

**GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS
(WSN)**

**ING. MANUEL RICARDO GARCIA PATIÑO
ING. JAVIER MORA VALERO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2010**

**GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS
(WSN)**

**ING. MANUEL RICARDO GARCIA PATIÑO
ING. JAVIER MORA VALERO**

**Monografía para Optar por el título de especialista en Instrumentación y Control
Industrial**

Asesor

**Ingeniero Juan Carlos Villamizar, MsC
Docente de Facultad de Ingeniería Electrónica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2010**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Abril 16 de 2010

CONTENIDO

TABLA DE FIGURAS	ii
LISTADO DE TABLAS	iii
RESUMEN	iv
INTRODUCCION	1
1. JUSTIFICACION	2
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO	2
3. ESTADO DEL ARTE DE LAS WSN	3
3.1 Características específicas de las redes de sensores inalámbricos (WSN)	3
3.2 Redes inalámbricas	4
3.2.1 Topologías de red	5
3.2.1.1 Topología en estrella	6
3.2.1.2 Topología en malla	7
3.2.1.3 Topología híbrida malla-estrella	8
3.3 Normatividad	9
3.4 Protocolo WirelessHART	11
4. SENSORES Y PUERTA DE ENLACE	15
4.1. Sensores inalámbricos	15
4.2 Puerta de enlace inalámbrica	16
5. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA WSN	18
5.1 Planeación de la red	18
5.1.1 Conceptualización	18
5.1.2 Previsión y Ubicación de los dispositivos de la red Inalámbrica	21
5.1.3 Mapeo y Conectividad	23
5.1.4 Integración de la red Inalámbrica	25
5.2 Instalación e Integración de datos en la red inalámbrica	27
5.2.1 Consideraciones en la Instalación	27
5.2.2 Consideraciones en puesta marcha	27
5.3 Especificaciones de la red inalámbrica	28
6. GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS	30
7. CONCLUSIONES	33
8. BIBLIOGRAFIA	34

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ejemplo de una red de sensores inalámbricos (WSN)	5
Figura 2. Elementos de una topología de una WSN	6
Figura 3. Topología en estrella	7
Figura 4. Topología de red en malla	8
Figura 5. Topología de red híbrida	9
Figura 6. Modelo OSI	10
Figura 7. Diagrama de una red con protocolo Wireless HART	12
Figura 8. Uso de <i>WirelessHART</i> en aplicaciones nuevas y existentes	14
Figura 9. Red auto-administrada	19
Figura 10. Red de topología malla	19
Figura 11. Ejemplo de diagrama de ubicación de equipos	22
Figura 12. Ubicación de equipos en diagrama de acuerdo a la operación de la planta	22
Figura 13. Diagrama de ubicación de señores y demás elementos de acuerdo a estructura funcional para el diseño de una planta de red inalámbrica (WPN)	23
Figura 14. Integración de un sistema de información de una planta a la red de sensores inalámbricos (WSN)	26
Figura 15. Selección de la carpeta que contiene la guía electrónica.	30
Figura 16. Pinchazo sobre el archivo ejecutable	31
Figura 17. Ejecución de la guía didáctica	32

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de la norma 802.15.4	9
Tabla 2. Características de la norma IEEE 802.11	10

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS (WSN)

AUTOR: MANUEL RICARDO GARCIA PATIÑO
JAVIER MORA VALERO

FACULTAD: ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR

RESUMEN

Las redes de sensores inalámbricos tiene su origen en la diversificación de las telecomunicaciones, de la fusión y difusión de protocolos TC/IP con protocolos de comunicaciones industrial como el HART, etc y ante todo de la necesidad de ir eliminando las soluciones cableadas; soluciones cuya implementación resulta costosas, además de que ponen en riesgo la integridad de los empleados, ya sea en la hora de instalación y puesta marcha, o en el momento de la misma operación dentro del proceso.

Actualmente los protocolos de comunicación wireless han evolucionado en temas como velocidad y seguridad, lo que ha facilitado su divergencia en la industria, la implementación de esta tecnología ha hecho que la información del proceso pueda ser captada desde un Smarth Phone, Pocket PC, u otro dispositivo móvil, de manera que la información pueda ser vista, sin que se requiere de plataformas robustas y de sitios específicos (cuartos de control y monitoreo)

Las WSN (Redes de Sensores Inalámbricos) tiene una percepción futurista de operación, a tal punto, que ya se cuenta con un manejo eficiente e inteligente de la energía, lo que hace que las fuente de poder (baterías) tenga una larga duración, al igual que existen elementos que son capaces de transformar las ondas electromagnéticas del ambiente y transformarla en energía eléctrica para su operación como sensor.

La evolución de los protocolos de comunicación industriales como el HART, han hecho que dispositivos de origen cableado puedan transferir la información mediante un acondicionamiento Wireless, creando así el protocolo WirelessHART, cuyo funcionamiento y eficiencia se encuentra entrelazada con las comunicaciones de radio de banda libre (2.4 GHz – 5 GHz).

PALABRAS CLAVES: HART, WirelessHART, TC/IP

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS (WSN)

AUTHOR: MANUEL RICARDO GARCIA PATIÑO
JAVIER MORA VALERO

FACULTY: ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

DIRECTOR: JUAN CARLOS VILLAMIZAR

SUMMARY

GUIDE FOR THE IMPLEMENTATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

Wireless sensor networks have their origins in the diversification of telecommunications, fusion and diffusion of protocols TC/IP with industrial communication protocols such as HART and the most important is the need to phase wired solutions, solutions whose implementation is very expensive, beside threatening the integrity of employees, either at the time of installation and putting in march or at the time of that operation within the process.

Actually, wireless communication protocols have evolved in areas such as velocity and safety, wich has facilitated their divengence in the industry, the implementation of this tecnology has made the process information can be captured from a Smarth Phone, PC, or other mobil device, so the information can be seen, without we need robust platforms and specific sites like a control romos and monitoring.

WSN (wireless sensor networks) have a futuristic perception of operation, to the point, already has an efficient and intelligent management of energy, wich makes power supplies (batteries) have a long duration, as there are elements that can transform the environment of electromagnetic waves and transform them in electrical energy for operation like a sensor.

The evolution of industrial communications protocols such as HART, have made home wiring devices to transfer information through a wireless conditioning, in this way creating WirelessHART protocol, whose operation and efficiency is interlaced with the radio communications for free band (2.4 GHz – 5 GHz).

KEYWORDS: HART, WirelessHART, TC/IP

INTRODUCCION

Las redes de sensores inalámbricos tienen gran importancia para la solución de problemas de monitoreo donde se tenga como gran inconveniente la distancia entre puntos y estaciones; en este tipo de redes se relacionan tres aspectos de la ingeniería, la percepción (censo de señales), las comunicaciones y la computación.

El desarrollo metodológico de la monografía tiene su origen en un estado del arte de las redes de sensores inalámbricos (generalidades, topologías, etc.), posteriormente se continua con el tema de sensores inalámbricos (en este tema se tratara principales fabricantes, casos de éxitos, etc), y como parte final se tiene el desarrollo cognitivo del proceso de aprendizaje, que en nuestro caso hace referencia a los parámetros para diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos, aspectos técnicos, todo esto resumido en una guía electrónica, la cual es explicada en el capítulo final.

1 JUSTIFICACION

La industria de la automatización industrial tiene la limitación de las extensas distancias que se encuentran entre puntos, plantas, etc, lo que dificulta una interconexión para un tratamiento sistematizado de la información, este aspecto también conlleva a sobrecostos en tema de infraestructura, cableado, trazado de ductos; la implementación de soluciones cableadas tiene consigo muchos riesgos físicos, lo que ponen en riesgo la integridad de los trabajadores.

Con el desarrollo del trabajo de grado, se fundamentara de una forma teórica y práctica lo que conlleva la implementación de redes de sensores inalámbricos (WSN) en un ámbito industrial, donde en gran parte de los procesos la integridad del personal está expuesta constantes accidentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

- Indagar sobre las redes de sensores inalámbricos (WSN) en la industrial del sector
- Desarrollar una guía interactiva que permita tener fundamentos para el diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN)

2.2 Objetivos Específicos

- Investigación sobre las diferentes tipos de tecnología de WSN.
- Analizar las topologías de redes de WSN en el sector industrial.
- Desarrollar un plan de implementación de redes de WSN.
- Evaluar los parámetros necesarios para la implementación de redes de WSN.

3 ESTADO DE ARTE DE LAS REDES DE SENSORES INALAMBRICOS (WSN)

Durante el desarrollo de este capítulo se plantea un esquema cognitivo referente a las redes de sensores inalámbricos (WSN), de manera que se tenga un fundamento teórico que ayude a comprender este nuevo tipo de tecnologías que se está implementando en el sector industrial.

El capítulo, tratará aspectos como características, especificaciones técnicas, diferentes topologías de red, arquitectura de nodos, etc con el objetivo de que el lector se involucre más con este tipo de tecnología y pueda llegar a crear e implementar soluciones WSN en la industria.

