

RED INALÁMBRICA DE SENSORES CON CAPACIDAD DE DETECCIÓN Y
SUPERVISIÓN DE FALLAS EN LAS MEDICIONES

JUAN ERNESTO GALVIS B AUTISTA 1161180

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

RED INALÁMBRICA DE SENSORES CON CAPACIDAD DE DETECCIÓN Y
SUPERVISIÓN DE FALLAS EN LAS MEDICIONES

Presentado por:

JUAN ERNESTO GALVIS BAUTISTA 1161180

Director:

Ing. Mg. BYRON MEDINA DELGADO

Codirector:

Ing. CHRISTIAN DAVID ESCOBAR AMADO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

Tabla de contenido

	Pág.
1. Titulo	2
2. Descripción del Problema	3
2.1. Planteamiento del Problema	3
2.2. Formulación del Problema	4
3. Justificación	5
3.1. Beneficios Tecnológicos	6
3.2. Beneficios Económicos	6
3.3. Beneficios Sociales	6
4. Alcances	7
4.1. Tipo De Investigación	7
4.2. Resultados Esperados	7
4.2.1. Resultados Directos	7
4.2.1 Resultados indirectos.	7
5. Limitaciones y Delimitaciones	8
5.1. Limitaciones	8
5.2. Delimitaciones	8
6. Objetivos	9

6.1. Objetivo General	9
6.2. Objetivos Específicos	9
7. Marco Referencial	10
7.1. Antecedentes	10
7.2. Marco teórico	11
7.3. Marco Legal	13
7.3.1 Aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM)	14
8. Diseño Metodológico	15
9. Cronograma	17
10. Presupuesto	18
10.1. Gasto Global	18
10.2. Gastos de Personal	19
10.3. Gastos de Equipos	19
10.4. Gastos de Materiales y Suministros	20
Bibliografía	21

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Cronograma de actividades.....	17
Tabla 2. Presupuesto global de la propuesta, fuentes de financiación (en Pesos Colombianos)..	18
Tabla 3. Gastos de personal de la obra (en Pesos Colombianos).....	19
Tabla 4. Financiación por gastos de equipos (en Pesos Colombianos).	19
Tabla 5. Materiales y suministros (en Pesos Colombianos).	20

1. Título

Red inalámbrica de sensores con capacidad de detección y supervisión de fallas en las mediciones.

2. Descripción del Problema

2.1. Planteamiento del Problema

Los sensores son dispositivos que a partir de la energía del medio en el que se encuentran, producen una señal de salida en una forma de energía que está en función de la variable medida (Areny, 2003). Los sensores se encuentran en muchos de los dispositivos electrónicos del mercado global y conforman gran cantidad de sistemas con los que interactuamos a diario, son de gran utilidad en sistemas de monitoreo meteorológico (Arango Parrado, 2010), control de procesos industriales (Roberto Fernández Martínez, 2009) y seguridad (González Godoy & Salcedo Parra, 2017), entre otros.

Una Red Inalámbrica de Sensores o RIS (*Wireless Sensor Network*, WSN) consiste en la conexión de dispositivos que miden y procesan información en un ambiente dado (nodos sensores) y un nodo coordinador, que analiza y organiza los datos según su origen y toma decisiones en consecuencia (Vera Romero, Barbosa Jaimes, & Pabón González, 2015).

Las RIS se diseñan e implementan según los estándares IEEE 802.15.4 y ZigBee (Wei Wang, 2011), que definen el trabajo con redes WPAN (*Wireless Personal Area Network*) en aplicaciones que requieren bajo costo, consumo y tasa de transmisión (Horacio Conde Hernández, 2013); las RIS se utilizan en monitorización ambiental, control de procesos industriales, agricultura, ganadería, vigilancia, control medioambiental, control de atención médica, domótica, sistemas industriales, servicios públicos y transporte, entre otras. (Garbarino, 2011).

La implementación de las RIS bajo condiciones ambientales extremas y sin supervisión dificulta el mantenimiento de los nodos, lo cual hace necesario garantizar la robustez y confiabilidad de los nodos. (Lucas Iacono, 2010)

Dada la importancia de las mediciones en las RIS y de asegurar que las mediciones realizadas sean precisas y confiables es útil disponer de mecanismos que permitan validar las mediciones y verificar que los sensores están funcionando correctamente.

