

# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS

Pérez, Juan<sup>1</sup>      Urdaneta, Elizabeth<sup>1</sup>      Custodio, Ángel<sup>1</sup>

(Recibido Febrero 2014 Aceptado Marzo 2014)

<sup>1</sup>Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”  
jcperez32@gmail.com, eurdaneta@unexpo.edu.ve, acustodio@unexpo.edu.ve

---

**Resumen:** La incorporación cada vez mayor de sensores electrónicos en la industria ha determinado la necesidad de proponer métodos que contribuyan a reducir costos tanto de cableado como de canalización. En estos casos las soluciones inalámbricas resultan muy convenientes, sin embargo, no existe un método estándar que permita su implementación independientemente de la tecnología propietaria a utilizar. Por este motivo, en esta investigación se propone una metodología para el diseño y la implementación de una red inalámbrica de sensores. Este método tiene siete pasos: Detección de necesidades de medición del entorno, caracterización del entorno, estudio de los dispositivos disponibles relacionados con redes inalámbricas de sensores, selección del tipo de red a usar, realizar cálculos, realizar pruebas experimentales con los dispositivos de forma individual, implementar la red en campo. El método se probó en una planta de cemento midiendo la temperatura en cuatro puntos distantes con dispositivos basados en sensores y de forma inalámbrica. Los resultados fueron observados por internet desde un computador central.

---

**Palabras clave:** Redes inalámbricas/ Sensores inalámbricos/ Redes de sensores/ Método de Diseño.

## METHODOLOGY FOR THE DESIGN OF A WIRELESS SENSOR NETWORK

---

**Abstract:** The increasing incorporation of electronic sensors in the industry has identified the need to propose methods to help reduce wiring costs as much as channeling. In these cases, wireless solutions are very convenient, however, there is no standard method to enable its implementation regardless of the owner to use technology. For this reason, in this research a methodology for the design and implementation of a wireless sensor network is proposed. This method has seven steps: detection measurement needs of the environment, environment characterization, study of available devices associated with wireless sensor networks, selecting the type of network to use, perform calculations, experimental trials with the devices individually deploy the network in half. The method was tested in a cement plant by measuring the temperature in four distant points -based sensors and wireless devices. The results were observed by internet from a central computer.

---

**Keywords:** Wireless Networks/ Wireless Sensors/ Sensor Networks/ Design Method.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se dispone de sensores electrónicos que son utilizados para el control de procesos en plantas industriales. Este tipo de dispositivos abrió un nuevo abanico de oportunidades para diseñar y crear todo tipo de aplicaciones, protocolos y sistemas capaces de facilitar el trabajo a los seres humanos a la vez que reducen sus costos. Las Redes Inalámbricas de Sensores o RIS (también llamadas WSN por sus siglas en Inglés) están compuestos por decenas, cientos o incluso miles de estos sensores electrónicos que operan con baterías, llamados nodos sensores (motes) y que son distribuidos a lo largo de un ambiente de interés particular [1].

Por ello se considera que cada sensor inalámbrico en una red ad-hoc recolecta datos de su ambiente, como la cantidad de luz, temperatura, humedad, vibraciones y otros factores ambientales [2]. Cada nodo, envía los datos recolectados a sus vecinos, estos a su vez a sus propios vecinos y así sucesivamente, hasta que la información alcanza un destino específico, donde será procesada por computadores, brindando una buena imagen del ambiente circundante en tiempo real.

Los antecedentes de esta investigación se basaron en el desarrollo de aplicaciones basadas en WSN [3,4], y el impacto de la seguridad en las redes inalámbricas con sensores IEEE 802.15.4 [5]. En la primera, la meta primordial fue una propuesta para la aplicación de redes con sensores inalámbricos, los cuales se utilizaron para el monitoreo y control de variables físicas en distintos campos de aplicación, capaces de comunicarse de manera inalámbrica, con capacidad de procesamiento y autonomía propia, con la finalidad de determinar los factores necesarios para un funcionamiento óptimo; y en la segunda la información suministrada proporcionó los aportes necesarios para entender como las redes inalámbricas son fundamentales para mejorar la seguridad en procesos críticos y que permite la obtención de una gran escalabilidad, la flexibilidad y la fiabilidad en el manejo de la información.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue diseñar un método de trabajo para establecer una

red con sensores inalámbricos, con el propósito de aprender a analizar las características y comportamiento de cualquier grupo de dispositivos comerciales con este tipo de sensores.

Como metodología se siguieron las siguientes pasos: a) Búsqueda y recolección de información, b) Clasificación y ordenamiento del material recolectado, c) Procesamiento de la información recolectada, d) Identificación de los principales parámetros de una red con sensores inalámbricos, e) Diseño de un procedimiento de trabajo aplicado a una red con sensores inalámbricos, f) Demostrar a través de un caso práctico la calidad de los datos generados por una red con sensores inalámbricos, y análisis de resultados.

## II. DESARROLLO

### A. Características de una WSN

El desarrollo de las redes de sensores inalámbricos requiere tecnologías de tres áreas de investigación diferentes: detección, comunicación, y computación (incluyendo hardware, software y algoritmia). Los nodos sensores se encuentran normalmente esparcidos en un campo sensor como se observa en la figura 1. Cada uno de estos nodos sensores esparcidos por la red inalámbrica tiene capacidad tanto para recolectar datos, como para enrutarlos hacia el nodo recolector (sink node) mediante una arquitectura ad hoc de múltiples saltos. El nodo recolector puede comunicarse con el nodo administrador (gestor de tareas) vía Internet, vía satélite o de forma directa.

