



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

Artículo Técnico

Nombre de Proyecto: “SISTEMA DE MONITOREO DE MONOXIDO DE CARBONO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS Y UNA PLATAFORMA COMO SERVICIO EN LA NUBE PARA UNA RESIDENCIA”.

AUTOR: EDISON MARCELO CARRIÓN ORTIZ

DIRECTOR: ING. EDGAR MAYA MSC.

IBARRA, 2016

Sistema de Monitoreo de monóxido de carbono mediante una red de sensores inalámbricos y una plataforma como servicio en la nube para una residencia

Edgar A. Maya, Edison M. Carrión

Resumen— El presente proyecto consiste en implementar un sistema de monitoreo de monóxido de carbono para brindar seguridad ambiental en una residencia, basándose en una red de sensores inalámbricos y una plataforma como servicio en la nube con el objetivo de salvar y cuidar las vidas humanas de la intoxicación por gases mortales.

Palabras claves — WSN, PaaS (Plataforma como servicio), IoT, IEEE 802.15.4

I. INTRODUCCIÓN

Una gran mayoría de ecuatorianos tienen acceso al servicio de gas natural, consecuente al gran consumo de este y por fallas técnicas de los aparatos en que se los usa, han ocurrido accidentes por la intoxicación de monóxido de carbono, llegando a causar hasta la muerte.

El gas natural es la mezcla de diversos gases como por ejemplo metano, butano, etano, entre otros, el monóxido de carbono aparece cuando existe una combustión incompleta de combustibles de origen fósil como lo son: la gasolina, madera, gas propano, etc. Esta combustión incompleta puede darse o producirse en los hogares, en el uso del gas doméstico, sea para una cocina o para un calefón, los cuales no hayan tenido un continuo mantenimiento. Este monóxido de carbono es incoloro, inodoro lo que hace que sea letal ante la presencia de un ser humano.

El sistema de monitoreo de monóxido de carbono, cumple con la función de alertar a los habitantes de una residencia de cualquier nivel de gas que se esté produciéndose dentro de esta, en caso de que llegue a niveles en donde el ser humano se sienta afectado directamente se generaran alarmas sonoras y alarmas remotas o externas donde se puede avisar así se encuentren fuera de la vivienda. Este sistema es de gran ayuda para la prevención de intoxicaciones, accidentes y hasta muertes.

Este proyecto se lo realizó previo para obtener el título profesional en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte (Ibarra – Ecuador).

E.A. Maya, ejerce la función de docente en la Universidad Técnica del Norte, en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (eamaya@utn.edu.ec).

E. M. Carrión, egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación (emcarrión@utn.edu.ec).

II. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

Las siguientes definiciones y conceptos son necesarios conocerlos para tener bases teóricas en el desarrollo del proyecto.

A. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten a un usuario o dispositivo mantenerse conectado haciendo énfasis a la movilidad y en el no uso de cableado dentro de un área específica que es una de las principales características de una red inalámbrica. Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones. [1]

B. Redes Inalámbricas de Sensores (WSN)

En fin una red WSN se basa en el uso de dispositivos de bajo costo y bajo consumo, que sean capaces de obtener información del entorno que les rodea, procesar esta información y transmitirla por medio de enlaces inalámbricos hacia un nodo central o Gateway. [2]

C. Elementos de una WSN

Una red WSN está formada por varios dispositivos que se encuentran distribuidos en un área específica, los cuales permiten obtener la información de diferentes situaciones que se desea monitorear y controlar.

Los elementos que constituyen una red de sensores inalámbrica son: nodo sensor, Gateway, estación base, como se muestra en la Figura 1.

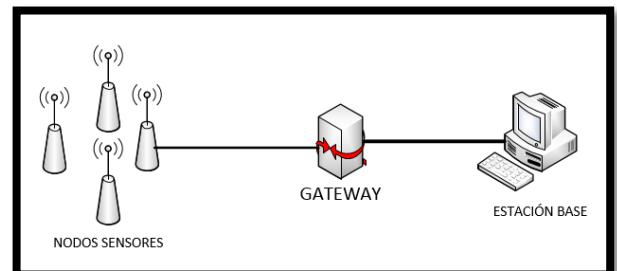


Fig.1 Elementos de una WSN

Una red de sensores inalámbricos típicamente está conformado por:

Nodo sensor

Son dispositivos autónomos los cuales tienen la capacidad de procesamiento, almacenamiento, interfaz de comunicación, el cual le permite formar conjuntos entre diferentes nodos. [3] Constan de un sensor o más sensores, microcontrolador, transceptor, fuente de energía, como muestra la Figura 2.