2.2. Formulación del Problema

Con base en lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo incrementar la confiabilidad de una red inalámbrica de sensores?

3. Justificación

Al momento de diseñar una RIS, uno de los factores más importantes a tener en cuenta es la tolerancia a fallos que se pueden presentar en los sensores por daños o defectos físicos, falta o falla de energía, o por interferencia del entorno (Carbajal, 2012); por ello, es necesario desarrollar un mecanismo para determinar que las mediciones realizadas sean correctas, y en caso de que no lo sean, solicitar la reparación o reemplazo del sensor por medio de una notificación en una aplicación móvil.

La tolerancia a fallos es la capacidad del sistema para seguir funcionando cuando ocurre un error y está directamente relacionada con su confiabilidad, motivo por el cual se diseñan sistemas con alto grado de redundancia de hardware, (Microsoft, 2005). Las RIS son escalables, debido a la cantidad de nodos que pueden integrar, pero según el diseño de la red, cada nodo es independiente de los demás en cuanto a su ubicación y función; un nodo que falla representa un problema para la funcionalidad de la red inalámbrica, por tanto se debe realizar el monitoreo de las mediciones realizadas por los sensores y validar que estas sean correctas.

El cálculo de la confiabilidad de un producto depende de que su comportamiento sea cíclico o dependiente del tiempo (Acuña, 2003), en el caso de las mediciones electrónicas realizadas por una RIS se obtiene información de manera continua y la confiabilidad de la red se debe calcular de manera permanente.

3.1. Beneficios Tecnológicos

Se desarrollará un algoritmo que permitirá identificar fallas en las mediciones realizadas por sensores dentro de la red inalámbrica y en caso de que ocurran, por medio de una aplicación móvil se notificará al usuario final.

Se dispondrá de una aplicación móvil que permita supervisar las mediciones realizadas por los sensores de la RIS.

3.2. Beneficios Económicos

Un sensor que realice mediciones erradas durante un largo periodo de tiempo puede generar fallas aún mayores en el sistema general, lo que podría conllevar a pérdidas económicas por parte de la entidad que haga uso dichas mediciones. La supervisión de las mediciones permitirá detectar los errores en tiempo real y tomar decisiones según la aplicación de la red; detener procesos o realizar el mantenimiento correspondiente.

3.3. Beneficios Sociales

La implementación del algoritmo de detección de fallos asegurará que la información medida sea la correcta y ofrecerá mayor seguridad en la supervisión de actividades en las cuales se requiere el manejo de datos en tiempo real, tales como agricultura, ganadería, medicina, supervisión ambiental y seguridad.

4. Alcances

4.1. Tipo De Investigación

El trabajo a realizar se clasifica como una investigación comparada con aplicación de conocimientos sobre un diseño experimental, utilizando el método científico.

4.2. Resultados Esperados

4.2.1. Resultados Directos

Con el desarrollo del presente proyecto se pretende elaborar un algoritmo para la detección de fallas en las mediciones de los sensores que conforman una red inalámbrica, realizando su reporte oportuno mediante una aplicación móvil, la cual también permite a un operario supervisar las variables de interés.

Además, se elaborará una base de datos en la cual se registren periódicamente las mediciones realizadas en los nodos sensores.

4.2.1 Resultados indirectos.

Se realizará la publicación de un artículo científico relacionado al proyecto.

5. Limitaciones y Delimitaciones

A continuación se presentaran las limitaciones y delimitaciones del presente proyecto.

5.1. Limitaciones

El presente trabajo se integra al proyecto “Red inalámbrica de sensores con alimentación fotovoltaica y detección de fallos a través de una aplicación móvil”, motivo por el cual la disposición de hardware a utilizar se limita al dispuesto para la ejecución del proyecto mencionado.

La información publicada acerca de la supervisión de mediciones es escasa y restringida, para su acceso requiere de suscripciones a revistas científicas o el pago por el artículo solicitado.

5.2. Delimitaciones

Para el diseño e implementación del proyecto se ha establecido un tiempo de 10 meses, tiempo que incluye el desarrollo de la red inalámbrica, la base de datos y la aplicación móvil.