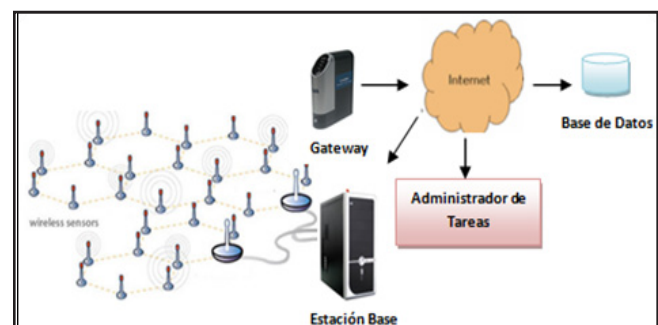


Figura 1: Estructura de una red de sensores.

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de una red de sensores inalámbricos como la descrita anteriormente estará altamente influenciado por los siguientes factores:

- **Tolerancia a fallos:** Algunos nodos sensores pudieran fallar o bloquearse debido a la falta de energía, o recibir daños físicos o interferencias medioambientales. El fallo de nodos sensores no debería comprometer el funcionamiento global de la red sensora. Este es el principio de la tolerancia a fallos o fiabilidad.

- **Escalabilidad:** Los nuevos diseños deberán ser capaces de trabajar con un número de nodos del orden de centenares, millares, e incluso, dependiendo de la aplicación, millones. También deberán tener en cuenta la alta densidad, que pueden llegar hasta algunos centenares de nodos sensores en una región.

- **Costos de producción:** Dado que las redes de sensores consistirán en un gran número de nodos sensores, el costo de un nodo individual es clave para que una red inalámbrica sea rentable en comparación con una cableada. Si el costo de la red es más caro que el despliegue de sensores tradicionales, la red sensora no está justificada desde el punto de vista económico.

- **Limitaciones de hardware:** Un nodo sensor estará constituido por cuatro componentes básicos, como se muestra en la figura 2. Estructura básica de un nodo sensor: el Sensor-ADC, la Unidad de Proceso, el Transceptor, y la Unidad de Energía. También puede tener otros componentes adicionales dependiendo de su aplicación como un Sistema de Localización y un Movilizador.

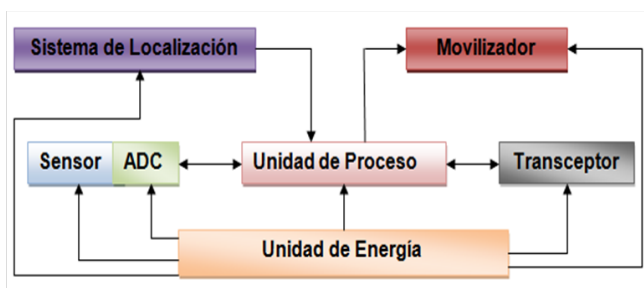


Figura 2: Partes de un nodo sensor inalámbrico.

Fuente: Elaboración propia.

- **Topología:** El despliegue de un gran número de nodos densamente distribuidos precisa de un mantenimiento y gestión de la topología aplicada. Se pueden dividir las tareas de mantenimiento y cambio de la topología en tres fases:

- ♦ **Pre-despliegue y despliegue:** Los nodos sensores inalámbricos podrán ser arrojados en masa o colocados uno por uno en el campo sensor.

- ♦ **Post-despliegue:** Después del despliegue, los cambios de topología serán debidos a cambios en la posición de los nodos sensores, accesibilidad (debido a interferencias intencionadas (jamming), ruido, obstáculos móviles, etc), energía disponible, funcionamiento defectuoso y detalles de las tareas encomendadas.

- ♦ **Despliegue de nodos adicionales:** Nodos sensores inalámbricos adicionales pueden ser desplegados en cualquier momento para reemplazar nodos defectuosos o debido a cambios en la dinámica de las tareas.

- **Entorno:** Los nodos sensores inalámbricos serán desplegados densamente bien, muy cerca o directamente en el interior del fenómeno a ser observado. Por consiguiente, normalmente trabajan desatendidos en áreas geográficas remotas. Pueden estar trabajando en el interior de una maquinaria grande, en el fondo del océano, en un área contaminada biológicamente o químicamente, en un campo de batalla más allá de las líneas enemigas, así como en edificios y hogares.

- **Medio de transmisión:** En una red de sensores multisalto, los nodos de comunicaciones están conectados mediante un medio inalámbrico. Estas conexiones pueden estar formadas por medios tales como: radio, infrarrojo u óptico, aunque la gran mayoría del hardware actual para . Otro posible modo de comunicación entre nodos en redes de sensores es mediante infrarrojos. La comunicación por infrarrojos es robusta frente a interferencias producidas por dispositivos eléctricos. Los transceptores basados en infrarrojos son baratos y fáciles de construir. Finalmente, los dispositivos infrarrojos requieren de visión directa entre el nodo

o nodos transmisores y receptores.

- **Consumo energético:** Los nodos sensores inalámbricos, por lo general, estarán equipados con una fuente energética limitada. En los escenarios de algunas aplicaciones, la recarga de los recursos energéticos puede ser imposible. El tiempo de vida de los nodos sensores, en consecuencia, muestra una gran dependencia del tiempo de vida de la batería. El funcionamiento defectuoso de algunos nodos puede causar cambios de topología significativos y puede requerir re-enrutamiento de los paquetes y reorganización de la red. De aquí que, la conservación y administración energética tomen una importancia adicional.