3.1 Características específicas de las redes de sensores inalámbricos (WSN)

Las WSN comparten muchas características con las redes AD-HOC¹, y algunas propias provenientes de su estructura, como principales características se tienen:

- Aplicación específica: Debido a la diversidad de tecnología en el sector de las WSN, se tiene la posibilidad que para resolver un problema se tenga más de una solución en ingeniería, dando versatilidad en su uso.
- Interacción con el ambiente: Al estar en continua interacción los sensores con el ambiente, se tiene un tráfico irregular relacionado con el tiempo, ya que en el momento en que ocurra un cambio perceptible por el sensor, se eleva el tráfico.
- Energía (alimentación): El consumo de energía de las redes WSN es bajo y eficiente, ya que por las distancias lejanas entre puntos es difícil el tener acceso a una fuente eléctrica; actualmente los sensores captan energía del ambiente.
- Desplegado AD-HOC: El sistema debe adaptarse a los cambios en la conectividad de la red como resultado de las fallas del nodo.
- Tolerancia a fallas: El no funcionamiento o falla de un sensor no debe afectar el funcionamiento de la red; si un nodo falla, los protocolos MAC y de ruteo deben re direccionar la información. Esto puede requerir ajustes en la potencia de transmisión y las tasas de señalización en los enlaces existentes para reducir el consumo de energía o re direccionar los paquetes hacia regiones de la red con mayor disponibilidad de energía. Es decir, se requieren niveles de redundancia para la tolerancia a fallas.

¹ AD-HOC: Este tipo de conexión, permite realizar una red entre dos o más computadores, sin necesidad de router, AP, etc, simplemente usando la tarjeta de red inalámbrica que se encuentre instalada y unos sencillos pasos de configuración

- Escalabilidad: La estructura de la red debe ser capaz de trabajar con un número grande de sensores. Los cambios en la densidad, tamaño, y topología de la red, no deben afectar las tareas y operación de la red de sensores. Los protocolos de ruteo deben ser lo suficiente escalables para responder a los eventos en el ambiente.
- Conectividad: Los sensores están altamente conectados.
- Control de overhead. Cuando el número de retransmisiones se incrementa debido a colisiones, la latencia y el consumo de energía también se incrementan. El overhead se incrementa linealmente con la densidad. Como resultado, debe haber un compromiso entre la conservación de la energía, auto configuración, falla por nodo y latencia que puede existir.

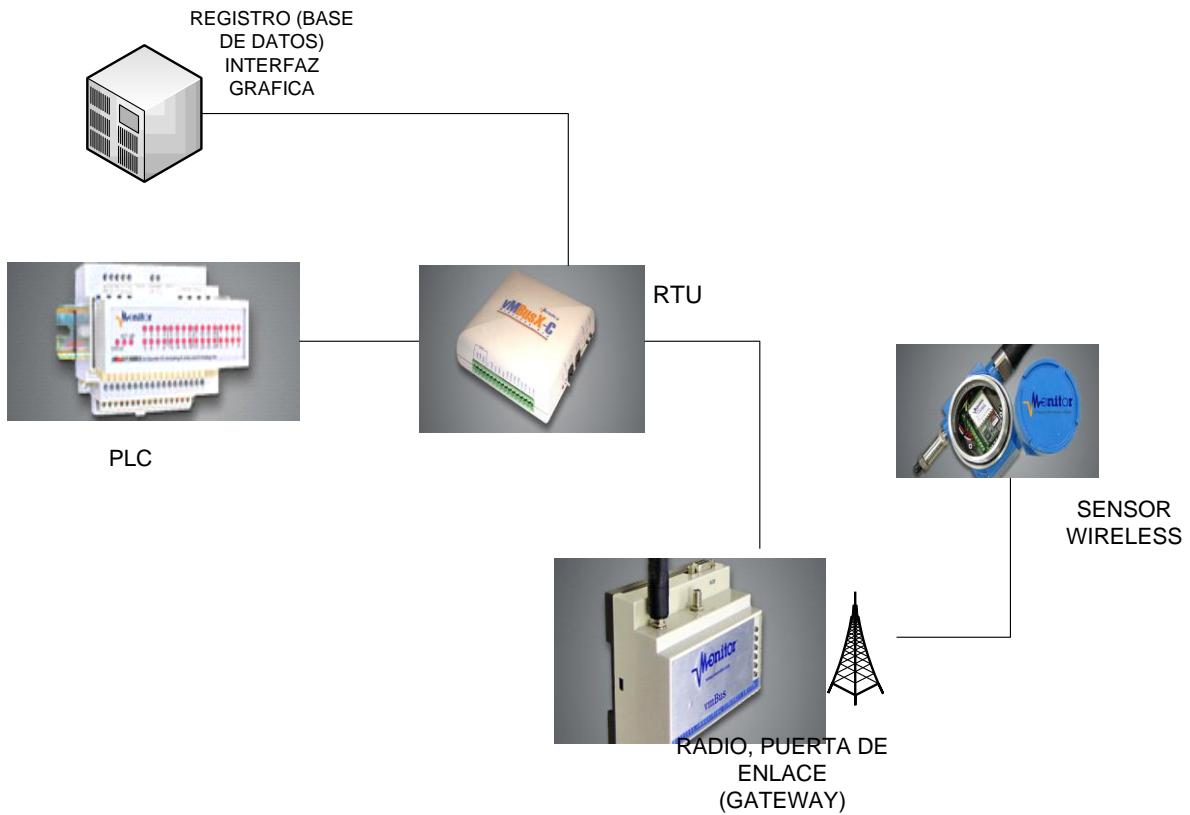
3.2 Redes inalámbricas

Las redes de sensores inalámbricos se encuentran conformadas por un conjunto de dispositivos, dentro de los cuales se incluye: nodos de sensores, tarjetas de acondicionamiento, puerta de enlace, bases de datos, aplicaciones cliente servidor.

En la figura 1 se observa un es esquema general de una red WSN (Prototipo de una Red Inalámbrica de Sensores para Monitorización Industrial); en dicha organización los sensores son los componentes que obtienen medidas directamente del sistema físico, es decir, se encargan de la actividad de adquisición de los datos. Se tiene los elementos de control o PLC (*Programmable Logic Controllers*), con los que se almacenan temporalmente los valores recolectados por los sensores e implementar algoritmos de control, en función de estos valores. Los elementos de control son los encargados del análisis de los datos y de su transmisión a una estación central para su posterior visualización o almacenamiento. También puede encargarse de actividades de retroalimentación simple.

El almacenamiento y gestión de los datos recolectados es realizada por las Bases de datos; la aplicación Cliente/Servidor hace posible el manejo global del sistema y la generación de reportes. En conclusión, estos componentes se encargan del despliegue o visualización de los datos, también sirven como GIU (interfaz grafica de usuario) para que los operadores puedan interactuar directamente con el sistema.

Figura 1. Ejemplo de una red de sensores inalámbricos (WSN)



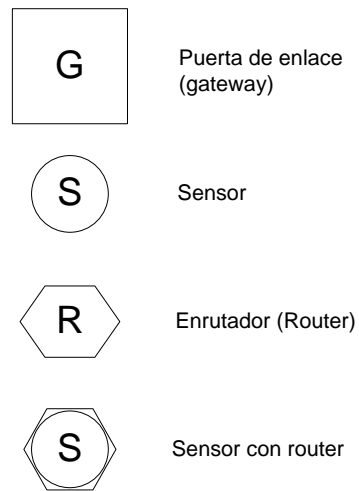
Fuente: basada en información encontrada en,
http://www.vmonitor.com/docs/case_studies/O&G_article_2005_Nigeria.pdf

3.2.1 Topología de red

Se puede implementar varios tipos de arquitecturas para implementar una solución **WSN**, estas puede ser: estrella, malla o híbrida (estrella y malla); cada topología tiene consigo ventajas, desventajas, desafíos, etc.

Para comprender cada una de las diferentes topologías de red, es necesario entender la simbología presentada en la figura 2.

Figura 2. Elementos de una topología de una WSN



Fuente: Basada en información encontrada en:
[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A019E9833DCF2819C1257199004E5DD2/\\$File/39-42%20M631_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A019E9833DCF2819C1257199004E5DD2/$File/39-42%20M631_SPA72dpi.pdf)

- Puerta de enlace (Gateway): Elementos que se encarga de recoger los datos de la red, como un punto de unión.
- Sensor: Elemento que se encarga de convertir una magnitud física en una señal eléctrica e irradiarla (microondas)
- Enrutador: Dispositivo que se encarga de direccionar la información enviada por sensores, o nodos hacia un punto específico para tratamiento de la información
- Sensor con Router: Sensor con Router incorporado quien envía la información hacia un punto específico sin necesidad de una puerta de enlace.

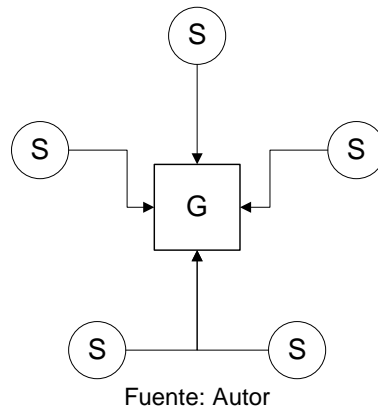
3.2.1.1 Topología en estrella

En este tipo de topología los dispositivos se conectan por medio de una puerta de enlace (Gateway) y luego esta con otros dispositivos (PLC, computadores, etc) por medio de un red cableada.