Se utilizará software de uso libre para el desarrollo de cada una de las etapas de este proyecto.

6. Objetivos

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon los siguientes objetivos:

6.1. Objetivo General

Elaborar una red inalámbrica de sensores que supervise y detecte fallas en las mediciones de los sensores, integrando un sistema embebido, un sistema manejador de base de datos y una aplicación móvil.

6.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca de las redes inalámbricas de sensores, sistemas embebidos, aplicaciones móviles y sistemas manejadores de bases de datos.
- Implementar una red inalámbrica de sensores.
- Elaborar una base de datos para almacenar la información recopilada en el nodo coordinador.
- Elaborar un algoritmo para supervisar y detectar fallas en las mediciones de los sensores de una red inalámbrica.
- Crear una aplicación móvil, con notificaciones, para supervisar las mediciones de una red inalámbrica.
- Evaluar el funcionamiento del algoritmo propuesto en una red inalámbrica de sensores.

7. Marco Referencial

Para el desarrollo del marco referencial se tomaron los antecedentes prácticos y teóricos relacionados con el tema.

7.1. Antecedentes

- Título: Sistema de Supervisión para el Proceso de Medición Dinámica de Hidrocarburos.

Autores: Oscar Amaury Rojas A., Yeny Cristina Zea Yanza, Cristian Campo Guzman.

El trabajo presenta la metodología de diseño y el desarrollo de un supervisor basado en sistemas a eventos discretos con Redes de Petri que permita determinar la cantidad de fluido que circula a través de una tubería de transporte de hidrocarburos, cumpliendo los requisitos exigidos por la norma API y restringiendo condiciones de anomalía y fallas en el proceso para finalmente realizar la implementación bajo una plataforma tecnológica existente en el proceso de producción (Oscar Amaury Rojas A., 2014).

- Título: Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de alertas tempranas en minas subterráneas: una solución a la problemática de atmósferas explosivas en la minería de carbón en Colombia

Autores: Álvaro Romero Acero, Alejandro Marín Cano, Jovani Alberto Jiménez Builes

En este artículo se presenta una alternativa de automatización y control en el monitoreo de alertas tempranas de atmósferas explosivas, mediante el protocolo ZigBee. El propósito es diseñar una red de sensores inalámbricos inteligentes para recopilar la información, de forma rápida y confiable, sobre las concentraciones de gases que Generan una amenaza de atmósferas explosivas en minas subterráneas. De forma remota se pueden determinar los límites de alerta de

acuerdo a los datos suministrados por la red, enviando un mensaje visual representado en semáforos a puntos estratégicos dentro de la mina. Se describen además los componentes del sistema de alertas tempranas, la estructura de la red inalámbrica ZigBee y la composición de atmosferas explosivas en triángulos de Coward (Romero Acero, Marín Cano, & JimenezBuilies, 2013).

- Título: Energy consumption optimization for sensor networks in the IoT.

Autores: Ángela Rodríguez, Armando Ordóñez, Hugo Ordoñez.

Este artículo presenta un algoritmo basado en NSGA-II para seleccionar la mejor distribución de los sensores en la red, así como un mecanismo para la optimización de los resultados (Ángela, Ordoñez, & Ordoñez, 2015).

7.2. Marco teórico

Internet de las Cosas

Internet de las cosas es un sistema de dispositivos informáticos interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas a los que se proporcionan identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red sin necesidad de humano a humano o humano a computadora. Una cosa, en el IoC, puede ser una persona con un implante de monitor cardíaco, un animal de granja con un transpondedor de biochip, un automóvil que tiene sensores incorporados para alertar al conductor cuando la presión de las llantas es baja o cualquier otro objeto hecho por el hombre que se le puede asignar una dirección IP y se le proporciona la capacidad de transferir datos a través de una red (TechTarget, 2017).

Red Inalámbrica de Sensores

Una red inalámbrica de sensores es una red inalámbrica que consiste en dispositivos distribuidos espaciados autónomos utilizando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales. Un sistema RIS incorpora una entrada que provee conectividad inalámbrica a los nodos distribuidos. El protocolo inalámbrico que seleccione depende en los requerimientos de la aplicación. Algunos de los estándares disponibles incluyen radios de 2.4 GHz basados en los estándares IEEE 802.15.4 o IEEE 802.11 (Wi-Fi) o radios propietarios, los cuales son regularmente de 900 MHz (National Instruments Corporation, 2017).

