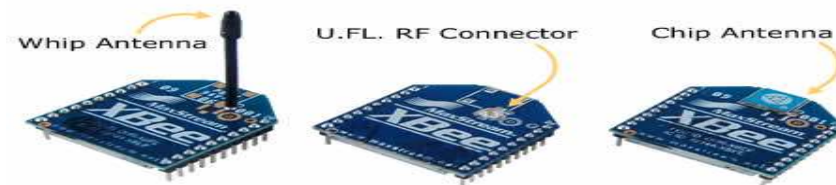
### **4.3 TRANSMISOR DE RADIOFRECUENCIA XBEE**

Xbee son módulos de radio frecuencia que trabaja en la banda de 2.4 GHZ con protocolo de comunicaciones 802.15.4. Es utilizado en automatización de casas,

<sup>11</sup> Foto tomada por del Ingeniero Antonio Acuña

sistemas de seguridad, monitoreo de sistemas remotos, aparatos domésticos, alarmas contra incendio, plantas tratadoras de agua. Es fabricado por Digi (En Colombia el distribuidor es Idosde).

El módulo Xbee tiene un alcance en interiores hasta los 40 metros y en exteriores hasta los 120 metros con antena dipolo. Sus dimensiones son:



**Figura 6. Módulos Xbee<sup>12</sup>**

**Ancho:** 24.38mm – **largo:** 27.61mm – **Alto de antena:** 25mm

El módulo Xbee Pro tiene un alcance en interiores hasta 90 metros y en exteriores hasta 1500 metros con antena dipolo. La grafica y las dimensiones se ven a continuación:



**Figura 7. Módulos Xbee Pro<sup>13</sup>**

**Ancho:** 24.38mm – **largo:** 32.94 mm – **Alto de antena:** 25mm

Estos módulos son programados a través de una Hyperterminal y una interfaz serial con un Max3232 y una serie de comandos llamados AT, existen dos tipos de

<sup>12</sup> <http://www.decelectronics.com/html/XBEE/XBEE.htm>

<sup>13</sup> <http://www.decelectronics.com/html/XBEE/XBEE.htm>

interfaces, serial y USB que pueden utilizarse para programar los módulos con un software propietario llamado X-Cut, con él se puede definir de forma rápida todos los parámetros que se requieran modificar.

Se pueden tener 65000 combinaciones distintas de red y se pueden hacer redes de punto a punto y punto a multi-punto, tiene 6 convertidores análogos digital y 8 entradas digitales más la de recepción (RX) y transmisión (TX).

#### **4.4 MEDIDOR HÍBRIDO MONOFÁSICO TRIFILAR (DDS994)<sup>14</sup>**

El medidor híbrido monofásico trifilar (1P3W) de estado sólido, está diseñado especialmente para evitar los fraudes que se encuentran comúnmente en el sector eléctrico. Conexión semi-directa 15(6) A.

Es la base de un sistema de información que mejora la gestión de administración de cargas y consumos, algunas de las ventajas son la alta sensibilidad, estabilidad y exactitud. Tiene un diseño compacto y bajo nivel de pérdidas, en la siguiente grafica se observa el medidor marca Tecun:



**Figura 8. Medidor DDS994 (1P3W)<sup>15</sup>**

---

<sup>14</sup> <http://ecatalogo.tecun.com/>

<sup>15</sup> Foto tomada por el autor

Las características y especificaciones técnicas cumplen y exceden la Norma Internacional IEC 62053-21<sup>16</sup>, tiene diseño tropicalizado para evitar la oxidación, robusto, compacto y una protección contra campos electromagnéticos fraudulentos, es clase 1 es decir el porcentaje de error es +/- 1%.

El medidor es híbrido debido a su parte de medición del consumo lo realiza mediante procesamiento *electrónico* utilizando el chip ADE7755 de Analog Devices y para su registro y visualización se realiza en forma *analógica* mediante un odómetro ciclométrico del tipo tambor.