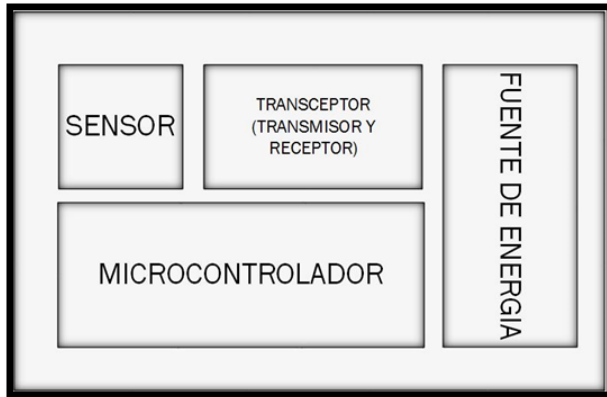


Fig.2 Arquitectura de un nodo sensor

Gateway

Este dispositivo destinado a realizar la interconexión entre la red de sensores y la red de datos, su objetivo es actuar como puente entre dos redes de diferente tipo.

Estación base

Recolector de datos basado en un ordenador común o un sistema embebido. En una estructura normal todos los datos obtenidos van hacia un servidor dentro de una base de datos, así usuarios pueden acceder remotamente a la información obtenida.

D. Topología

Los nodos WSN están típicamente organizados en uno de tres tipos de topologías de red: topología estrella, malla, árbol.

Topología en estrella

Este tipo de topología es un sistema en donde los nodos sensores se conectan directamente con el Gateway, esto implica que solo van a realizar un solo salto al momento de enviar la información.

La topología en estrella es la que menor gasto de energía presenta, pero es limitada por la distancia de transmisión vía radio entre nodos y en caso de que existan fallos en un nodo no se tendrá comunicación alguna o un camino alternativo para este nodo. Como muestra la Figura 3, existe un gateway o coordinador y nodos conectados directamente a este gateway formando así una topología tipo estrella.

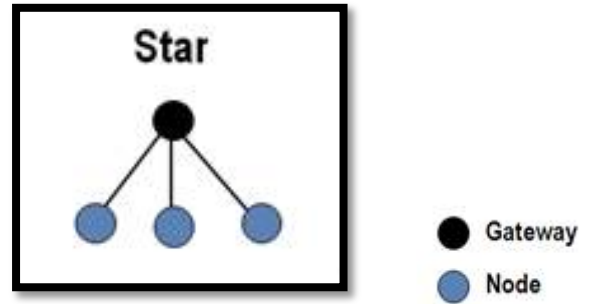


Fig.3 Topología en estrella

Topología en malla

A diferencia de la topología en estrella, en ésta todos los nodos pueden comunicarse tanto con el Gateway o la estación base que con los demás nodos sensores, lo cual permite que exista redundancia en la red WSN.

Esta topología tiene un sistema multisalto, es decir, tiene varias vías por la cual enviar o recibir información por el cual hace una red tolerante a fallos. La propagación de la información desde un nodo hacia el Gateway teóricamente se podría decir que tiene una extensión ilimitada. [2]

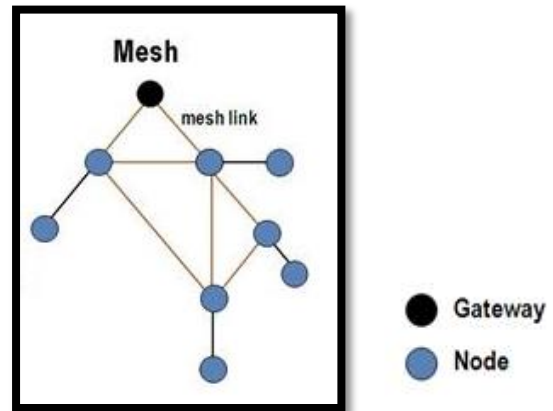


Fig.4 Topología en malla

Topología árbol

Cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y después al gateway, los datos son ruteados desde el nodo de menor jerarquía en el árbol hasta el gateway. En la Figura 5 se muestra el ejemplo de una topología en árbol, estas son conexiones jerárquicas.

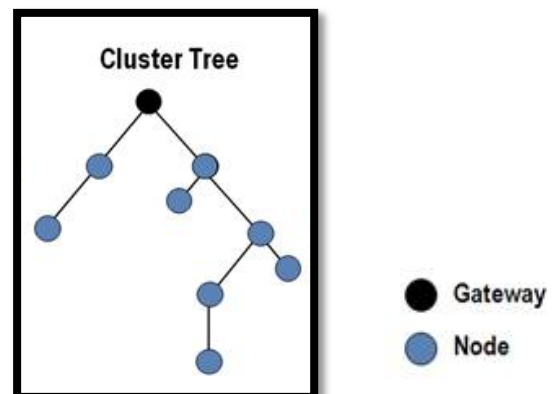


Fig. 5 Topología árbol

E. Aplicaciones de una Red WSN

La movilidad que existe en este tipo de redes, la cual es una gran ventaja ante las redes cableadas, hace que se pueda proponer soluciones a problemas en donde una red cableada es imposible acoplar.