## B. Comunicación inalámbrica

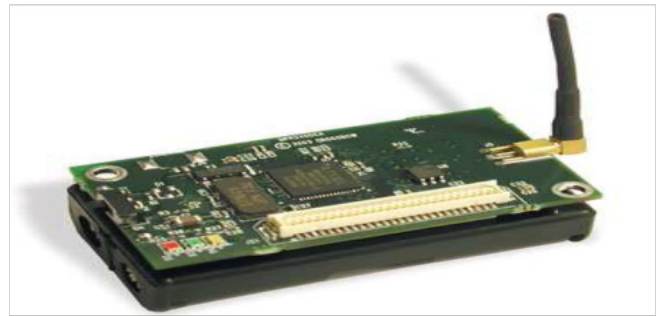
Es aquel tipo de comunicación vía radio que permite enviar y recibir datos con otros dispositivos (Industrial, Scientific and Medical) que son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industriales, científicas y médicas. El uso de estas bandas de frecuencia está abierto a todo el mundo sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida. Las WSN usan la .

## C. Topologías en redes inalámbricas

Hay varias arquitecturas que pueden ser usadas para implementar una aplicación de WSN como pueden ser: estrella, malla, y una híbrida entre ellas. Cada topología presenta desafíos, ventajas y desventajas. La topología se refiere a la configuración de los componentes (hardware), y como los datos son transmitidos a través de esa configuración. Cada topología es apropiada bajo ciertas circunstancias y puede ser inapropiada en otras [3]. Para entender las diferentes topologías es necesario conocer los diferentes componentes de la WSN:

- **Nodos Sensores o Motes:** Los nodos sensores por su tamaño frecuentemente son llamados motes. En diccionarios de habla inglesa aparece la palabra “Mote” definida como: algo pequeño que es prácticamente imposible de ver. Su función es la

de registrar datos del medio en el cual está siendo usado [6]. En la Figura 3 se observa un Mote MicaZ.



**Figura 3: Mote MicaZ: tamaño (mm): 58x32x7, peso (gramos):18 (Sin baterías).**

- **Estación base o coordinador:** Es el dispositivo más completo. Debe existir uno por red. Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él dispositivos finales. Una vez formada la red, el coordinador hace las funciones de ruteador, esto es, participar en el enrutamiento de paquetes y ser origen y/o destinatario de información [6].

- **Routers:** Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario. Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para transmitir un paquete de información. Lógicamente un ruteador debe unirse a una red ZigBee antes de poder actuar como ruteador retransmitiendo paquetes de otros ruteadores o de dispositivos finales. Dan cobertura a redes muy extensas pudiendo salvar obstáculos, problemas de congestión en la emisión de la información y posibles fallos en alguno de los aparatos [6].

- **Puertas de enlace:** Recoge los datos de la red y sirve como punto de unión con una red LAN o con Internet. En cuanto a la estructura de las topologías se tiene que la topología en estrella (monosalto) es

un sistema donde la información enviada solo da un salto, y donde todos los nodos sensores están en comunicación directa con la puerta de enlace, usualmente a una distancia de 30 a 100 metros. Todos los nodos sensores son idénticos, y la puerta de enlace capta la información de todos ellos. La puerta de enlace también es usada para transmitir datos al exterior y permitir la monitorización de la red [3]. La topología en malla es un sistema multisalto, donde todos los nodos son routers y son idénticos. Cada nodo puede enviar y recibir información de otro nodo y de la puerta de enlace. A diferencia de la topología en estrella, donde los nodos solo pueden hablar con la puerta de enlace, en esta los nodos pueden enviarse mensajes entre ellos. La propagación de los datos a través de los nodos hacia la puerta de enlace hace posible, por lo menos en teoría, crear una red con una extensión posible ilimitada. Este tipo, también es altamente tolerante a fallos ya que cada nodo tiene diferentes caminos para comunicarse con la puerta de enlace. En la Figura 4, se pueden observar las dos topologías de redes inalámbricas más usadas.

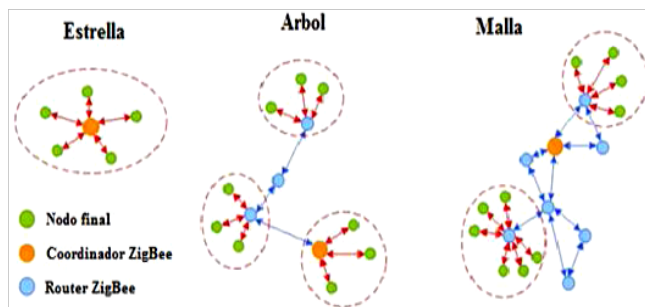


Figura 4: Topologías de redes inalámbricas más usadas.

#### D. Método propuesto

Este procedimiento diseñado consistió de 7 pasos, que fueron:

- **Paso 1:** Necesidad de monitorear variables físicas en un entorno: Monitorear variables físicas en el entorno y transmitir las de forma inalámbrica yacen en la realización de aplicaciones “nuevas” donde el tendido de cables de control puede ser complicado, ya sea por el costo que representa o

por dificultades técnicas. Hay ocasiones donde se requiere tomar lecturas de un entorno inaccesible u hostil en un periodo de tiempo determinado con el fin de detectar cambios, tendencias, etc.