#### **4.5 GATEWAY, PUERTA DE ENLACE<sup>17</sup>**

Dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Es normalmente un equipo informático configurado para dotar a las máquinas de una red local (LAN) que están conectadas a él a una red exterior, realizando para ello operaciones de traducción de direcciones IP, para ellos se utiliza una técnica llamada IP Masquerading (enmascaramiento de IP), es usada para dar acceso a Internet a los equipos de una red de área local compartiendo una única conexión a Internet y dirección IP.

La dirección IP de un Gateway se parece a 192.168.1.1 ó 192.168.0.1 y utiliza algunos rangos predefinidos que engloban o se reservan a las redes locales, un

---

<sup>16</sup> El Instituto Nacional de Tecnología Industrial, provee a la sociedad las mediciones de calidad que deben existir en varios sectores, en este caso calidad en la electricidad código PCE en el área medidores eléctricos, la norma IEC 62053-21 es el código PEE09A.

<sup>17</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Gateway\\_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Gateway_(inform%C3%A1tica))

equipo que cumpla el rol de puerta de enlace en una red, debe tener 2 tarjetas de red.

#### 4.6 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE<sup>18</sup>

Son transformadores de alta precisión en los cuales la relación de las corrientes primaria a secundaria es una constante conocida que cambia muy poco con la carga. El ángulo de fase entre ellas es muy pequeño (menor a un grado). Se utilizan para medir o monitorear la corriente en una línea y para aislar el equipo de medición y el revelador conectados al secundario.



**Figura 9.** Transformador de corriente<sup>19</sup>

Se utiliza también para tomar muestras de corriente de la línea y reducirlas a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de

---

<sup>18</sup> [http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral\\_tipos\\_y\\_aplicaciones.htm](http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral_tipos_y_aplicaciones.htm).

<sup>19</sup> [http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral\\_tipos\\_y\\_aplicaciones.htm](http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral_tipos_y_aplicaciones.htm).

medida, u otros dispositivos de medida y control. Algunos transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos.

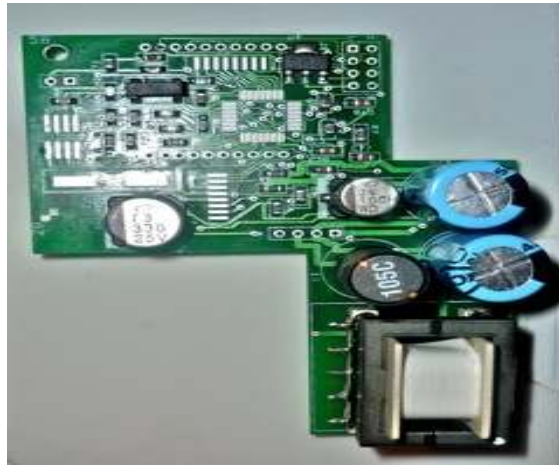
## 5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

Algunas actividades, como se aprecia en los cronogramas, se desarrollaron desde el inicio al final de cada uno de los bimestres de práctica. Debido a que es necesario conocer cada uno de los productos y herramientas de software que utiliza la empresa, las primeras semanas se asistió a capacitaciones y reuniones con el motivo de conocer la participación en la empresa y en el nuevo proyecto.

En las primeras reuniones con el grupo de trabajo Nippon (Bucaramanga) e Idosde (Barranquilla) se definió el alcance del proyecto, los materiales, herramientas y plataformas a utilizar, conociendo cuáles eran las mejores opciones a implementar se concluyó basarse en los protocolos Zigbee.

El PCI (Puntos de control interno) es un sistema encargado de detectar los focos de pérdidas no técnicas y optimizar el funcionamiento de los transformadores de uso residencial lo realiza por medio del software ZigbioSoft, un sistema que permite tener la información de la medición de energía y del perfil de carga con muestras cada cierto tiempo que guarda en memoria para cuando sean solicitados por la central.