La información es enviada da un solo salto, la Gateway transmite datos al exterior y permite monitorizar la red, los nodos finales (sensores) no intercambian información directamente, esto es realizado mediante la puerta de enlace, suponiéndose que se requiere compartir información entre nodo.

Este tipo de topología tiene un menor consumo de energía, y tiene el inconveniente que no se tiene un camino alternativo de comunicación (ruta de backup), es decir, llegado el caso en que algún nodo pierda su comunicación la información no podrá ser enviada, y se sufrirá pérdida de la misma.

Figura 3. Topología en estrella



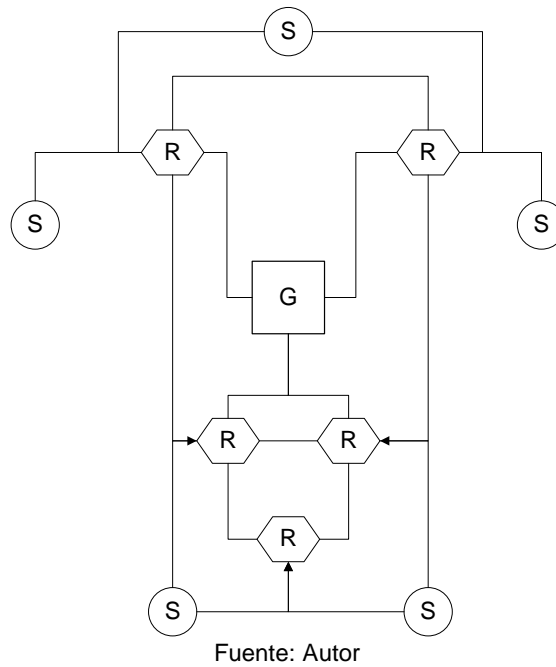
3.2.1.2 Topología en malla

Este tipo de topología tiene la característica de ser multisalto, donde todos los nodos y router son idénticos. Cada nodo puede recibir y enviar información a otro nodo, y hacia la puerta de enlace, es decir, los nodos pueden intercomunicarse entre sí.

En teoría este tipo de red permite una extensión ilimitada, este tipo de configuración es tolerable fallos, ya que cada nodo tiene varias rutas de comunicación con la puerta de enlace (Gateway).

Una deficiencia de este tipo de topología es que dependiendo del número de nodos y la distancia entre ellos, la red puede experimentar periodos de espera largos a la hora de enviar y/o recibir información. En la figura 4 se observa un esquema de este tipo de topología.

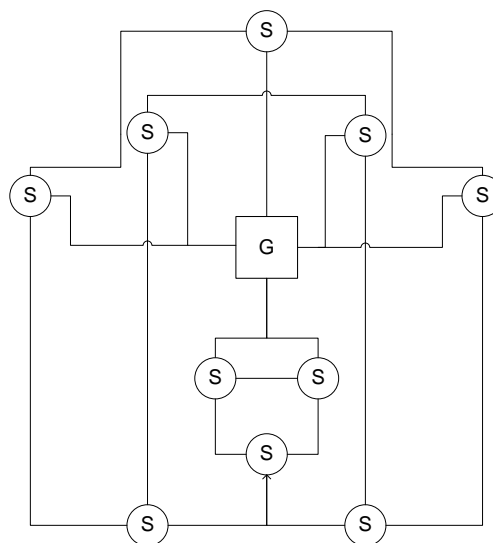
Figura 4. Topología de red en malla



3.2.1.2 Topología híbrida malla- estrella

Esta topología, tiene características de la topología malla y estrella, es decir, la simplicidad y el bajo consumo de energía, así como la posibilidad de cubrir una gran extensión y de reorganización ante un fallo en algún canal de comunicación de un nodo. En la figura 5, se observa este tipo de topología.

Figura 5. Topología de red híbrida



3.3 Normatividad

Las Redes de Sensores Inalámbricos, tiene que regirse bajo un sistema de normas debido a funcionamiento, ya que este tipo de sistema se comunica a través de señales de radio, por lo cual tiene asignado un espectro de la señal electromagnética para conseguir la comunicación entre los dispositivos de la red.

El estándar que fija las condiciones para que este enlace se produzca es el IEEE 802.15.4 y 802.11. En la parte 15-4 de la 802.15.4: trata sobre Wireless Medium Access Control (MAC) y la capa física (PHY). Este estándar se encuentra en el nivel 2 (Enlace de datos) del modelo OSI² (Figura 6). Aquí las unidades de la información digital (bits) son gestionados y organizados para convertirse en impulsos electromagnéticos (ondas) en el nivel inferior, el físico.

Tabla 3. Características de la norma 802.15.4

Frecuencia	Número de canales	Cobertura	Velocidad (Kb/s)
868-868.6 MHz	1	Europa	20/100/250
902 -928 MHz	10	Estados Unidos (EUA)	40/250
2.40-2.48 GHz	16	Mundial	250

Figura 6. Modelo OSI



Fuente:

http://1.bp.blogspot.com/_GD_DcKMfSIs/RdqNw9VVjII/AAAAAAAAADM/EV5HsVQYyVg/s400/modelo+osi.JPG

² Interconexión de Sistemas Abiertos (**OSI**, Open System Interconnection)

Tabla 4. Características de la norma IEEE 802.11

Norma	Velocidad (Mbps)	Frecuencia (GHz)
802.11 a	54	5
802.11 b	11	2.4
802.11 g	54	2.4
802.11n	108	2.4

El ancho de banda definido por el estándar 802.15.4 es de 5 MHz en la banda de 2,4 GHz (aunque en la práctica sólo se usan 2 MHz) y la tasa de transferencia de datos máxima es de 250 Kbps. Además, especifica el uso de "Direct Sequence Spread Spectrum" y el uso de "Offset Quadrature Phase Shift Keying" (O-QPSK) con forma de pulso media onda sinusoidal para la modulación de la frecuencia portadora. El estándar 802.15.4 Permite configuraciones "punto - punto" o "punto - multipunto". Las frecuencias definidas por el estándar IEEE 802.15.4 se reparten entre los 27 canales disponibles que se muestran en la tabla 1.

La norma IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana. Campo en que actualmente están incursionado los fabricantes de dispositivos industriales, debido a que dicho estándar permite un mayor ancho de banda, mayores distancias y un mejor QoS.

Wifi N ó 802.11n, en la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y/o g, sin embargo el estándar 802.11n alcanza ancho de banda de 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar.

3.4 Wireless Hart

El estándar WirelessHART, publicado en septiembre de 2007, se basa directamente en el protocolo HART, pero es independiente de la ruta de transferencia física. HART utiliza una banda de 2,4 GHz (sin licencia y de uso en todo el mundo) como medio de transferencia para varias tecnologías de radio, incluido WLAN, Bluetooth y ZigBee. Con el fin de evitar colisiones en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, WirelessHART lleva a cabo una búsqueda especial de los canales no utilizados en esta banda de frecuencia y comprueba las interferencias mutuas de las tecnologías de radio.

Una red wireless está formada por:

- Instrumentos de campo. Puede ser un instrumento de campo con protocolo wireless HART o un antiguo instrumento HART con un adaptador wireless HART.
- Puertas de enlace (Gateway), permite la conexión de la red con el Host.
- Un gestor de Red (Network Manager), que permite configurar la red.

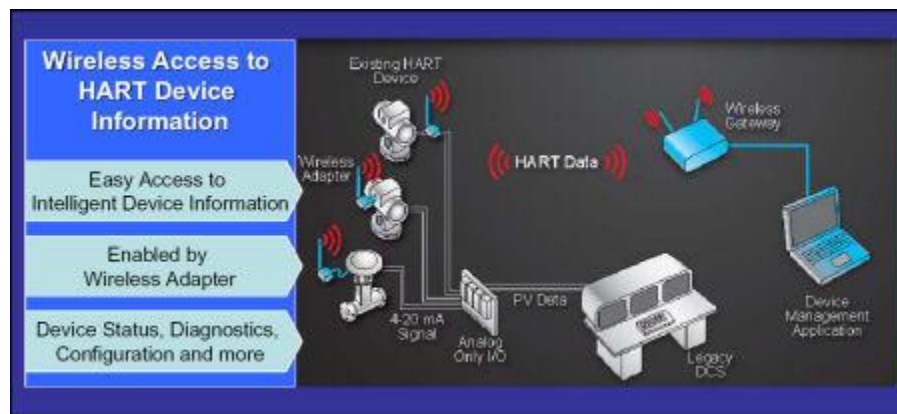
WirelessHART utiliza una red de malla donde todas las estaciones de radio componen una red en la que cada estación participante actúa simultáneamente como fuente de señal

y como repetidor. El transmisor original envía un mensaje a su vecino más próximo, que transmite este mensaje, hasta que el mensaje llega a la estación base y al receptor real.