Algunas aplicaciones existentes de las redes de sensores inalámbricos en varias áreas están:

- Monitorización del medio ambiente
- Automoción
- Agricultura de precisión: control de condiciones climáticas
- Medición de características físicas de pacientes
- Control de seguridad de un perímetro ante posibles intrusos
- Aplicaciones militares y de supervivencia

F. Tecnologías Inalámbricas

Al hablar acerca de tecnologías inalámbricas se hace referencia al conjunto de instrumentos y procedimientos de los que se hace uso para la comunicación inalámbrica entre dos o más dispositivos. Esta comunicación generalmente usa enlaces de radio frecuencia.

TABLA 1.

PRINCIPALES TECNOLOGIAS INALAMBRICAS

Tecnologías	Transferencia de datos	Alcance	Frecuencia
WiMax Fijo - 802.16	75 Mbps	10 Km	2 - 11 GHz
WiMax Móvil - 802.16e	30 Mbps	3,6 Km	2 - 6 GHz
Telefonía Móvil 4G	100 Mbps	30 Km	2600 MHz
Telefonía Móvil 3G	14 Mbps	10 Km	900 y 2100 MHz
Telefonía Móvil 2G	400 Kbps	35 Km	900 y 1800 MHz
802.11b	11 Mbps	50 m	2,4 GHz
802.11g	54 Mbps	30 m	2,4 GHz
802.11n	65 a 600 Mbps	100 m	2,4 GHz y 5 GHz
ZigBee - 802.15.4	250 Kbps	100 m	2,4 GHz
Bluetooth - 802.15.1	700 Kbps	10 m	2,4 GHz
RFID	1-2000 Kbps	< 10 m	2,45 GHz y 5,8 GHz

Con estas especificaciones se toma en cuenta que cada tecnología es usada para ciertas aplicaciones, como es el ejemplo del bluetooth, por su velocidad es aplicada en redes domésticas, transferencia multimedia con dispositivos móviles, y en cambio, zigbee está desarrollado para ambiente de monitoreo, como lo es la domótica, sensores médicos, dispositivos los cuales sean dependientes de baterías de larga duración, etc.

G. Estándar IEEE 802.15.4

Con el afán de generar un estándar con el propósito de brindar redes inalámbricas para áreas personales de bajo consumo y de bajo coste surge el protocolo IEEE 802.15.4.

Este estándar está definido para trabajar en las capas física y la subcapa MAC, esto implica que se encarga de definir el nivel físico de la red y el medio de acceso que se tendrá, la Figura 6 muestra las capas en las que trabaja el protocolo 802.15.4., que son las capas Física y MAC.

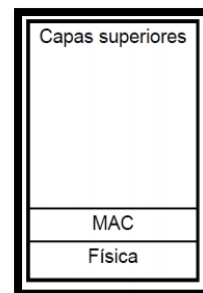


Fig. 6 Modelo estándar IEEE 802.15.4

Capa Física.

La capa física actúa como una interfaz entre el medio de transmisión y las capas superiores, para este caso el medio de transmisión será inalámbrico.

En este estándar se definen 27 de canales de operación de acuerdo a los rangos de frecuencia existentes. Para la PHY de 868/915 MHz soporta un canal entre los 868 y 868,6 MHz y 10 canales entre 902 y 928 MHz. La PHY de 2,4 GHz soporta 16 canales los cuales van desde 2,4 hasta 2,4835 GHz con un espacio entre canales de 5 MHz. [4]

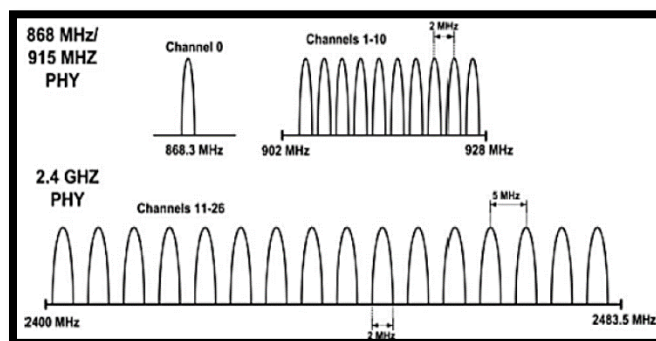


Fig. 7 Estructura de Canales definido por IEEE 802.15.4

Capa MAC.