Los medidores son de conexión semi-directa es decir que la conexión de carga está conectada a través de un sistema en este caso PCI, en vez de conectarse directamente la carga entre la fuente y el medidor marca Tecun. El modelo del medidor referenciado en el marco teórico es DDS994 (1P3W) y tienen adicionada en su interior una PCB que integra el módulo electrónico que captura los pulsos emitidos por el medidor los almacena y los transmite mediante un sistema de comunicaciones inalámbrica, como se observa a continuación



**Figura 10.** Tarjeta de control y comunicaciones<sup>20</sup>

La red utilizada es en topología malla que permite optimizar la comunicación haciendo que cada medidor funcione como repetidor, utiliza dispositivos y protocolos de comunicación Zigbee con alcance de 400 metros en área urbana y 1.6 km con línea de vista, como se observa en la siguiente grafica:



**Figura 11.** Red en malla utilizada en el proyecto<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Autor Ingeniero Antonio Acuña

<sup>21</sup> Realizada por el Autor



El módulo de radiofrecuencia a utilizar para la transmisión inalámbricas es XbeePro, trabaja en la banda de 2.4 GHZ con protocolo de comunicación 802.15.4.



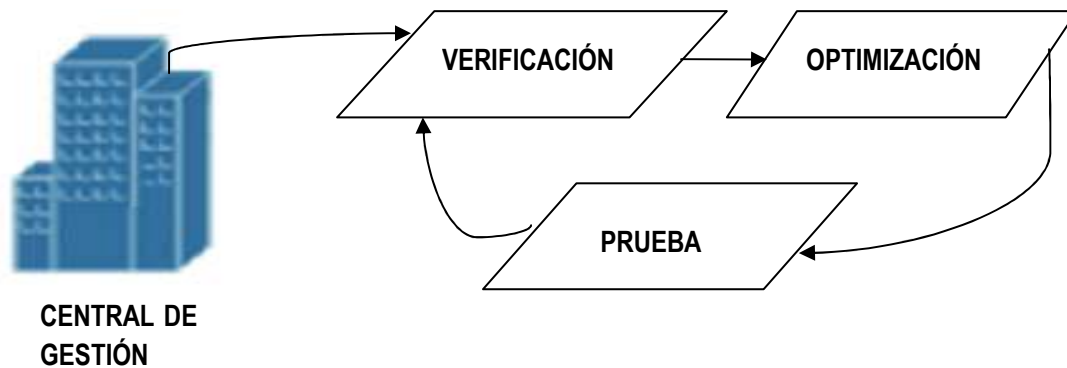
**Figura 12.** Transmisor de radiofrecuencia<sup>22</sup>

La descarga de la información y la administración de toda la red está a cargo de ZigbioSoft, que es un software avanzado que se encuentra instalado en un servidor con lenguaje de programación nivel 1 (bajo nivel) y que permite programar las descargas de información de cualquier medidor conectado a la red. Este software también se encuentra en otro computador con lenguaje de programación nivel 2(Alto nivel) que utiliza el operador de la red, y permite agrupar los medidores bajo diferentes esquemas, georeferenciarlos y ubicarlos en mapas realizando consultas para hacer balances de energía pidiendo los datos de los medidores que presenten incongruencias a través del servidor que se devuelve por la red hasta llegar al medidor deseado.

La siguiente grafica es la representación de cómo fue el proceso de pruebas del software ZigbioSoft:

---

<sup>22</sup> Autor Ingeniero Antonio Acuña



**Figura 13. Proceso de pruebas del ZigbioSoft<sup>23</sup>**

Se pudo apreciar que la primera fase es la verificación del proceso, la optimización y las pruebas de campo que eran estudiadas por el equipo de Software y hardware para corregir errores y volver a realizar el proceso hasta que funcione sin ningún inconveniente, es un ciclo que se realizó por el periodo de pruebas.

En la figura catorce se aprecia la ubicación del medidor y del transformador en un poste de luz, cerca de la casa del usuario final, en la figura quince se observa un acercamiento de la figura 14 mostrando el medidor marca TECUN y de los transformador de corriente conectados a los transformadores de distribución utilizando en el sistema PCI.