De este modo, la red cubre un área grande. Además, en la fase de inicialización se configuran rutas alternativas. En el caso de que el mensaje no se pueda transmitir en una determinada ruta, por ejemplo, debido a un obstáculo o un receptor defectuoso, el mensaje se pasa automáticamente a una ruta alternativa. Además de la cobertura de áreas de mayor tamaño, se incrementa la fiabilidad de la transmisión

Respecto a factores como disponibilidad, rutas de transmisión y velocidades, hacen énfasis a la tecnología de radio. Y el concepto WirelessHART ofrece una integración perfecta en las infraestructuras existentes, con accesibilidad simultánea a nuevas estructuras.

Figura 7. Diagrama de una red con protocolo Wireless HART



Fuente: <http://www.pepperl-fuchs.es/cps/rde/xchg/spain/hs.xsl/3869.htm?rdeCOQ=SID-27E5D280-FD59D0F>

3.4.1 Ventajas de *WirelessHART*

Ya que el desarrollo de *WirelessHART* tuvo su fundamento en los mismo principios que rigieron el desarrollo de HART con cables: los niveles de comunicación y aplicación forman parte de la solución, y el protocolo propiamente dicho se mantiene lo más sencillo posible.

La semejanza de las normas permite sacar un mayor beneficio de los instrumentos ya instalados en plantas y procesos ya constituidos (por ejemplo, plataformas marinas de exploración y explotación de crudo).

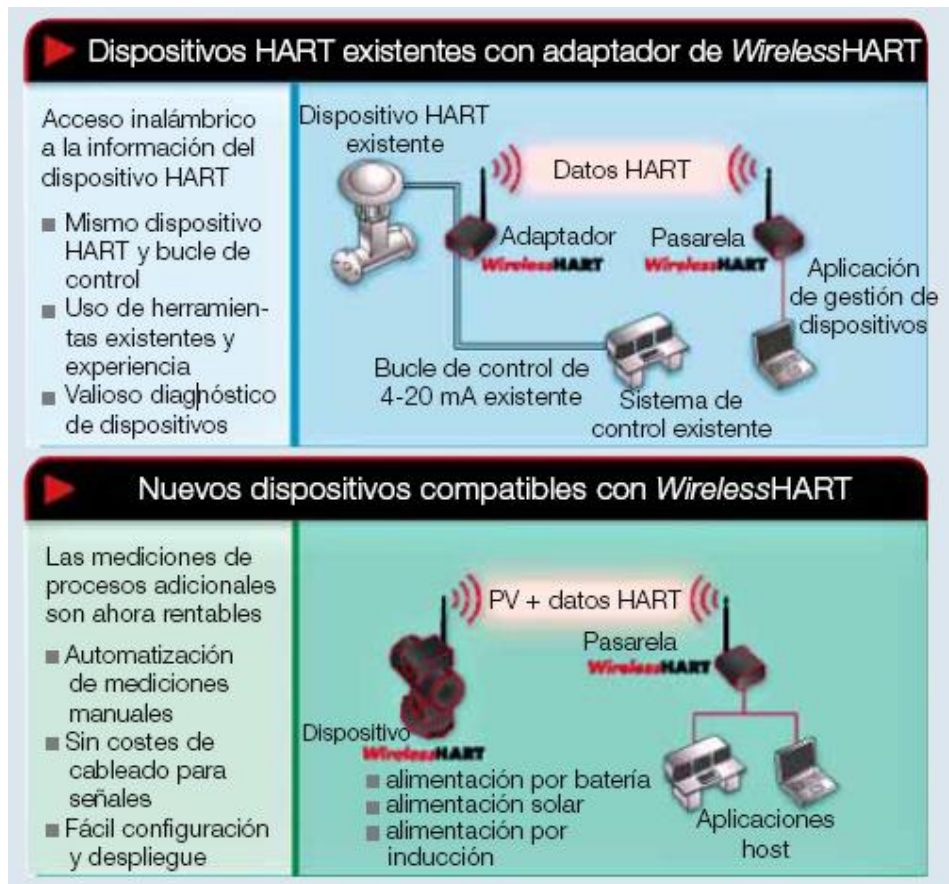
Un sencillo adaptador *Wireless*-HART en el instrumento actual puede aportar la funcionalidad extra que falta y potenciar el rendimiento del sistema de control en su conjunto. De este modo, el canal inalámbrico permite el control del estado tan necesario en la etapa final de la explotación (en el sector petroquímico)

Este protocolo se fundamenta en la norma 802.15.4, que proporciona las capas de nivel inferior de la pila de comunicaciones. La norma IEEE se centra en la comunicación ubicua a baja velocidad y de bajo coste entre dispositivos con poca infraestructura o sin ella. El uso de la 802.15.4 como base garantiza una tecnología de radio fiable y numerosos proveedores tecnológicos.

La radio 802.15.4 ofrece un alcance mínimo de 10 metros según la especificación, y una velocidad de transferencia de 250 kbps. Pero con equipos de radio y amplificadores de potencia más sensibles, *Wireless*HART podría alcanzar distancias de hasta 200 metros (en línea de vista). *Wireless*HART se desarrolló para admitir las siguientes aplicaciones:

- Localización de averías de dispositivos sobre el terreno.
- Control del diagnóstico y el estado de dispositivos.
- Control de datos críticos con requisitos de funcionamiento más estrictos.
- Control del proceso de supervisión.
- Calibración.
- Puesta en marcha.

Figura 8. Uso de *WirelessHART* en aplicaciones nuevas y existentes



Fuente: Hasta la última gota. Cómo apoya la comunicación inalámbrica la prolongación de la vida útil de la producción de petróleo y gas. Egil Birkemoe, Jan-Erik Frey, Stefan Svensson, Paula Doyle

4 SENSORES Y PUERTA DE ENLACE

Durante el desarrollo de este capítulo, se describirá el funcionamiento básico de los sensores inalámbricos más usados en la industrial del sector petrolero, enfoque industrial en que se centraliza nuestro trabajo.

En capítulos anteriores, se ha mencionado el termino puerta de enlace (Gateway) pero no se trató con profundidad dicho aspecto, durante el transcurso de este capítulo se hablara de la importancia de dicho elemento, como interconector de nodos.

4.1 Sensores inalámbricos

Un sensor es un dispositivo físico que capta propiedades físicas, biológicas, químicas, etc de un entorno particular y las convierte en una magnitud eléctrica; el sensor inalámbrico realiza esta operación, pero el medio en que envía la información a su destino pasa de ser cableada (tradicional) a un medio no cableado (inalámbrica), esta operación es realizada mediante señales de radio frecuencia y aplicando protocolos como el WAP (Wireless Application Protocol, es decir, Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas).

Los avances tecnológicos han hecho que estos sensores sean cada vez más eficientes, más económicos. Un aspecto muy trascendental para el funcionamiento de dichos elementos es la alimentación eléctrica. Dicho tema se ha ido perfeccionado, se tienen soluciones como:

- Dispositivos con capacidad de tomar energía de alimentación del ambiente
- Sistema de carga por energía solar
- Consumo eficiente de energía que hace que las baterías en caso de que la utilicen tengan un periodo de vida útil de más de un año.

En el enfoque de sector petrolero encontramos que los sensores de mayor auge en utilización de tecnología inalámbrica son:

- Sensores de nivel
- Sensores de caudal
- Sensores de presión
- Sensores de temperatura

Estos sensores, tiene su interfaz de monitoreo, esta diverge de acuerdo al fabricante y con respecto a este tema, en el entorno industrial petroquímico se encuentran diversidad

de fabricantes con sus respectivos casos de éxitos en la implementación de estas soluciones:

- Vmonitor

<http://www.vmonitor.com/>

Este fabricante tiene varios caso de éxitos en implementación de sistemas de instrumentación y SCADA Wirelees, alguno de ellos hace referencia la Pipeline (ducto) de PEMEX. El link correspondiente a dicha información es:

<http://petroquimex.com/030408/articulos/13.pdf>

- ABB

<http://www.abb.com>

Fabricante de varios elementos industriales para diversos campos y sectores industriales; uno de los casos de éxitos en tecnología wireless industrial, es la exploración y explotación de crudo en el atlántico norte. La información se puede encontrar en el siguiente link:

[http://library.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/497c073061d94020c12574270041fdd8/\\$File/63-66%201M815_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/497c073061d94020c12574270041fdd8/$File/63-66%201M815_SPA72dpi.pdf)

- EMERSON

<http://www2.emersonprocess.com/enUS/plantweb/wireless/Pages/WirelessHomePage.aspx>

En el portal indicado se encuentra la división de solución wireless. Una solución particular de dicha tecnología se puede observar en el caso donde la Red Smart Wireless de Emerson Mejora el Monitoreo de Plantas de Generación para la Producción de Energía más Eficiente en México, el link presentado a continuación tiene la información del proyecto:

http://www.emersonprocess.com/mexico/resources/new_2-casosdeexito.pdf

4.2 Puerta de Enlace Inalámbrica

Las funciones de este dispositivo son:

- Interconectar cada uno de los elementos de la red de sensores inalámbrica (WSN)
- Extender el alcance de la red, en cuanto a cobertura
- Permitir el acceso a la información a través de dispositivos móviles (pocket pc, etc)
- Re direccionar la información hacia la estación central, monitoreo y/o de control.