La subcapa MAC del protocolo IEEE 802.15.4 está encargada de proporcionar la interfaz entre la capa física y las capas superiores y despliega las siguientes características:

- Servicios para que dispositivos puedan asociarse o desasociarse
- Proporciona control de acceso

H. Zigbee

Zigbee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 el cual se lo define con al objetivo de dar soluciones inalámbricas de corto alcance específicamente en hogares, pero al tener una gran acogida se lo ha llevado a diferentes áreas en las cuales se han desarrollado aplicaciones en la medicina, agricultura, entre las más relevantes.

Esta tecnología inalámbrica permite el envío de datos, por lo general información de sensores como también comandos para el control de actuadores, a través de redes malladas con multisalto, lo que permite cubrir áreas extensas con enlaces redundantes, todas estas características hacen que Zigbee sea una red robusta apta para la aplicación en entornos críticos. [5]

Se definen diferentes tipos de dispositivos, esto según el papel que desempeñan en la red, tomando en cuenta las definiciones según el estándar IEEE 802.15.4 y la Alianza Zigbee.

- Coordinador Zigbee. Es el dispositivo más completo de la red, debe existir uno por red ya que será el encargado de controlar la red y los caminos que deban seguir los dispositivos para lograr conectarse entre ellos.
- Router Zigbee. Este dispositivo se encarga de interconectar dispositivos que se encuentren separados en la topología de red.
- Dispositivo Final Zigbee. Cumple con la funcionalidad de comunicarse con un dispositivo mayor, es decir, un router o un coordinador pero no puede comunicarse con otros dispositivos

Arquitectura de Zigbee

Zigbee se encuentra basado en el estándar IEEE 802.15.4, esto involucra que la arquitectura básica de Zigbee está totalmente relacionado a la arquitectura del estándar anteriormente mencionado.

La arquitectura del estándar IEEE 802.15.4 está definido por dos niveles: capa física y subcapa MAC, en cambio lo que define la Alianza Zigbee es la capa aplicación, capa de red y la capa de seguridad del protocolo y esta adopta las capas definidas por IEEE 802.15.4, como se muestra en la figura 8.

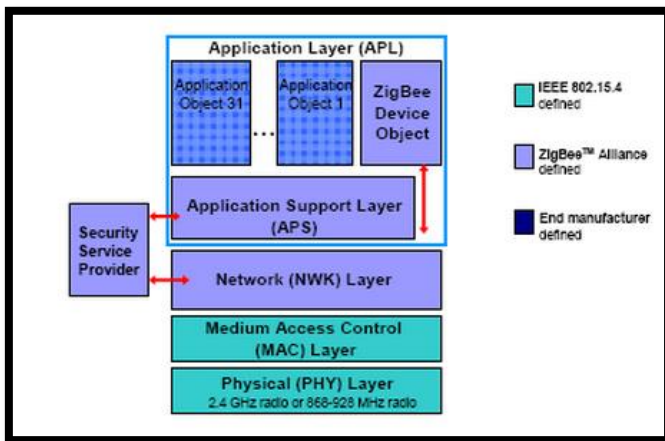


Fig. 8 Arquitectura de Zigbee

Capa de Red

La alianza Zigbee fue la encargada de establecer y esta capa de red, con el objetivo de dar mayor funcionalidad y garantizar las capas que están definidas por el estándar 802.15.4 (PHY y MAC), y también para que de una interfaz de servicio a la capa aplicación. Una de las características principales y primordiales es la de proporcionar direccionamiento a la red, para esto existen dos tipos de direcciones, dirección corta y dirección larga.

- Dirección Corta.- Consta de 16 bits, es asignada de forma dinámica por la capa de red y solo debe existir un solo dispositivo con esta dirección.
- Dirección Larga.- Consta de 64 bits, es asignada por el fabricante en los dispositivos y cada dispositivo tiene una dirección larga única. [6]

Capa Aplicación

Dentro de la capa Aplicación que fue establecida por la alianza Zigbee se conforman tres fragmentos sumamente importantes, que son los siguientes: Marco del Aplicación (AF - Application Framework), Objeto de Dispositivo Zigbee (ZDO - Zigbee Device Object), y la Subcapa de Soporte de Aplicación (APS - Application Support Sub-Layer). [7]

Seguridad en Zigbee

Los servicios de seguridad que se ofrecen para Zigbee incluyen: los métodos de establecimiento de claves, claves para el transporte, la protección del marco y la administración de los dispositivos, estos servicios son importantes para lograr implementar políticas de seguridad dentro de dispositivos Zigbee.