---

<sup>23</sup> Realizada por el Autor



**Figura 14.** Vista del medidor y transformador<sup>24</sup>



**Figura 15.** Vista ampliada del medidor y transformador<sup>25</sup>

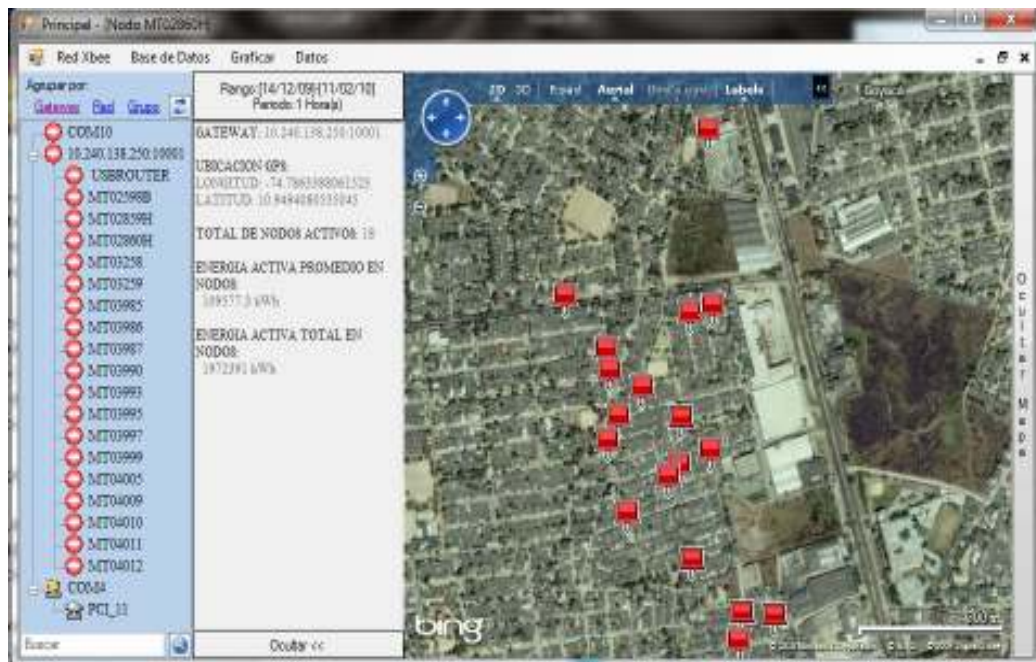
El software utilizado paso por varias pruebas de campo que se monitoreaban por un tiempo prudencial hasta corregir cada uno de los problemas de firmware en los medidores a utilizar. En la gráfica 16 se visualiza uno de los resultados obtenido en una prueba de campo, en la cual la página es dividida en 3 ventanas: la

---

<sup>24</sup> Autor Ingeniero Antonio Acuña

<sup>25</sup> Autor Ingeniero Antonio Acuña

ventana derecha es la vista de 18 medidores conectados a la red representados por puntos rojos en diferentes puntos del mapa de la ciudad de Barranquilla; es decir, está la visión satelital de los medidores. La ventana central es el periodo evaluado, la dirección del Gateway, ubicación GPS, el total de nodos conectados, la energía promedio activa total y en cada nodo. En la ventana izquierda se aprecia el nombre asignado a cada medidor en la red.