Sistemas Embebidos

Un sistema integrado es una combinación de hardware y software, ya sea de capacidad fija o programable, que está diseñado para una función o funciones específicas dentro de un sistema más grande. Las máquinas industriales, los dispositivos de la industria agrícola y de procesos, los automóviles, los equipos médicos, las cámaras, los electrodomésticos, los aviones, las máquinas expendedoras y los juguetes, así como los dispositivos móviles, son todas aplicaciones posibles para un sistema embebido. Los sistemas embebidos son sistemas informáticos, pero pueden ir desde no tener interfaz de usuario, por ejemplo, en dispositivos en los que el sistema incorporado está diseñado para realizar una única tarea, hasta interfaces gráficas de usuario complejas, como en dispositivos móviles. Las interfaces de usuario pueden incluir botones, LED, detección de pantalla táctil y más. Algunos sistemas también usan interfaces de usuario remotas (TechTarget, TechTarget Agenda, 2017).

Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida, activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tablero qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en *Wiring*) y el software Arduino (IDE), basado en *processing* (Arduino, 2017).

Raspberry pi

La Raspberry Pi es una computadora del tamaño de una tarjeta de crédito que se conecta a su televisor y a un teclado. Es una pequeña computadora capaz que se puede utilizar en proyectos de electrónica y para muchas de las cosas que hace su PC de escritorio, como hojas de cálculo, procesamiento de textos, navegación por Internet y juegos. También reproduce video de alta definición (Raspberry Pi Foundation, 2017).

7.3. Marco Legal

El estándar ZigBee define el uso de la banda de 2.4 GHz ICM, la cual es de uso libre y está destinada para actividades industriales, científicas y médicas.

En la resolución 711 del 11 de octubre de 2016 expedido por la Agencia Nacional del Espectro (ANE), se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional, acogiendo definiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones y de los informes relacionados en recomendaciones emitidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT (ANE, 2016).

7.3.1 Aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM)

Funcionamiento de equipos o de instalaciones destinados a producir y utilizar, en un espacio reducido, energía radioeléctrica con fines industriales, científicos y médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación (ANE, 2016).

8. Diseño Metodológico

A continuación se presentaran los procesos que se realizaran para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados.

OBJETIVO 1. Recopilar información acerca de las redes inalámbricas de sensores, sistemas embebidos, aplicaciones móviles y sistemas manejadores de bases de datos.

Metodología: Mediante una documentación bibliográfica en libros, artículos científicos y ponencias, se investigará respecto al diseño de redes inalámbricas de sensores, diseño de base de datos y sistemas manejadores de bases de datos.

OBJETIVO 2. Implementar una red inalámbrica de sensores.

Metodología:

En primera instancia, se seleccionará la topología a utilizar de la red inalámbrica, y se configurarán cada uno de los nodos que la conforma, dependiendo de su funcionalidad dentro de la red, es decir, como enrutador, dispositivo final o coordinador.

Posteriormente, se integrarán cada uno de los módulos XBee, con los sensores y demás dispositivos que conforman el nodo, con base a su función dentro de la red; finalmente, los nodos se intercomunicarán entre sí, enviando las mediciones realizadas por cada uno de ellos hacia el nodo coordinador.

OBJETIVO 3. Elaborar una base de datos para almacenar la información recopilada en el nodo coordinador.

Metodología: Se creará una base de datos en donde se almacene la información recibida por el nodo coordinador, la cual contará con tablas que indiquen la funcionalidad de cada nodo y

las mediciones que estos hayan realizado. Esta base de datos se encontrará alojada en un servidor para su posterior conexión con la aplicación móvil.

OBJETIVO 4. Elaborar un algoritmo para supervisar y detectar fallas en las mediciones de los sensores de una red inalámbrica.

Metodología: Con el apoyo de una base de datos en la cual se registran todas las mediciones realizadas por la red inalámbrica de sensores, se desarrollará un algoritmo para detectar fallas en los sensores de la RIS, el cual estará soportado en un sistema embebido, para su posterior notificación a la aplicación móvil.