Dependiendo del fabricante, las funciones pueden variar, pero sus funciones básicas son denotadas anteriormente, como:

- Algunas tienen funciones de radio, es decir, proporcionar una auto ganancia para la calidad de la señal
- Evalúa la forma eficiente de prestar un servicio de transporte de paquete, estableciendo políticas de QoS.

5 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA WSN

En este capítulo se describirá los principales aspectos para tener en cuenta para implementar un sistema de redes de sensores inalámbricos con énfasis en el sector petrolero, de manera que el lector pueda fundamentar los conocimientos teóricos orientándolos hacia un ambiente práctico.

Para que una red de sensores inalámbricos sea eficiente y fiable, se debe tener en cuenta dos principales aspectos:

- Planeación de la red
- Instalación de la red e integración de los datos.

Estos son los principales aspectos a tratar dentro de este capítulo, ya que con estos temas se podrá dar una orientación hacia la necesidad real de la implementación del sistema WSN.

Las redes auto-administradas se basan en la topología tipo malla, son denominadas auto-administradas, porque los dispositivos que la componen tienen la capacidad de determinar automáticamente, la mejor ruta para enviar la información.

Esta es la razón primordial, del por qué se pueden llegar a niveles de confiabilidad tan altos como el 99%. Un factor de vital importancia en las redes de sensores inalámbricos es la protección de la información, de ahí que actualmente se métodos de cifrado, Autenticación, Verificación, anti-Jamming y Administración de Claves, que aseguran que la transmisión de la información es recibida única y exclusivamente

5.1 Planeación de la red

En los numerales presentados a continuación se describirá los principales aspectos en relación a la planificación de la red de sensores inalámbricos dentro de la planta

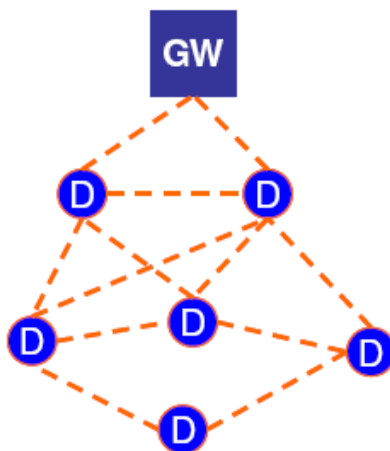
5.1.1 Conceptualización

Para la planeación de la red hay que tener en cuenta los dispositivos de campo, estos elementos se encuentran localizados en la planta, directamente al proceso, son los encargados de las mediciones. En la red auto-administrada (figura 7), los dispositivos de campo son elementos que participan en la transacción de los datos de la red al sistema de información. Sirven además como repetidores.

La selección de la Puerta de enlace es de vital importancia, que este dispositivo maximiza la disponibilidad de la información en una red auto-administrada

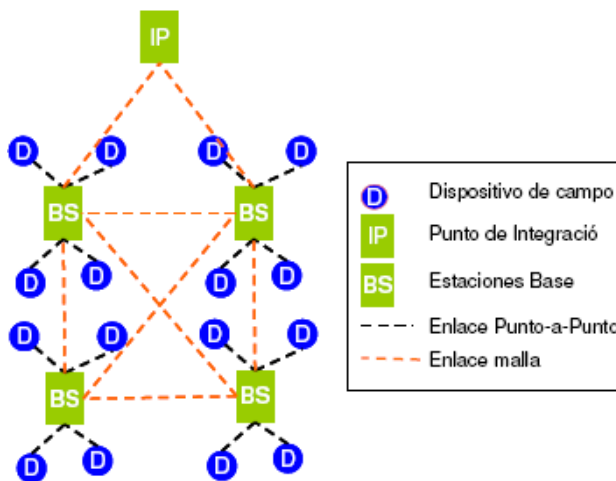
Existen fabricantes, ofrecen la topología tipo malla (mesh), Figura 8. Al implementarse la topología mesh, no significa que la red sea auto-administrada; en este tipo de configuración se observa que quienes establecen la topología tipo malla son unos elementos intermedios que funcionan como Estaciones Base.

Figura 9. Red auto-administrada



Fuente: Tomado del portal electrónico,
<http://www.iycsa.com.co/portal/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=9>

Figura 10. Red de topología malla



Fuente: Tomado del portal electrónico,
<http://www.iycsa.com.co/portal/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=9>

Los dispositivos de campo, son los encargados de la medición de proceso, presentan una topología punto-a-punto, la cual se caracteriza por:

- Limitaciones en cuanto a la confiabilidad en la transmisión de la información
- Alto consumo de energía, y potencia de transmisión

En tipo de red mesh o malla, si por alguna razón, una de las Estaciones Base sale de operación, los dispositivos de campo relacionados a ella, también salen de operación, ya que estos no tienen la capacidad de re-establecer por su cuenta los nuevos lazos de conexión.

Se concluye que todas las redes auto-administradas son topologías malla con alto nivel de inteligencia. Pero no necesariamente, una red tipo malla es del tipo auto-administrada.

El primer paso es responder una pregunta fundamental:

¿Donde están los datos?

Y en base a la respuesta de esta pregunta, se puede ahondar más y definir, para ellos también es conveniente cuestionarse sobre:

¿Cuáles aplicaciones en mi planta son de monitoreo?

¿De estas aplicaciones de monitoreo, dónde se encuentran estos puntos de medición?

Si la planta es de gran tamaño (físico) y además consiste de varios puntos de medición, es necesario visualizar el proyecto, asumiendo que existirá únicamente una unidad de procesamiento.

Esto permitirá que tanto la red auto-administrada, así como a la información del proceso, fluya a través del *Gateway*, siguiendo la misma estructura física y organizacional que tiene la planta. Esto ayuda a reducir la cantidad de dispositivos requeridos, así como asuntos relacionados a la posesión de la información, y en general le da un sentido general de dirección al flujo de la información.

Si la planta es pequeña en tamaño, es bueno considerar el diseño de la red inalámbrica, como si fuera un elemento que pertenece una planta de mayor tamaño. Tomar en cuenta, que no se existe ninguna diferencia si se trata de un proceso ubicado bajo techo, o a la intemperie.

Si la unidad de proceso tiene un diseño complejo (industria petroquímica), entonces puede ser apropiado considerar una red inalámbrica para cada etapa del proceso que conlleva al proceso y/o producto final. Para plantas que contienen una gran cantidad de cubículos o sub zonas encerradas en metal o concreto, pueda que sea necesario concebir cada sub zona como una unidad de proceso.

Al finalizar el proceso de conceptualización de la red, es recomendable y aconsejable buscar un plano o diagrama de la planta o del área de trabajo a escala.

5.1.2 Previsión y Ubicación de los dispositivos de la red Inalámbrica

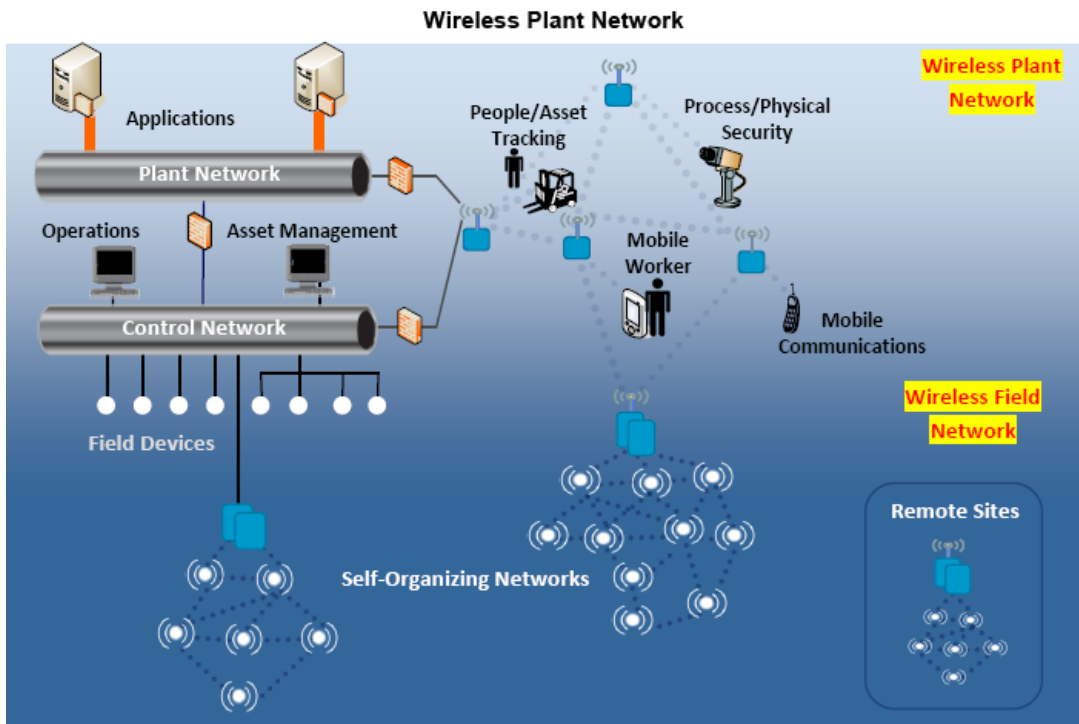
Habiendo realizado el proceso de conceptualización inicial de la red inalámbrica, se procederá con la identificación de los puntos de medición que van a satisfacer el proceso. Es bueno considerar otras aplicaciones que están dentro del plan actual, así como futuros puntos que se puedan incorporar a la red.