- **Paso 2:** Conocer el perímetro para la implementación de la WSN: Para implementar una red de sensores inalámbrica con un alto nivel de eficiencia fue importante conocer el relieve y de las dimensiones físicas reales del lugar donde estuvo instalada la red. Aquí, se definieron si eran espacios al aire libre (outdoor), si existieron espacios abiertos con línea de vista ó si estuvieron en el interior de un edificio (indoor). De esta manera se determinó la mejor técnica para realizar una conexión confiable del enlace inalámbrico.

- **Paso 3:** Poseer un amplio conocimiento técnico de los diferentes fabricantes de dispositivos para WSN: Para diseñar e implementar redes con sensores inalámbricos cumpliendo con ciertos requisitos específicos, fue necesario conocer y comprender las ventajas y limitaciones de las diferentes tecnologías utilizadas en esta área. Las preguntas más frecuentes que un diseñador de WSN pudieron hacerse fueron:

- ◆ Fuente de alimentación para su uso.
- ◆ Microcontrolador a utilizar.
- ◆ Tipo de sensor.
- ◆ Alcance y modelo de los transceptores.
- ◆ El sistema es redundante (uso de datalogger).

- **Paso 4:** Seleccionar la topología de red a utilizar: El término topología fue referido a la forma como estuvieron interconectados todos los componentes (hardware) de la WSN, y como los datos fueron transmitidos a través de esa configuración.

- **Paso 5:** Cálculos de ingeniería: Antes de ir al campo a realizar pruebas fue necesario llevar una idea teórica de algunos datos importantes para la instalación exitosa de la WSN. Existen modelos matemáticos vigentes que pudieron ser utilizados para obtener datos de referencia en redes inalámbricas de este tipo, como fue el caso del teorema para calcular el radio de la primera zona

de Fresnel  $r_1$  y la altura de despeje  $h_{des}$  que fueron transcendentales en este tipo de aplicaciones entre otros.

$$r_n = 547,72 \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot D}} \quad (1)$$

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{D}(h_2 - h_1) - \left(H + \frac{d_1 \cdot d_2 \cdot 1000}{2 \cdot K \cdot a}\right) \quad (2)$$

- **Paso 6:** Realizar pruebas a los dispositivos inalámbricos: Una vez seleccionado el fabricante de los componentes de la WSN, fue necesario realizar pruebas de radioenlace para garantizar la confiabilidad del sistema. Existen dos tipos: RSSI y alcance (range test).

- **Paso 7:** Implementación de la WSN en campo: Una vez realizadas y verificadas las pruebas en todos los dispositivos que conformaron la WSN, el último paso fue la instalación en sitio (campo) de los componentes de la red. Una vez instalados se procedió a la colocación en servicio de la plataforma que administra los datos obtenidos, y posteriormente se dio inicio a la puesta en marcha de todos los nodos que conforman la red.

## E. Diseño implementado

Se procedió a aplicar los siete pasos del método. Primero se detectaron las necesidades físicas del entorno, la cual corresponde a una planta de producción de cemento ubicada en el estado Monagas. La empresa requirió monitorear la temperatura de cuatro equipos críticos en el proceso de producción de cemento Portland tipo I, los cuales se encontraron ubicados en distintas áreas de la planta como se observa en la tabla 1. Además, se requirió que uno de los nodos sensores fuera un sistema redundante es decir, la posibilidad de almacenar datos en un datalogger. Estos datos obtenidos inalámbricamente deben ser canalizados a través de una interface gráfica (plataforma del sistema) que permita medir, analizar y evaluar esa información para la toma de decisiones. Finalmente, se requiere el uso de algún dispositivo que permita el enlace físico de la WSN con la red cableada (gateway).

Tabla 1: Lista de equipos a monitorear en la WSN.

Equipo	Área	Fabricante	Temperatura de Trabajo (°C)
Motor de la transportadora de tornillo (2 HP)	Empacado y despacho	Haver & Boecker	Alrededor de 50
Motor del FAN en el bag filter (23,9 HP)	Silo de Cemento 2	Scheuch	Alrededor de 65
Ducto de succión del bag house	Molino de Cemento 1	Scheuch	Alrededor de los 70
Hot Air Generator (HAG)	Molino de Cemento 1	Mozoun	Alrededor de los 105

Luego se estudió el perímetro de implementación de la WSN (figura 5): el área aproximada fue de 73320,36 m<sup>2</sup>. La distancia que hay desde cada punto de interés hasta la oficina donde se encuentra el centro de visualización de los datos de la WSN son: desde el molino de cemento 1 (HAG) es de 199,85 m; desde el molino de cemento 1 (ducto de succión del bag house) es de 178,84 m; desde el silo de cemento 2 (bag filter) es de 115,90 m; y desde el área de empacado es de 80,49 metros.

Seguidamente se procedió a estudiar los diferentes dispositivos WSN que pudieran ser usados para esta aplicación, seleccionándose al fabricante Digi International, el cual desarrolla los módulos transceptores Xbee. Esta tecnología posee una arquitectura abierta, que facilitó al diseñador tener un amplio margen de opciones para aplicaciones en casi todos los campos del conocimiento. Además, en comparación con otros fabricantes presentó un bajo costo de inversión. En relación al sistema redundante de datos se utilizó un datalogger fácil de usar, adaptable y que soporta las tarjetas microSD. Este dispositivo fue diseñado por la empresa SparkFun y se conoce en el mercado con el nombre de Logomatic v2.