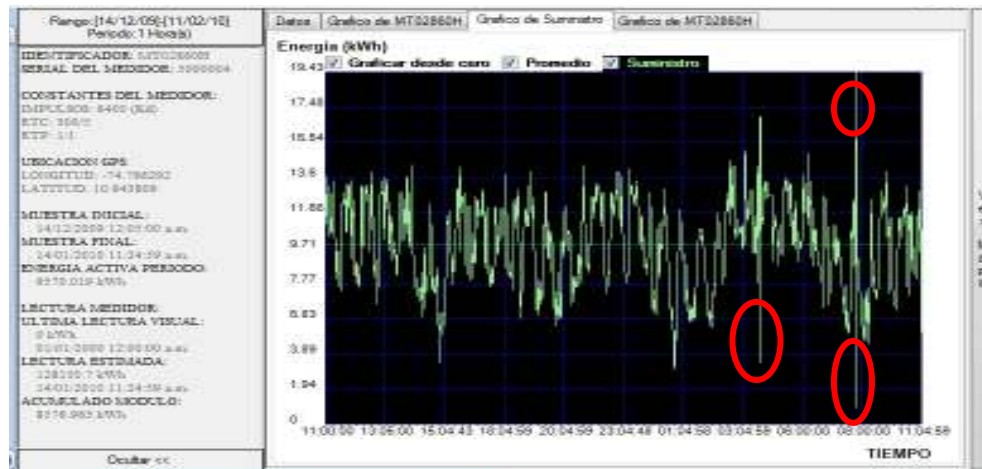


**Figura 16.** Visión satelital de la ubicación de los medidores utilizados para la prueba<sup>26</sup>

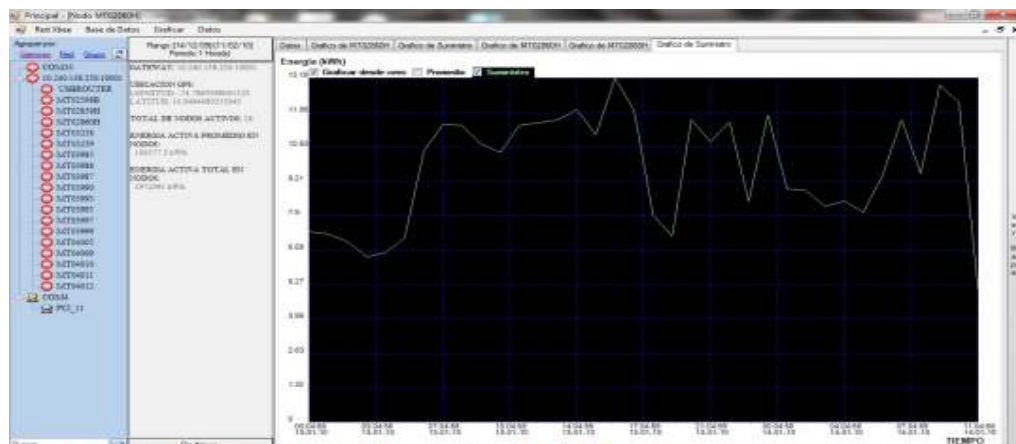
En la figura 17 se representa la energía consumida en uno de los medidores (MT02860H); los círculos rojos son los picos de energía que presenta. Con esta función se pretende que la central verifique lo que realmente se está consumiendo en el transformador que distribuye la energía al grupo de usuarios conectados a él y así poder detectar más fácil un fraude sin la necesidad de enviar un operario a

<sup>26</sup> Autor Ingeniero Jorge de Idosde

verificar el consumo que está teniendo. Mientras se realizan las pruebas, el operario brinda asistencia al sistema registrando en tablas la hora y valor consumido por cada medidor en la red. La figura 18 representa una curva de la energía consumida en promedio por todos los medidores que comprenden la red por el tiempo que duro la monitorización.