La tecnología de redes auto-administradas tiene una tolerancia muy alta para la ubicación de los dispositivos, ya que puede mitigar los efectos de la infraestructura, cosa que no sucede con las redes (también tipo malla), pero que requieren de comunicaciones punto-a-punto con los dispositivos de campo. Es fundamental considerar la adquisición de los datos y posteriormente la conexión de la información.

Si el dispositivo está ubicado en una zona de clasificación explosiva, hay que tomar en cuenta las aprobaciones respectivas. Una red auto-administrada puede mezclar equipos que requieran operar en zonas clasificadas, altamente peligrosas, etc como equipos que no lo requieran.

Como recomendación marcar la ubicación de todos los dispositivos inalámbricos en el plano o diagrama a escala (figuras 9 -11, se visualiza algunos ejemplos de ubicación de sensores y de WPN en diferentes esquemas).

Figura 11. Ejemplo de diagrama de ubicación de equipos



Fuente: Tomado del portal electrónico,
<http://www.iycsa.com.co/portal/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=9>

Figura 12. Ubicación de equipos en diagrama de acuerdo a la operación de la planta



Fuente: Smart Wireless Field Network Solutions, Emerson Process.
http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20PSS%20Services%20Documents/SureService/SDS_Smart_Wireless_Solutions_After_Project_Support.pdf

Figura 13. Diagrama de ubicación de señores y demás elementos de acuerdo a estructura funcional para el diseño de una planta de red inalámbrica (WPN)



Fuente: Smart Wireless Field Network Solutions, Emerson Process.

http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20PSS%20Services%20Documents/SureService/SDS_Smart_Wireless_Solutions_After_Project_Support.pdf

5.1.3 Mapeo y Conectividad

Dentro de las redes auto-administradas existentes tres causas relacionadas con la conectividad:

- Los dispositivos de campo están fuera de rango entre ellos
- Que la ruta de conectividad esté bloqueada por una obstrucción mayor
- Que los dispositivos inalámbricos estén confinados en un área cerrada

En el plano, diagrama, esquema, etc de la planta, con la ubicación de los dispositivos de campo marcada, es recomendable dibujar las líneas de conexión entre todos los dispositivos de campo inalámbricos que satisfagan cualquiera de los siguientes criterios:

- La distancia entre dispositivos inalámbricos con línea vista debe ser menor de 250 metros, aplicando la correcta escala del plano.
- La distancia entre los dispositivos inalámbricos con infraestructura pesada de por medio, debe ser menor a 150 metros, aplicando la correcta escala del plano.

Es de vital importancia tener presente, que bajo las siguientes circunstancias no debería existir comunicación entre los dispositivos:

- Si el camino entre los dispositivos inalámbricos cruza una obstrucción, como un edificio grande o una unidad de proceso entera.
- Si un dispositivo está confinado en un área cerrada, como un cuarto de concreto, que lo aísla totalmente de otros dispositivos inalámbricos.

Es recomendable que por cada dispositivo inalámbrico, se cuente con al menos dos líneas de conexión con dispositivos inalámbricos adyacentes.

Para fortalecer la conectividad de la red, se puede agregar puntos de medición adicionales, de lo contrario, utilizar un *extensor de rango* (*radio y/o Gateway*) para robustecer la conectividad.

En cuanto a las conexiones aisladas (por ejemplo, confinadas en un cuarto cerrado de concreto), existen varias opciones para lograr conectividad. La primera alternativa es colocar el transmisor fuera del área, instalándolo con una conexión remota (por ejemplo, una RTD en el proceso, con el transmisor ubicado en forma remota, fuera del cuarto). La segunda alternativa es utilizar un *extensor de rango* cerca del área de interés. La señal de radiofrecuencia penetra algunas estructuras, pero el resultado final es el debilitamiento de la señal, lo que hace que se requiera una medición o un extensor, en un punto más cercano de lo normal.

Si no se utilizan puntos de medición adicionales o *extensores de rango*, se puede ver sacrificada la confiabilidad de la red, en especial en estos casos de dispositivos en zonas confinadas.

Al utilizar los anteriores criterios para conectar los dispositivos, la red inalámbrica resultante será altamente confiable; por lo general los *extensores de rango* no son necesarios.

Si los casos de conectividad van a ser resueltos a través de *extensores de rango*, este debería ubicarse sobre las obstrucciones mayores. Ejemplos de puntos idóneos para instalarlos son, postes de alumbrado, o bien puentes en un segundo o tercer piso. Si el *extensor de rango* se usa para resolver un caso de conectividad entre dispositivos ubicados en una zona muy alta, y dispositivos ubicados en una zona muy baja, este se deberá ubicar en la zona alta, buscando la dirección del dispositivo que se encuentra abajo.

5.1.4 Integración de la red Inalámbrica

Posteriormente a diseño de la red inalámbrica, es necesario ubicar el Gateway, integrar la red inalámbrica con el Gateway e integrar el Gateway con el sistema de información para así establecer el flujo de información.

Integración con el Host

Antes de ubicar el Gateway, tanto del diagrama de la red, como instarlo físicamente, es importante comprender los requerimientos de conectividad que requiere el sistema de información con la red inalámbrica auto-organizada. Ethernet inalámbrico, así como Ethernet cableado, provee una óptima conectividad, seguridad e integración de los datos.

En vista de que los sistemas inalámbricos son ideales para complementar los sistemas cableados, los datos no necesariamente tienen que estar integrados en el sistema de control mismo.

Esto es vital en sistemas de control de mucho tiempo, en donde la expansión con módulos analógicos se vuelve difícil y en situaciones donde los operadores no necesitan enfocarse en puntos de medición que no son tan críticos. Es importante escoger la conexión del Gateway que mejor se ajuste al sistema de recolección de información. Si la aplicación requiere de conexión serial utilizando **Modbus**³, es necesario considerar este tipo de enlace a la hora de interconectar las interfaces.

Si la aplicación que se ejecuta dentro del sistema de información requiere un formato TCP, OPC y HTML, entonces, una conexión Ethernet Inalámbrica o Ethernet cableada puede ser la solución.

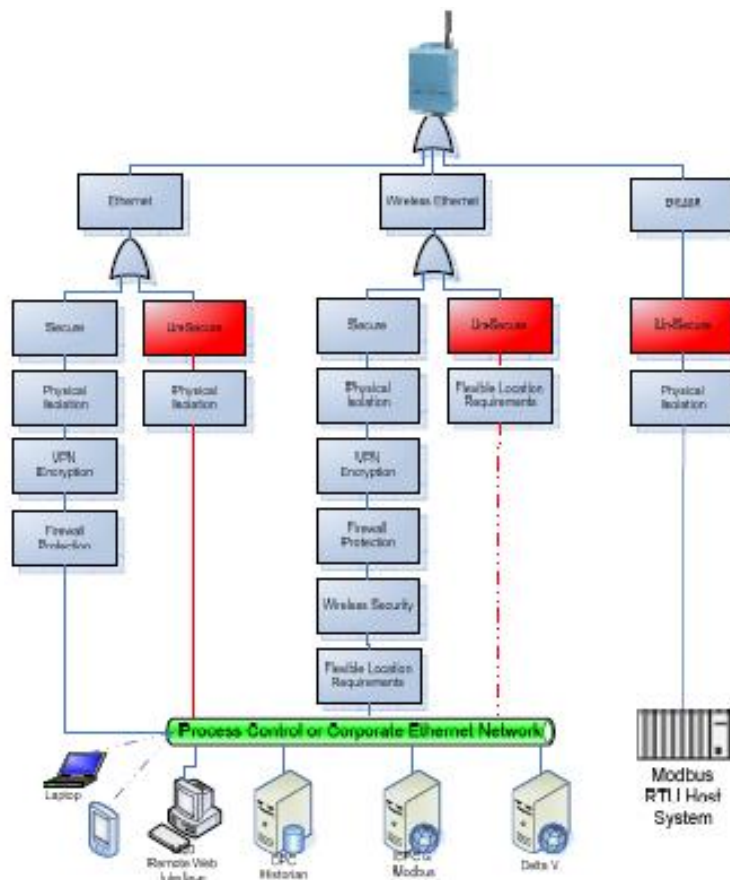
La conectividad a través de Ethernet, provee una integración avanzada que incluye tanto el paso de datos del campo, como el acceso remoto para configurar y diagnosticar el Gateway. La ventaja adicional de Ethernet inalámbrico, es que puede proveer un lazo entre inalámbrico, en aquellos puntos donde establecer un lazo cableado no es posible.

Este enlace inalámbrico, puede tomar la forma de conexión inalámbrica Ethernet punto-a-punto usando dos radios Ethernet, o bien un radio Ethernet puede ser utilizado para enlazar el Gateway, con una red local Ethernet inalámbrica existente en la planta.