Posteriormente se procedió a seleccionar la topología de red en estrella, es decir, cuatro nodos sensores comunicándose a través de un radioenlace punto a punto a un nodo central (coordinador). Luego se procedió a determinar las constantes de Fresnel y la altura de despeje en cada caso para localizar adecuadamente los equipos.

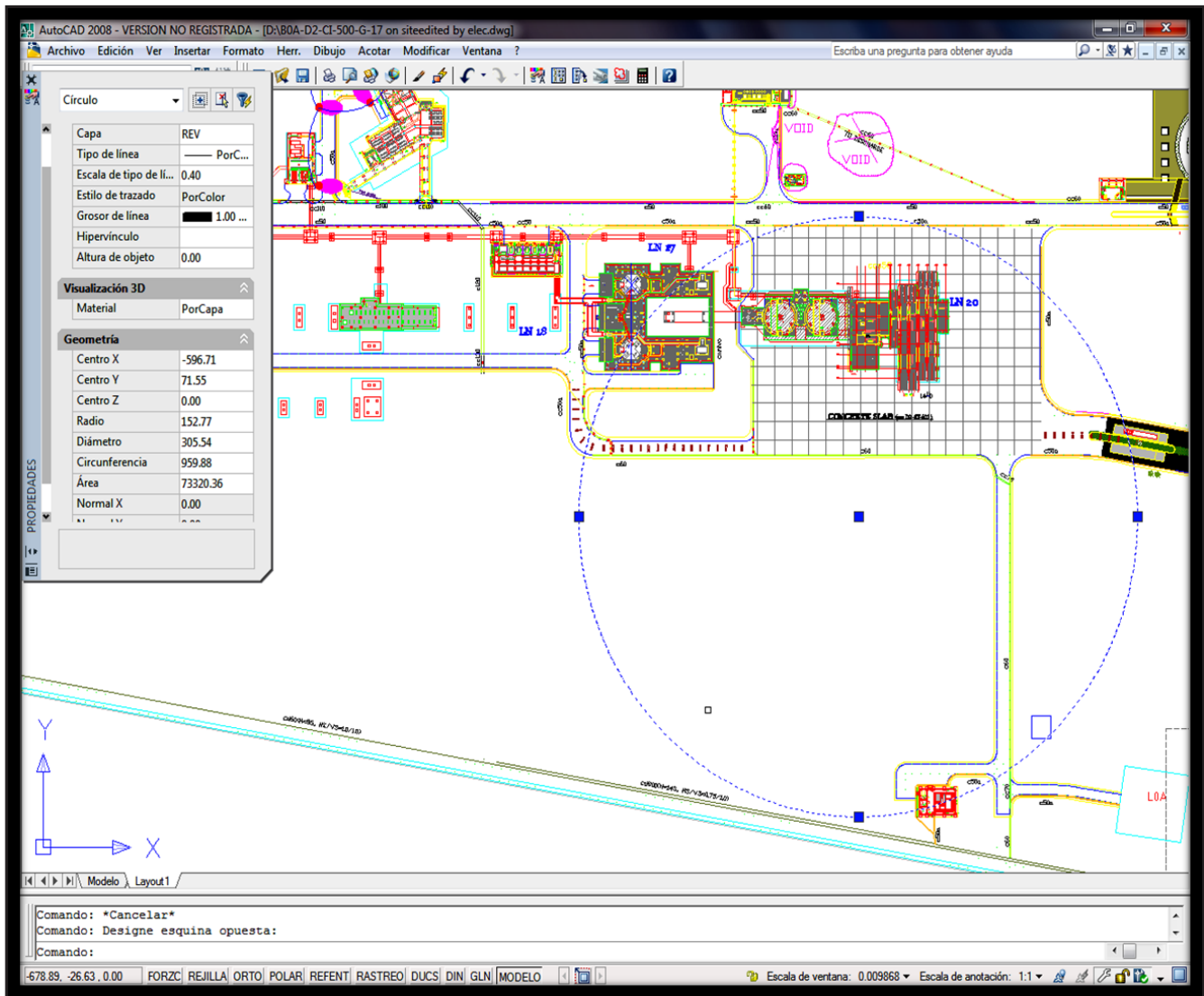


Figura 5. Perímetro para la WSN. Fuente: Elaboración propia.

Como paso siguiente se probaron los equipos seleccionados. Antes de iniciar las pruebas de todos los dispositivos de la WSN, se debieron configurar los módulos que actuaron como nodos sensores para un radioenlace punto a punto con el nodo coordinador.

Los parámetros DH (Destination Address High), DL (Destination Address Low) y MY (16 bit

Network Address) fueron programados a un valor de cero (0).

Finalmente se procedió a la implementación de la WSN en campo (Figura 6). En la figura 7 se observa al nodo sensor (end device) que fue diseñado para la aplicación de la WSN, utilizado en el área del HAG, y en la figura 8 el circuito electrónico del nodo sensor.