Como se explicó anteriormente y en resumen la capa física se encarga de establecer la comunicación de radio física, la capa MAC brinda servicios para que la comunicación sea fiable, la capa de red proporciona funciones de enrutamiento dentro de la red y los elementos con los que se puede generar las diferentes topologías de red que pueda soportar la tecnología y finalmente en la capa de aplicación, el APS proporciona una base para el servicio del ZDO y del Marco de Aplicaciones de Zigbee.

Para la seguridad en Zigbee, la arquitectura incluye mecanismos en tres capas de la pila: la capa de aplicación, la capa de red y la capa MAC. [8]

1. Integración entre WSN y redes TCP/IP

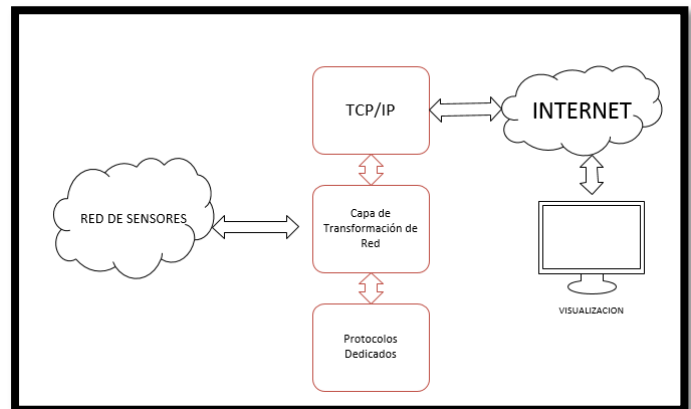


Fig. 9 Integración entre WSN y TCP/IP

Las WSN poseen recursos limitados como lo es en hardware y en el consumo de energía, hace que la conexión directa de los nodos sensores con redes TCP/IP no sea factible. De la integración entre WSN y redes TCP/IP, surgen dos niveles a tener en cuenta como lo son: Arquitectura y Protocolos de Interconexión. [9]

Nivel de Arquitectura

En este nivel toma principalmente en cuenta cual será el elemento que tendrá la dirección ip, la cual permita la conexión entre ambas redes, y en este nivel existen dos perspectivas: redes overlay, gateway.

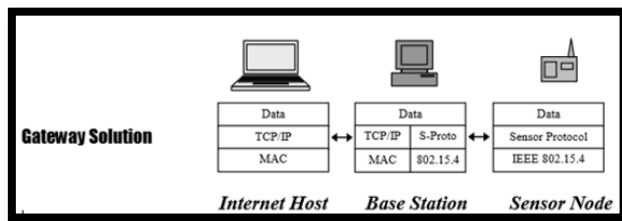


Fig. 10 Solución mediante Gateway.

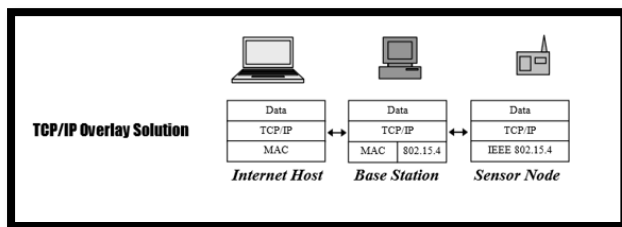


Fig. 11 Solucion mediante Overlay

Nivel de Protocolos de Interconexión

El protocolo de interconexión es la implementación que permite el intercambio de mensajes y comandos entre ambas redes, definiendo reglas y sintaxis para lograr la interconexión entre estas redes. El protocolo además asiste a la aplicación para interactuar con la complejidad y heterogeneidad de las plataformas de hardware de ambas redes (WSN y TCP/IP). Los enfoques utilizados en este nivel, se pueden clasificar en Ad-hoc y Basados en estándares. [9]

J. Hardware Open Source

Es aquel hardware cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño.

El hardware da libertad de controlar la tecnología y al mismo tiempo compartir conocimientos y estimular la comercialización por medio del intercambio abierto de diseños. [10]

Arduino

Es una plataforma de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital. [11]

K. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro, insípido, que no se lo puede detectar a simple vista, pero tiene la desventaja total que llega a ser un gas muy venenoso, es por eso que al inhalar altos niveles de este gas pueden llegar a causar la muerte. [12].

Entre las fuentes más conocidas que pueden proporcionar una intoxicación están las combustiones incompletas de carbono.

- Quema de materia orgánica con aporte insuficiente de oxígeno.
- Quema de carbono o materias carbonosas, como carbón mineral, carbón vegetal, leña, madera, hidrocarburos derivados del petróleo, explosivos, tabaco

Detalles de la intoxicación por monóxido de carbono (CO).