³ Modbus: Protocolo de comunicaciones, que se encuentra ubicado en el nivel 7 del Modelo OSI permite el control de una red de dispositivos, hacia un computador. Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). <http://www.modbus.org/>

Los protocolos en Ethernet, también proveen la base para una implementación avanzada en materia de seguridad. Por el contrario, con los sistemas de comunicación serial, el usuario está limitado al aislamiento físico de los componentes y es incapaz de poder cifrar los datos, o bien administrar el acceso a ellos, debido a las limitaciones en seguridad que posee **Modbus**.

Figura 14. Integración de un sistema de información de una planta al red de sensores inalámbricos (WSN)



Fuente: Tomado del portal electrónico,
<http://www.iycsa.com.co/portal/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=9>

5.3 Instalación e Integración de datos en la red inalámbrica

Con la integración e integración de la red inalámbrica se busca unificar la red de sensores inalámbricos (WSN) y los datos del proceso, sea integrándolos a una distribución SCADA

5.3.1 Consideraciones en la Instalación

Se recomienda siempre instalar de primero el Gateway, y posteriormente los dispositivos de campo. De esta forma, se garantiza que los dispositivos de campo se pueden entrar en funcionamiento como se van instalando, y al mismo tiempo, se tiene la integración del Gateway con el sistema de información.

En cuanto a los Recursos de Instalación, los mismos recursos y personal que normalmente instalan y dan mantenimiento a la instrumentación cableada, puede proveer servicio para la red inalámbrica auto-administrada. Es tal importancia que se lea la Guía Rápida de Instalación (Quick Installation Guide –QIG), que viene con cada uno de los dispositivos. El QIG contiene la información más actualizada referente a la instalación de los dispositivos

5.3.2 Consideraciones en puesta marcha

Al instalarse en primera instancia la puerta de enlace (Gateway) antes que los dispositivos, el usuario podrá observar que la red auto-administrada, servirá como una antena gigante para cualquier dispositivo inalámbrico adicional que posteriormente se agregue a la red actual.

Por lo general los dispositivos inalámbricos salen pre-configurados de la fábrica, basados en la configuración deseada por el usuario, al llenar la Hoja de Configuración, la cual se puede encontrar en la Hoja de Especificación. Cambios futuros en la configuración del dispositivo, o inclusive la calibración del mismo.

Hay configuración que se manejan a nivel estándar pero que varían en menús, presentación de la interfaz, etc, pero encontramos datos como la velocidad de transmisión, datos que se refiere a qué tan frecuente el dispositivo tomará lecturas del proceso y transmitirá esa nueva información al Gateway. A medida que esta frecuencia aumenta, la vida de la batería se disminuye. Si no es requerido que la transmisión sea frecuente, configure el dispositivo de campo con una baja velocidad de transmisión, así logrará una óptima vida de la batería.

Una vez que los dispositivos están en línea y la información se puede ver a través del Gateway, el usuario podrá ver realmente las conexiones entre los dispositivos inalámbricos.

Es fundamental revisar el diseño realizado en MAPEO Y CONECTIVIDAD e identifique si hay conexiones débiles que requieran solución.

Para la integración de la Información es necesario recapitular el tipo de protocolo a utilizar (forma serial y vía Ethernet), con registros Modbus, tags OPC.

5.4 Especificaciones de la red inalámbrica

La red inalámbrica constará de dos elementos primordiales, que son los dispositivos de campo y el Gateway. La red del tipo malla y además será auto-administrada por los dispositivos que la forman. Los dispositivos de campo son aquellos que realizan la medición de las variables de proceso, y adicionalmente, forman parte del trayecto que la información toma para llegar al sistema de información.

El Gateway es el elemento que permite transferir la información que viene de la red inalámbrica auto-administrada, al sistema de información. Todos los dispositivos participan dinámicamente en la red. En caso en que ocurren modificaciones en el entorno de la red, se aumente la cantidad de dispositivos, o bien se re-ubiquen los puntos de medición, no se requerirá de reconfigurar los lazos de conectividad existentes entre los dispositivos.

En caso de existir una trayectoria de transmisión de información más efectiva, la red toma la decisión automáticamente y selecciona el trayecto más adecuado. Así mismo, es necesario que la red inalámbrica suministre el nivel de seguridad de los datos requieren.

Se considera seguridad en la comunicación, a la habilidad de transmitir información verificable desde una fuente confiable a un destino confiable, sin que un tercero interfiera con la información.

En cuanto a los Dispositivos de Campo deberán implementar buenas prácticas en la medición de la variable de proceso, con el fin de aumentar la confiabilidad de la medición.

Algunas recomendaciones para este tipo de elementos son:

- Reducción de las líneas de impulso, piernas húmedas y piernas secas, a través del montaje directo del dispositivo de campo con el elemento primario (en caso de medición de caudal con presión diferencial), o medición de nivel.
- Diagnósticos avanzados que permitan monitorear condiciones de proceso anómalas que impacten en la medición de la variable primaria.
- Que el dispositivo de campo se pueda calibrar en el campo
- Que permita la reducción de frecuencia de mantenimiento al contar con una estabilidad a largo plazo. Se considera largo plazo dos años en la medición de temperatura y cinco años en la medición de presión.

Todos los dispositivos de campo deben contar con una antena omnidireccional que se pueda ajustar su posición en el campo. La antena debe ser del tipo Intrínsecamente

segura, tal que permita al dispositivo operar en una zona de clasificación peligrosa (explosiva). No deben existir restricciones en cuanto a la orientación de la antena.

Los dispositivos deben contar con una batería del tipo Intrínsecamente segura, tal que permita su reemplazo en el campo mientras el dispositivo se encuentra instalado en el proceso, aún abriendo los compartimentos del transmisor en la atmósfera clasificada como explosiva. Esta batería debe ser de Litium-Thionil Chloride y debe tener una vida de 8 años bajo condiciones de referencia.

Todos los dispositivos de campo deben ser capaces de operar en zonas clasificadas como explosivas y con aprobaciones FM (Factory Mutual), como Intrínsecamente Segura y Non-incendive. Intrinsically Safe que satisfaga zonas clasificadas como Clase I/II/III, División 1, Grupos A, B, C, D, E, F, y G. O bien establecida por Zonas: Clase I, Zona 0, AEx ia IIC Temperature Codes T4 ($T_{amb} = -50$ to $70^{\circ} C$) y T5 ($T_{amb} = -50$ to $40^{\circ} C$). Non-incendive para zonas Clase I, División 2, Grupos A, B, C, y D. Basado en los lineamientos del fabricante con respecto a los requisitos.

Todos los dispositivos deben ser tipo NEMA 4X / IP66. Construidos en aluminio con bajo nivel de cobre, con pintura de poliuretano, para uso tanto en exteriores como en interiores. Los radios de los dispositivos deben transmitir Radio Frecuencia en la banda de 900MHz (902 hasta 928 MHz), y además deben utilizar radios con FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) que realizan los saltos en canales que se ubican dentro de esta banda.

En cada una de las transmisiones, el sistema seleccionará automáticamente el mejor canal disponible dentro de la banda, lo que garantizará la confiabilidad del 99% requerida en el sistema. El protocolo de transmisión debe ser HART. La frecuencia de transmisión de los datos debe ser configurable. Puede variar entre 15 segundos y hasta 60 minutos El dispositivo de campo debe ser configurable a través de una herramienta basada en el protocolo HART.

6 GUIA PARA LA IMPLEMENTACION DE REDES DE SENSORES INALAMBRICOS

Durante el desarrollo de este capítulo se describirá los pasos fundamentales para la ejecución de la guía didáctica sobre implementación de redes de sensores inalámbricos.

Como primer paso, se selecciona la carpeta que contiene nuestra guía electrónica (Figura 15), y en la apertura de la carpeta se pincha clic sobre el archivo *index* (figura 16).

Figura 15. Selección de la carpeta que contiene la guía electrónica.