OBJETIVO 5. Crear una aplicación móvil, con notificaciones, para supervisar las mediciones de una red inalámbrica.

Metodología: Se seleccionará una metodología para el desarrollo de la aplicación móvil, que cumpla con las etapas de requerimientos, diseño, implementación y evaluación.

El lenguaje de programación que soportará el diseño de la interfaz de usuario ejecutada en un dispositivo móvil, la cual cumpla con los requerimientos necesarios de las variables a supervisar y se realizará la conexión y emparejamiento de la aplicación móvil con la base de datos para la consulta del estado del proceso.

9. Cronograma

Tabla 1.

Cronograma de actividades

OBJETIVOS ESPECIFICOS	MESES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Recopilar información acerca de las redes inalámbricas de sensores, sistemas embebidos, aplicaciones móviles y sistemas manejadores de bases de datos.	X	X	X	X	X	X				
Implementar una red inalámbrica de sensores.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elaborar una base de datos para almacenar la información recopilada en el nodo coordinador.		X	X	X	X					
Elaborar un algoritmo para supervisar y detectar fallas en las mediciones de los sensores de una red inalámbrica.		X	X	X	X	X	X			
Crear una aplicación móvil, con notificaciones, para supervisar las mediciones de una red inalámbrica.			X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluar el funcionamiento del algoritmo propuesto en una red inalámbrica de sensores.			X					X	X	X

10. Presupuesto

A continuación se presenta el presupuesto estimado para la realización del presente proyecto

10.1. Gasto Global

En esta sección se exponen los precios de manera porcentual indicando la financiación del proyecto por las diferentes fuentes de ingreso.

Tabla 2.

Presupuesto global de la propuesta, fuentes de financiación (en Pesos Colombianos).

RUBROS	FUENTES				TOTAL
	ESTUDIANTES		UFPS		
	EFFECTIVO	ESPECIE	EFFECTIVO	ESPECIE	
Personal	-	16.000.000	-	3.760.000	19.760.000
Materiales	-	-	-	1.282.000	1.282.000
Equipos	-	1.440.000	-	-	1.440.000
Software	-	-	-	-	-
Salidas de campo	-	-	-	-	-
Imprevistos y otros*	-	1.744.000	-	504.200	2.248.200
TOTAL	-	19.184.000	-	5.546.200	24.73.200

*Los imprevistos representan el 10% del subtotal acumulado desde el rubro de personal hasta administrativo. En caso de presentarse algún imprevisto en la realización del proyecto, el gasto correrá por partes iguales tanto para la contrapartida como para la fuente externa.

10.2. Gastos de Personal

Tabla 3.

Gastos de personal de la obra (en Pesos Colombianos).

Nombre	Función	Dedicación (h/semana)	COP/h	N° de semanas	Fuente		Total
					Estudiante (especie)	UFPS (especie)	
Juan Galvis	Ejecutor	40	10.000	48	16.000.000	-	16.000.000
Byron Medina	Director	2	35.000	48	-	2.800.000	2.800.000
Christian Escobar	Codirector	2	12.000	48	-	960.000	960.000
Total					16.000.000	3.760.000	19.760.000

10.3. Gastos de Equipos

Tabla 4.

Financiación por gastos de equipos (en Pesos Colombianos).

Cantidad	Descripción	Justificación	Fuente		Total
			Estudiante (especie)	UFPS (especie)	
1	Raspberry Pi 3	Unidad central de la estación base encargada de procesar la información	-	250.000	250.000
1	Tarjeta micro SD de 8GB clase 10	Almacenar sistema operativo del sistema embebido, firmware del algoritmo de control y base de datos	-	30.000	30.000
5	Módulos XBee 2.4 GHz Serie 2	Transmitir la información inalámbricamente desde los nodos y recibirla en la estación base.	-	467.000	467.000
1	Adaptador Explorer para módulos XBee	Configurar los módulos de radiofrecuencia	-	42.000	42.000
5	Módulo Sensor de Humedad y Temperatura	Detectar la temperatura y la humedad relativa	-	87.500	87.500

Cantidad	Descripción	Justificación	Fuente		Total
			Estudiante (especie)	UFPS (especie)	
	DHT11				
4	Tarjeta compatible Uno Rev3 (incluye cable USB)	Procesar la información transmitida por los sensores	-	140.000	140.000
5	Grove - UV Sensor	Detectar la intensidad de radiación ultravioleta	-	197.600	197.600
5	Módulo sensor de luz ambiente DFR0026	Detectar la intensidad de luz ambiente	-	68.500	68.500
Total			-	1.282.000	1.282.000

10.4. Gastos de Materiales y Suministros

Tabla 5.