**Figura 17. Resultado de la energía consumida por un medidor<sup>27</sup>**

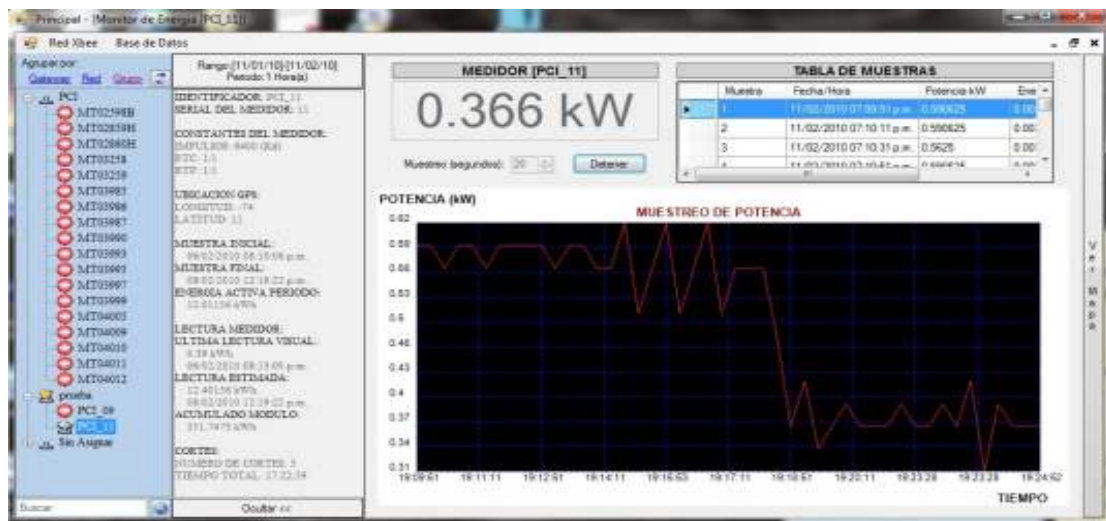


**Figura 18. Promedio de la energía consumida por los medidores conectados a la red<sup>28</sup>**

<sup>27</sup> Autor Ingeniero Jorge de Idosde

<sup>28</sup> Autor Ingeniero Jorge de Idosde

La siguiente gráfica es una prueba realizada a un medidor no conectado a la red, sino en el laboratorio para conocer cuál es la potencia consumida por un medidor monofásico marca Tecun (similar a los utilizados en las pruebas). En la grafica se observa el valor registrado y la curva obtenida por el lapso de 20 segundos, los datos se analizan durante todo un mes, que es el tiempo que actualmente utilizan las electrificadoras para controlar el consumo de cada cliente, las medidas se comparan con los datos que toma el operario al chequear cada odómetro o registrador de cada uno de los 18 medidores conectados a la red cada 10,15 o 20 días. En los medidores que se encuentren diferencias se analiza si la conexión de la red es correcta, si es algún problema de firmware en el medidor o algún problema en la toma de los datos por parte del sistema. Por encontrarse en periodo de prueba, se empezó con un número pequeño de puntos a controlar que realizan una toma correcta de los consumos y detectan cada uno de los fraudes que se presentan al instante con los datos que el medidor guarda cada 15 minutos en memoria.



**Figura 19.** Potencia consumida por un medidor<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Autor Ingeniero Jorge de Idosde

En el último mes de práctica se participó en la logística del primer seminario de actualización en medición electrónica<sup>30</sup>, el conferencista fue el ingeniero Antonio Acuña (supervisor para el presente proyecto en Nippon Trade de Colombia S.A.); los asistentes eran técnicos y profesionales en el área eléctrica que pudieron conocer las diferentes tecnologías que existen actualmente en la medición. Se explicó cada uno de los medidores electrónicos y mecánicos que comercializa la empresa nombrando las ventajas de cada uno. En el último segmento de la conferencia se nombró y explicó cada uno de los componentes necesarios del proyecto en el cual está trabajando, **Puntos de Control Interno**, se expuso con el nombre original con el cual se entregará a Electricaribe y con el que se busca dar a conocer en otras ciudades.



**Figura 20. Seminario de actualización<sup>31</sup>**

---

<sup>30</sup> Seminario dictado el 19 de Mayo en el horario 6:30 a.m. a 8:30 p.m. en el salón conferencias del club la chispa.