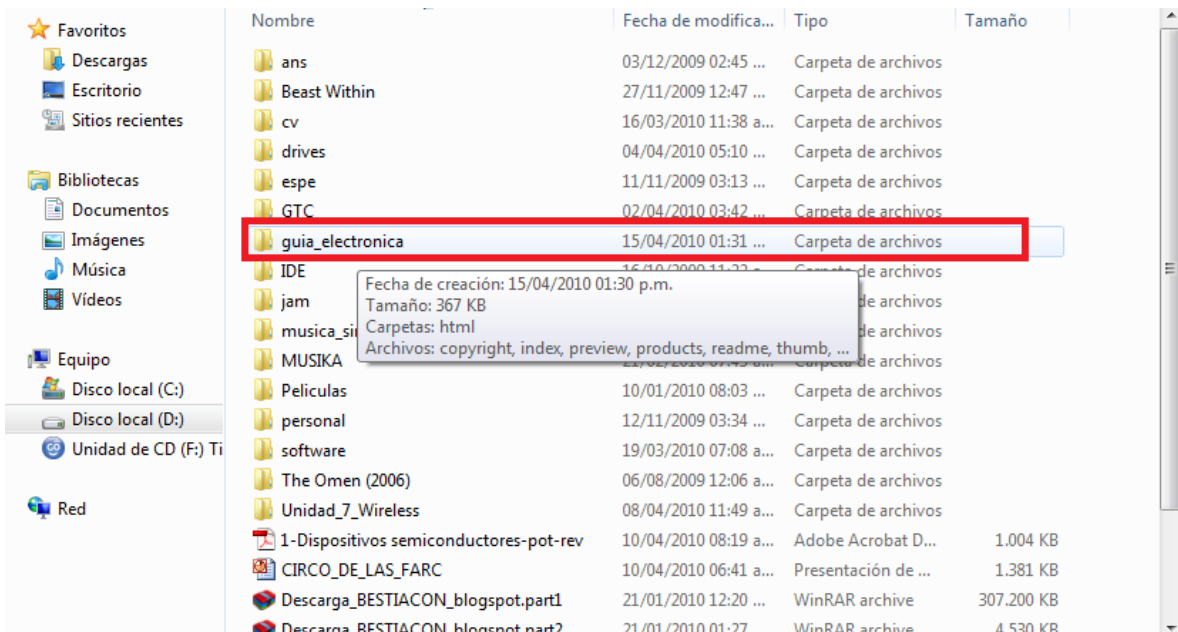
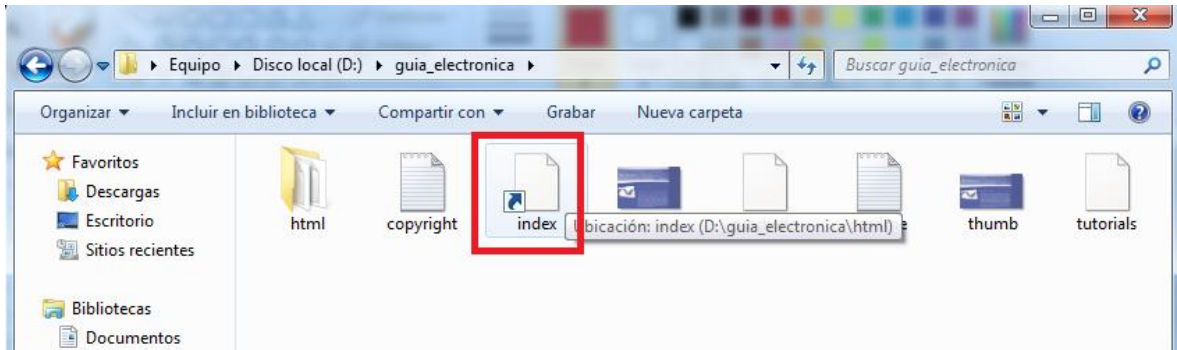


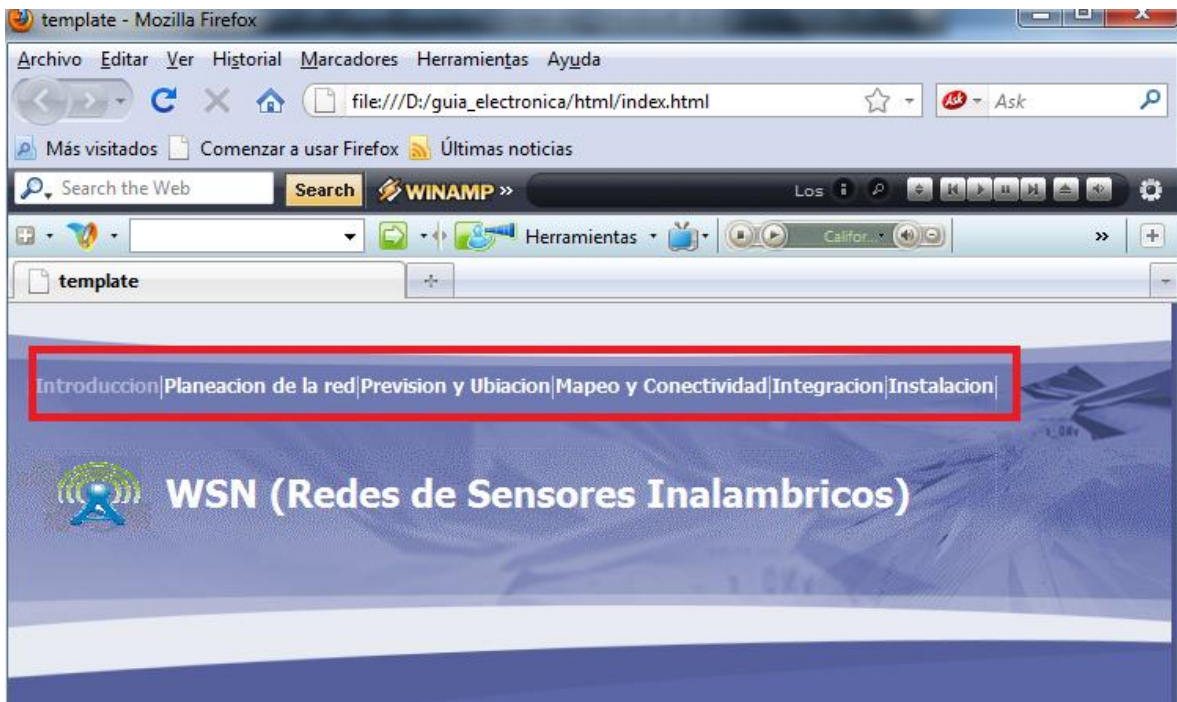
Figura 16. Pinchazo sobre el archivo ejecutable



Inmediatamente se ejecuta nuestra guía (figura 17) en la parte superior se encuentra cada uno de los pasos planteados para el diseño de una red de sensores inalámbricos, estos se encuentran en orden, de manera que el primero corresponde a *Introducción (parte superior izquierda)* y el ultimo a la *parte superior derecha (Instalación)*

Para la ejecución de nuestra guía, simplemente se pincha clic sobre el link sobre el cual se desea obtener información e inmediatamente se presentara la información. Vale la pena aclarar que la guía propuesta es una presentación didáctica de los pasos recomendados a seguir durante el diseño e implementación de una red de WSN.

Figura 17. Ejecución de la guía didáctica



7 CONCLUSIONES

- Con la progresión de la tecnología Wireless, se encuentra en el mercado internacional los dispositivos encargados de interconectar redes cableadas y wireless. Este hecho lo puede ratificar la evolución del protocolo HART, hacia el WirelessHART, lo que permite que los dispositivos actualmente instalados en planta con tiempo de operación ya considerable o no tan considerable pero que desean actualizarse pueda hacerlo sin que el choque de tecnología sea crucial.
- Para el diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN), los principales aspectos dentro su desarrollo son: La Planeación de la red y La Instalación de la red e integración de los datos.
- La implementación de una red WSN, tiene una gran versatilidad, ya que se encuentran diversos fabricantes, con soluciones que se ajustan a presupuestos y objetivos específicos, lo que convierte en esta tecnología en una gran herramienta para la integración de datos del sistema de control de la planta, en un sistema distribuido de información.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Asociación de las industrias del petróleo de Noruega: Potential Value of Integrated Operations on the Norwegian Shelf, 2006.
- [2] Vatland, S.; Doyle, P.; Andersen, T.M., "Operaciones integradas: La creación de la compañía petrolífera del futuro", Revista ABB 3/2007.
- [3] Aakvaag, N.; Frey, J., "Redes de sensores inalámbricos. Nuevas soluciones de interconexión para la automatización industrial," Revista ABB 2/2006.
- [4] Sensores Inalámbricos Realzan la Seguridad y Eficacia de los Ductos en Pemex. Por: Lic. Eduardo Salomón Nader, Director General de VMI Internacional, S.A de C.V.
- [5] Hasta la última gota Cómo apoya la comunicación inalámbrica la prolongación de la vida útil de la producción de petróleo y gas Egil Birkemoe, Jan-Erik Frey, Stefan Svensson, Paula Doyle
- [6] Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación practica. Roberto fernandez martinez, Joaquin, Francisco Javier Martinez, Ana Gonzalez Amrcos, Fernando Alba Elias, Ruben Lostado Lorza, Alpha Veronica Pernia.
- [7] Wireless Instrumentation Driving down installation and maintenance cost with wireless connectivity. The ABB WirelessHART technology offering
- [8] Mejores Prácticas en el Diseño, Planeación e Instalación de un Red Inalámbrica./ Instrumentación Inalámbrica de Rosemount, EMERSON PROCESS MANAGEMENT
- [9] Fundación para la comunicación HART
<http://www.hartcomm.org>
- [10] ISA COLOMBIA, Asociación Colombiana de Profesionales en Instrumentación y Automatización
<http://www.isacolombia.org/>
- [11] EMERSON PROCESS MANAGEMEN
http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/SmartWirelessSolutionsforField_brochure.pdf
- [12] IYCSA, Empresa colombiana dedica a la venta de equipos y de soluciones de Instrumentación y Control Industrial
www.iyca.com.co
- [13] Fabricante sistemas de instrumentación y SCADA Wirelees. Vmonitor
<http://www.vmonitor.com/>

[14] Fabricante de varios elementos industriales para diversos campos y sectores industriales; uno de los casos de éxitos en tecnología wireless industrial. ABB
<http://www.abb.com>