Materiales y suministros (en Pesos Colombianos).

Descripción	COP/h	Horas de uso	Justificación	Fuente		Total
				Estudiante (especie)	UFPS (especie)	
Computador Lenovo G40-70	900	1600	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo del algoritmo para la detección de fallos. - Diseño de la base de datos. - Desarrollo aplicación móvil. - Elaboración de informes. 	1.440.000	-	1.440.000
Total				1.440.000	-	1.440.000

Bibliografía

- Acuña, J. A. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- ANE, A. N. (2016). *Resolución N°711 de 11 OCT. 2016*. Despacho Director General.
- Ángela, R., Ordoñez, A., & Ordoñez, H. (2015). Energy consumption optimization for sensor networks in the IoT. *IEEE COLOM 2015*. Popayán.
- Arango Parrado, D. A. (2010). Estación Meteorológica Inalámbrica. *Umbral Científico*, 66-72.
- Arduino. (02 de 12 de 2017). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Areny, R. P. (2003). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Sevilla, España: Marcombo, S.A.
- Carbajal, E. E. (2012). *Redes de Sensores Inalámbricas Aplicado a la Medicina*. Cantabria.
- Catalina Aranzazu Suescún, G. A. (2009). Revisión del Estado del Arte de Redes de Sensores Inalámbricos. *Revista Politécnica*.
- Garbarino, J. (2011). *Protocolos para redes inalámbricas de sensores*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- González Godoy, C. A., & Salcedo Parra, O. J. (2017). Sistema de seguridad para locales comerciales mediante Raspberry Pi, cámara y sensor. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 175-193.
- Horacio Conde Hernández, J. A. (2013). *Red Inalámbrica de Sensores ambientales mediante el uso de la tecnología ZigBee*. Ciudad de México.

- Lucas Iacono, P. G. (2010). Estudio de Plataformas de Hardware Empleadas en Redes de Sensores Inalámbricas. *XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, (págs. 784-793). Morón.
- Microsoft. (20 de 05 de 2005). *Microsoft TechNet*. Obtenido de [https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704\(v=exchg.65\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704(v=exchg.65).aspx)
- Min Chen, S. M. (2014). Big Data: A Survey. *Mobile Networks and Applications*, 171-209.
- National Instruments Corporation. (02 de 12 de 2017). *National Instruments*. Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>
- Oscar Amaury Rojas A., Y. C. (2014). Sistema de Supervisión para el Proceso de Medición Dinámica de Hidrocarburos. *2th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (págs. 1-10). Guayaquil.
- Raspberry Pi Foundation. (02 de 12 de 2017). *Raspberrypi.org*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#introWhatIs>
- Roberto Fernández Martínez, J. O. (2009). *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. La Rioja: Universidad de la Rioja.
- Rodriguez, Á., Ordóñez, A., & Ordoñez, H. (2015). Energy consumption optimization for sensor networks in the IoT. *IEEE COLCOM 2015*. Popayán.
- Romero Acero, Á., Marín Cano, A., & JimenezBuilies, J. A. (2013). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de alertas tempranas en minas subterráneas: una solución a la problemática de atmósferas explosivas en la minería de carbón en Colombia. *Ingeniería Y Desarrollo*, 227-250.

TechTarget. (02 de 12 de 2017). Obtenido de IoT Agenda:

<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

TechTarget. (02 de 12 de 2017). *TechTarget Agenda*. Obtenido de

<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/embedded-system>

Vera Romero, C. A., Barbosa Jaimes, J. E., & Pabón González, D. (2015). Parámetros de configuración en módulos XBEE-PRO® S2B ZB para medición de variables ambientales. *Tecnura*, 141-157.

Wei Wang, G. H. (2011). Research on Zigbee wireless communication technology. *Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference on*, (págs. 1245-1249). Yichang.