Para tener en cuenta, existen valores límites en los cuales se da un nivel de intoxicación por este gas de monóxido de carbono y a continuación en la Tabla 2 se detalla la concentración de monóxido de carbono en el aire y los efectos que puede llegar a causar.

TABLA 2.

Concentraciones de monóxido de carbono

Concentración de monóxido de carbono	Efecto
0-229 mg/m ³ (0-200 ppm)	Ligero dolor de cabeza en algunos casos
229-458 mg/m ³ (200-400 ppm)	Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales.
458-802 mg/m ³ (400-700 ppm)	Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso
802-1260 mg/m ³ (700-1100 ppm)	Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso.
1260-1832 mg/m ³ (1100-1600 ppm)	Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (La respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado).
1832-2290 mg/m ³ (1600-2000 ppm)	Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte
5726-11452 mg/m ³ (5000-10000 ppm)	Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte.

L. La nube

El término cloud (nube) está asociado con la virtualización, la ventaja principal es que en el uso de un solo nodo se pueden correr varias aplicaciones, lo contrario a un nodo tradicional en el cual permite una aplicación por cada nodo existente.

Al hablar de cloud o nube existen tres modelos en los cuales se basan los servicios que se brindan, como lo son: PaaS, IaaS, SaaS.

Modelos de la nube.

Al hablar de cloud o nube existen tres modelos en los cuales se basan los servicios que se brindan, como lo son: PaaS, IaaS, SaaS

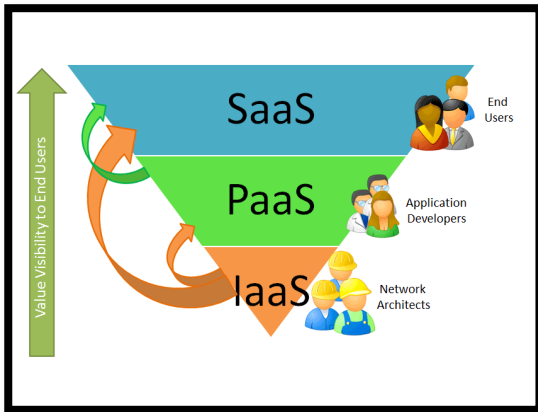


Fig. 12. Modelos de nube.

- IaaS.- La idea básica del modelo IaaS concluye en poder externalizar los recursos y servicios, y no solo de disponer en una sola infraestructura que se encuentra en un solo sitio
- PaaS.- PaaS es un grupo de servicios que abstrae infraestructura de aplicaciones, sistemas operativos, middleware y detalles de configuración, y ofrece a los equipos de desarrolladores la capacidad de aprovisionar, desarrollar, diseñar, probar e implementar aplicaciones.
- SaaS.- Este modelo que ofrece la cloud es la variante más extendida de entre los modelos IaaS y PaaS, siendo los consumidores los usuarios finales. SaaS es un modelo de distribución de software hacia los clientes al que el usuario tiene acceso mediante una red generalmente Internet.

III. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

La red WSN está diseñada básicamente de tres nodos sensores y un nodo central o Gateway que es el que permitirá la comunicación entre la red WSN y la red TCP/IP, y así los datos recolectados por los nodos sensores sean transmitidos y llevados a la plataforma PaaS en la nube donde se visualizarán los datos.

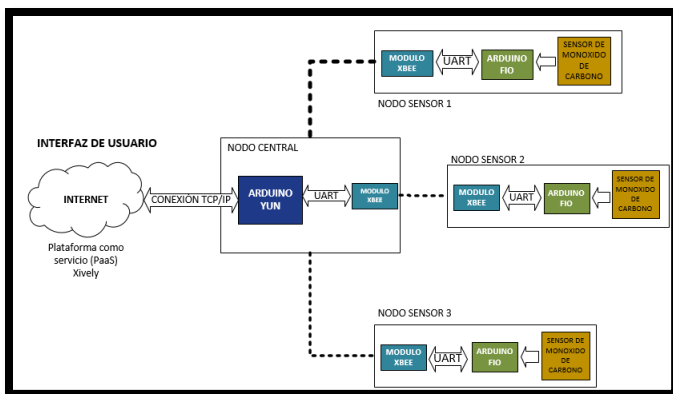


Fig. 13 Arquitectura del Sistema

A. Diseño de la WSN

En el diagrama se muestra la estructura de la red de sensores, la plataforma como servicio en la nube que se utiliza y algunos servicios con los que se puede comunicar la red WSN mediante el uso de la plataforma PaaS.