<sup>31</sup> Foto tomada por el Autor

## 6. APORTES AL CONOCIMIENTO

- En el apoyo del proceso licitaciones, se ayudó y se aprendió que pasos hay que seguir para poder licitar, que documentos adjuntar y que pruebas y especificaciones técnicas adjuntar.
- Aprendizaje sobre el estudio de pruebas de campo desarrolladas sobre cada uno de los componentes del sistema de PCI. Se estudió el comportamiento de cada una de las medidas tomadas durante la prueba y analizadas en el software utilizado.
- Se estudiaron las características técnicas de medidores de algunas casas fabricantes para rediseñar tapa bornera en la cual se ubico la tarjeta de comunicaciones inalámbricas.
- Se participó en el primer seminario de actualización en medición electrónica en actividades relacionadas con logística y apoyo en la parte técnica al Ingeniero Antonio Acuña aprendiendo el lenguaje adecuado a utilizar en una capacitación dirigida a expertos en el área técnica de electricidad.



## 7. CONCLUSIONES

- En la vivencia de esta práctica no sólo se está reforzando y aprendiendo lo visto en las aulas de clase durante los años de estudio en la universidad, sino que se está conociendo como es el funcionamiento de una empresa, y las diferentes actividades que se realizan en ella, organizando un plan de trabajo para que el tiempo alcance para cumplir con las metas que inicialmente se plantearon y por las cuales se entro a practicar, sino las diferentes que van saliendo en el camino y que se debe tener igual prioridad porque son funciones alternas al cargo.
- Se analizó cada uno de los datos adquiridos por la red de Zigbio y se comparo con los datos tomados por el operario en cada odómetro, encontrando y resolviendo los problemas encontrados por los errores en la toma de las muestras.
- Cada una de las reuniones realizadas se documentaron y se aportaron ideas en cada uno de los avances que el proyecto necesitaba para su evolución, logrando llegar a prueba piloto y buscando nuevos clientes potenciales a este nuevo sistema de medición.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Expandir la red utilizada en este proyecto y realizar una búsqueda de módulos Zigbee y protocolos que puedan ser utilizados para redes de mayor cobertura, igualmente hacer pruebas y mejoras a los medidores electrónicos marca Tecun con la finalidad de escoger el que sea más apropiado para mejorar la eficiencia y eficacia del proyecto puntos de control interno con el objetivo de expandir la herramienta no solo en la Costa Caribe sino en todo el país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Digi Making Wireless M2M Easy, Learning center, [Web en línea]. <>  
<http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp>. [Consulta: 11-03-2010]
- Dispositivos electrónicos y de cómputo, DEC, [Web en línea]. <>  
<http://www.decelectronics.com/html/XBEE/XBEE.htm>. [Consulta: 08-06-2010]
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI, [Web en línea].  
[http://www.inti.gov.ar/fisicaymetrologia/sis\\_pce.htm](http://www.inti.gov.ar/fisicaymetrologia/sis_pce.htm). [Consulta: 30-04-2010]
- Orjuela, Hernando. Electricidad para NO electricistas. Primera edición. Bogotá, Colombia: Editorial Carto Print Ltda, 2008. Capítulo 3 Conocimiento del producto, pag 64-115. ISBN 978-958-44-3700-6
- Tipos y aplicaciones de transformadores, [Web en línea].  
[http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral\\_tipos\\_y\\_aplicaciones.htm](http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/gral_tipos_y_aplicaciones.htm). [Consulta: 16-02-2010]
- Universidad de las Américas Puebla, UDLAP, El estándar IEEE 802.15.4, [Web en línea]. <>  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/archundia\\_p\\_fm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo4.pdf). [Consulta: 30-04-2010]

- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Zigbee> . [Consulta: 23-06-2010]
- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_estrella](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_estrella) . [Consulta: 23-06-2010]
- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_%C3%A1rbol](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_%C3%A1rbol) . [Consulta: 23-06-2010]
- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_en\\_malla](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_en_malla) . [Consulta: 23-06-2010]
- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4). [Consulta: 24-06-2010]
- La enciclopedia libre, Wikipedia, [Web en línea].<>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Gateway\\_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Gateway_(inform%C3%A1tica)). [Consulta: 24-06-2010]

## **ANEXOS**