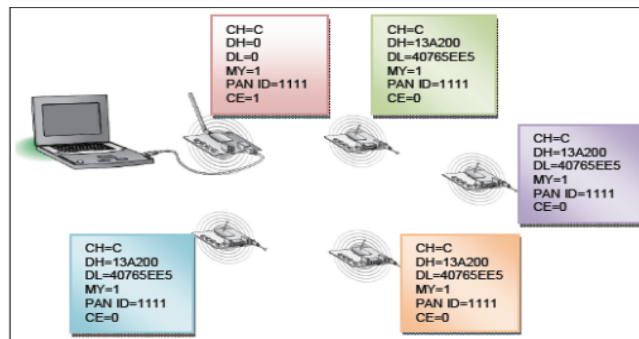


Figura 6: Configuración de la WSN. Fuente: Elaboración propia.

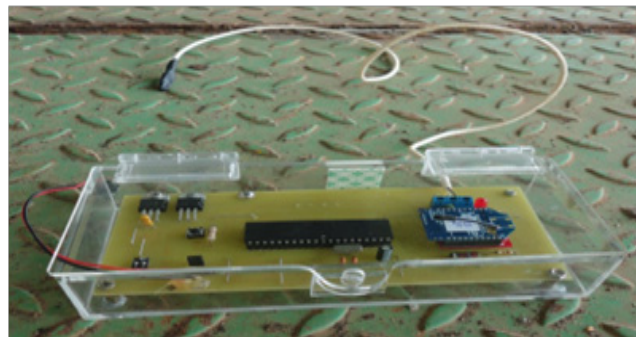


Figura 7: Nodo sensor diseñado para la aplicación de la WSN.

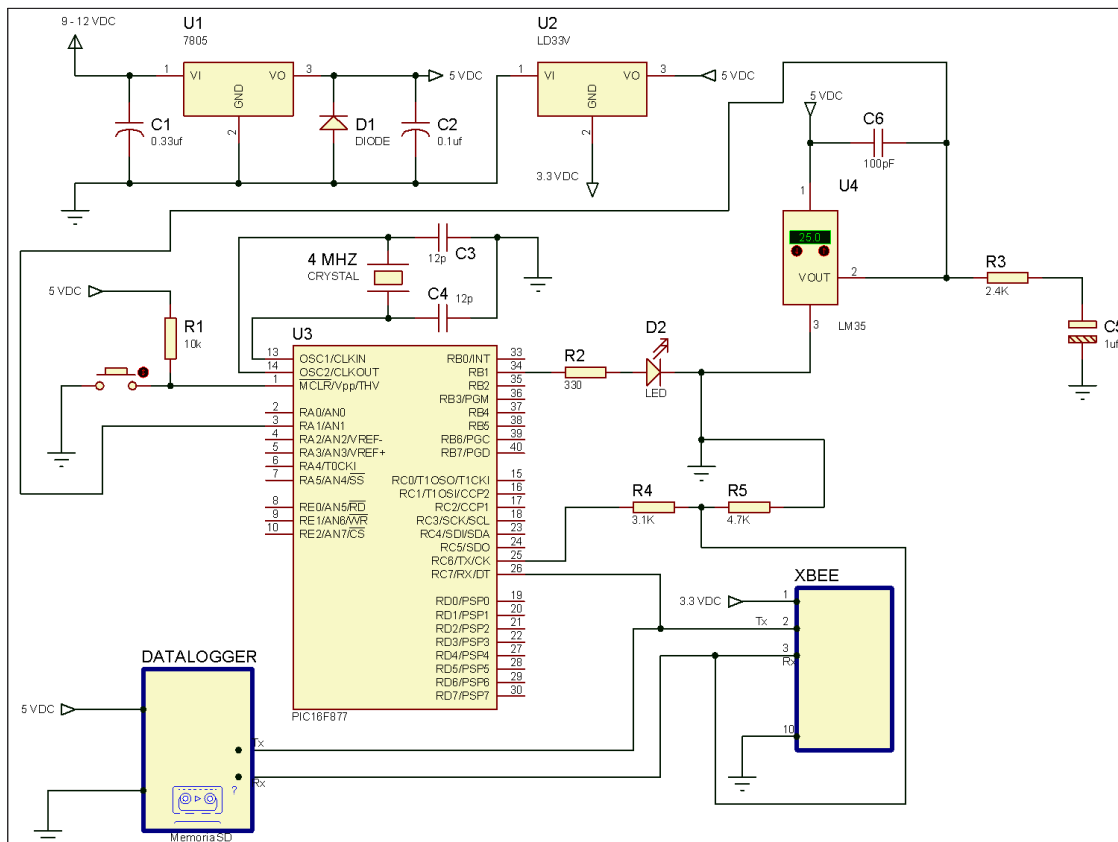


Figura 8. Circuito electrónico del nodo sensor.



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Datos obtenidos del nodo sensor

En la Figura 9 se visualiza el resultado obtenido de uno de los nodos sensores identificado: el HAG, ducto de succión, bag filter y el transportador de tornillo.