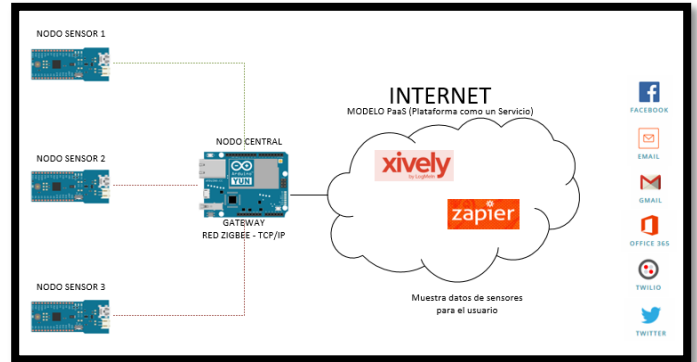


Fig. 14 Esquema de Sistema de monitoreo

La topología determinada para este tipo de red WSN es estrella debido a la centralización de la información en un solo nodo, como lo es el nodo central el cual se encuentra comunicado directamente con cada nodo sensor.

Como se observa en la figura 14, la topología constará de 3 nodos sensores, un nodo central, una fuente de alimentación en cada uno de los anteriores y una comunicación inalámbrica, a continuación se analizará cada uno de los elementos de la topología:

- Nodo Sensor
- Nodo Central
- Fuente de Energía
- Comunicación Inalámbrica

Modulo Nodo Sensor

Posee un sensor de Monóxido de carbono MQ-7, la señal analógica que envía el sensor ingresa al arduino FIO, pasa por una conversión analógica-digital para que se pueda procesar los valores analógicos y mediante la comunicación UART los datos obtenidos pasan a la parte de la comunicación inalámbrica, en este caso los módulos Zigbee, y seguidamente este transmite los datos de forma inalámbrica hacia el nodo central.



Fig. 16 Sensor de Monóxido de Carbono

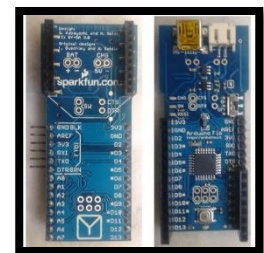


Fig. 26 Arduino FIO

Modulo Nodo Central.

Es considerado el coordinador de la red WSN, al obtener los datos de los nodos sensores mediante comunicación inalámbrica, con el uso de un arduino yun nos permitirá enviar los datos obtenidos en la red WSN hacia la plataforma PaaS de la nube mediante una conexión a internet sea por el puerto Ethernet o por el módulo WiFi que posee este Arduino, y así tener la información almacenada en la nube y lograr un acceso remoto a la información para el constante monitoreo.

Se generarán alertas locales como es una alarma sonora dentro de la vivienda y alertas remotas, como mensajes de correo electrónico, redes sociales, mensajes de texto, etc.

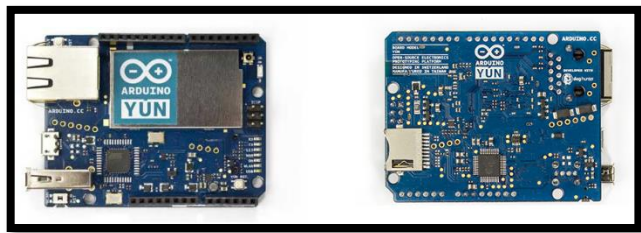


Fig. 17 Arduino YUN

Comunicación Inalámbrica

Para la comunicación entre nodos tanto para los nodos sensores y para el nodo central se utilizara el protocolo zigbee mediante los módulos XBee S2 en lo que abarca la red WSN.



Fig. 18 Modulo Xbee S2

De igual manera el nodo central accede a internet mediante una conexión WiFi con el modem que provee del servicio.

Fuente de Energía

Para que exista un funcionamiento de los nodos sensores de la red WSN, como todo sistema eléctrico o electrónico, se necesita de una fuente de alimentación. Para este caso se decido tomar en cuenta el hecho que son nodos sensores inalámbricos, así que se utiliza baterías Lipo para proporcionar energía a los nodos sensores y sean netamente nodos inalámbricos.

Para la alimentación de los nodos sensores se escogió baterías Lipo de 7,4 V a 2200 mAh, teniendo en cuenta las características de la batería, los cálculos de la vida útil son los siguientes.