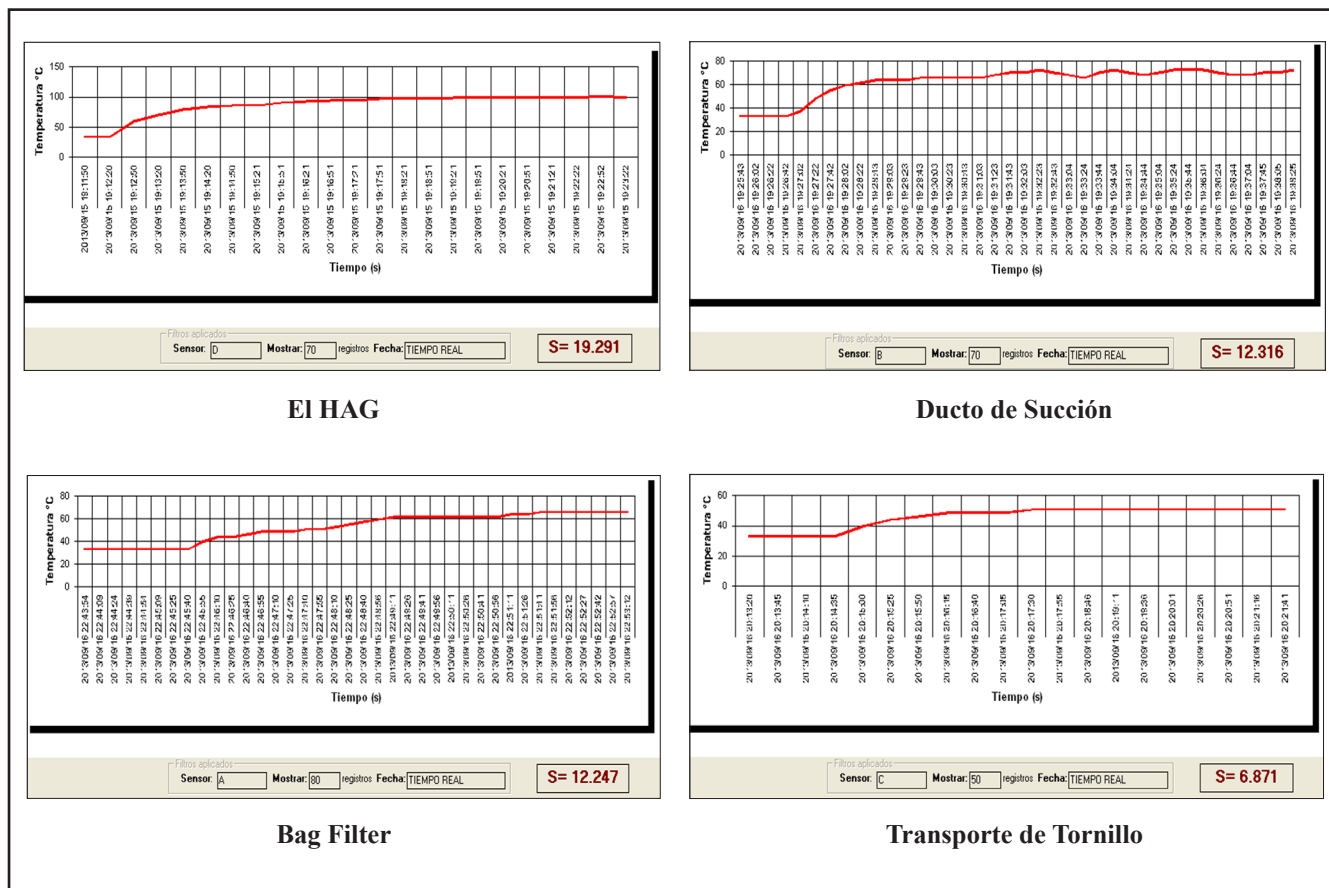


Figura 9. Resultados de temperatura obtenidas en cada uno de los nodos sensores.

#### B. Análisis de resultados

Una vez culminadas las pruebas de campo se pudo corroborar que todos los (nodos sensores, nodo coordinador, la interfaz gráfica, y la puerta de enlace) (máximo margen del sensor LM35), gestionar la información, administrar los datos en el computador, e interconectarla a la red LAN tomando como punto de partida un método eficaz para la implementación de este tipo de redes. El alcance máximo del radioenlace fue de aproximadamente 201 metros, pero con posibilidades de alcanzar los 1600 metros (según datos del fabricante) siempre

que se respete la condición de línea de vista entre el transmisor y el receptor con un radio de la primera zona de Fresnel libre de obstáculos alrededor del 60 por ciento.

Los errores presentes durante el proceso de medición con el sistema WSN fueron: errores de instrumentos, errores humanos, y errores ambientales (pertenecientes a los errores sistemáticos) y los errores aleatorios que siempre están presentes en cualquier evento de medición. El error cometido por el sistema al momento de capturar los datos en tiempo real, fue tomado en

el punto . En cuanto a la topología de red utilizada (estrella), se pudo comprobar una alta eficiencia en la obtención de los datos en tiempo real, al igual que se pudo observar un menor costo al momento de implementarla. La desventaja radicó en la carga que recae sobre el nodo coordinador. La cantidad de tráfico que debió soportar fue poca, pero pudo haber aumentado conforme se fue agregando más nodos periféricos, lo que la hace poco recomendable para redes de gran tamaño.

### C. Resultados en la calibración del LM35

El sensor de temperatura usado en cada nodo fue el LM35 Por ello se determinó el error introducido por este componente (figura 10). En este caso el patrón estuvo representado por un transmisor de temperatura basado en un termopar. El error total referido a fondo escala porcentual máximo fue de 1,9 %. Lo cual es aceptable tomando en cuenta la economía del sensor y los componentes utilizados.

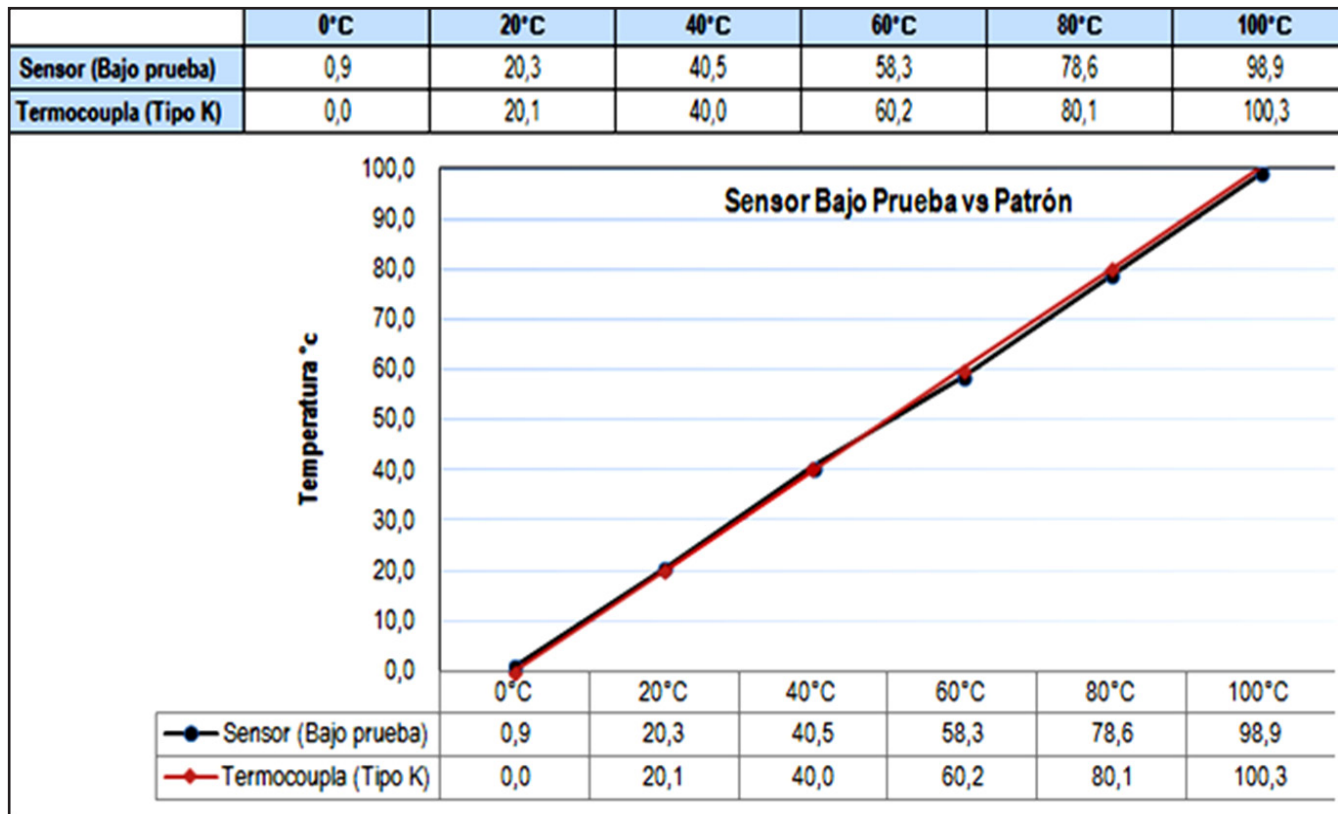


Figura 10: Tendencia entre el sensor bajo prueba y el patrón.

## IV. CONCLUSIONES

1. Las redes inalámbricas de sensores electrónicos representan una solución interesante al momento de adquirir varias variables en lugares diferentes sin necesidad de tener que implementar cableado ni canalizaciones que incrementan los costos de los sistemas.

2. Todas las técnicas existentes para diseñar e implementar redes de sensores inalámbricos está

basado en tecnología propietaria, que condiciona la red y los sensores a la ofrecida por el fabricante.

3. En esta investigación se desarrolló un método de trabajo de siete pasos para el diseño y la implementación de redes inalámbricas de sensores la cual no está condicionada a la tecnología de ninguna marca en particular.

4. La metodología fue aplicada en una planta de cemento para la medición de temperatura en

cuatro lugares diferentes, obteniendo resultados aceptables inferiores al 2 %.

## V. REFERENCIAS

1. Chio Cho, N., Tibaduiza Burgos, D. A., Aparicio Zafra, L. C., & Caro Ortiz, L. M. (2011, January). REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS. In Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica-UNAB (Vol. 1, No. 1).
2. Willers, A. D. (2013). Redes Ad Hoc y Opportunistic Networking: una oportunidad a la gestión de desastres. Tesis de Especialista, Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires - Argentina.
3. Maroto, S. (2010). Desarrollo de aplicaciones basadas en WSN. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia – España. P.p. 30 – 33.
4. Córdoba, D. M. A., & Santamaria, F. A. A. (2013). ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS. Tecnología Investigación y Academia, 1(2), 4-14.
5. Acero, A. R., Canol, A. M., Quiceno, J. A. O., & Bulies, J. A. J. (2013, October). Integration in wireless sensor networks (WSN) IEEE 802.15. 4–802.11 for industrial automation. In Engineering Mechatronics and Automation (CIIMA), 2013 II International Congress of. IEEE. Bogota - Colombia. P.p. 1-6.
6. Trevino, J. (2011). Red de sensores inalámbricos genérica. Ciudad Juárez – México. P.p. 42 – 96.