TABLA 3
CONSUMO DE DISPOSITIVOS EN UN NODO SENSOR

	Modo Normal (mA)	Modo Dormido (mA)
Sensor MQ7	7,5	7,5
Xbee	29,5	0,001
Arduino FIO	40	40
TOTAL	77	47,501

Tcn = Tiempo Consumo Normal

Tcd = Tiempo Consumo Dormido

Icn = Intensidad de Corriente Consumo Normal

Icd = Intensidad Corriente Consumo Dormido

Se aplica que el consumo es:

$$Consumo = \frac{Tcn \cdot Icn + Tcd \cdot Icd}{Tcn + Tcd} \quad (1)$$

Para el desarrollo del proyecto se toma en cuenta: Tcd = 30 segundos, Tcn = 5 segundos, Icn = 77 mA, Icd = 47,501 mA

Con los datos detallados anteriormente se tiene:

$$Consumo = \frac{5 \cdot 77 + 30 \cdot 47,501}{5 + 30}$$

$$Consumo = 51,71 \text{ mA}$$

Se tiene disponible una batería de 7,4 V con 2200 mAh, el cálculo de la vida de la batería sería:

$$Vida \text{ Bateria} = \frac{Capacidad \text{ Bateria}}{Consumo} \quad (2)$$

$$Vida \text{ Bateria} = \frac{2200 \text{ mAh}}{51,71 \text{ mA}}$$

$$Vida \text{ Bateria} = 42,54 \text{ h} \approx 1 \text{ dia con 8 horas}$$

B. Diseño del Software

A continuación se muestran los flujogramas que permiten el desarrollo adecuado de la programación de todo el sistema.

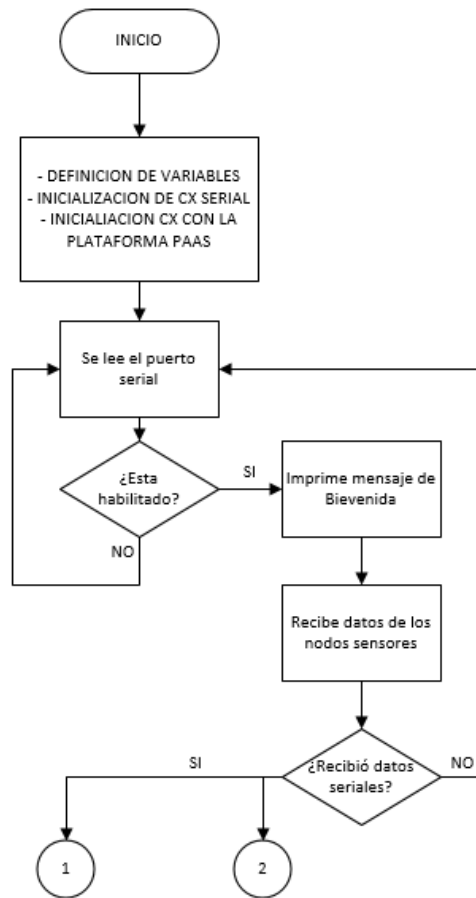


Fig. 19 Diagrama de flujo

Los dos procesos se dividen a partir de los datos recibidos mediante la comunicación zigbee al gateway de la WSN, y según los datos recibidos un proceso será para la generación de

alarmas locales, este proceso se lo describe en el siguiente diagrama de flujo.

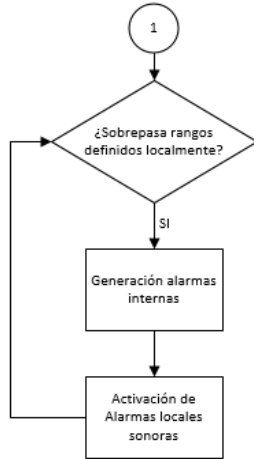


Fig. 20 Diagrama de flujo proceso 1

De igual forma para el segundo proceso se toma en cuenta a raíz de los datos recibidos por la comunicación serial pero para este proceso las alarmas son remotas, es decir para la conexión con los servidores en internet.

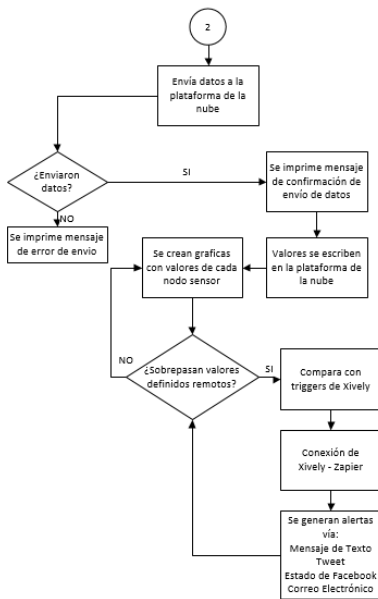
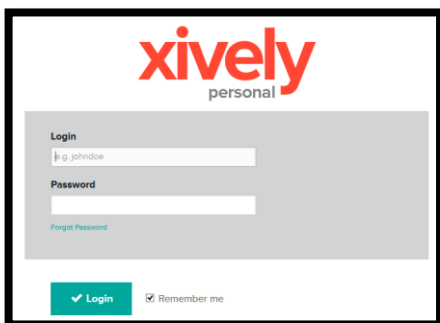


Fig. 21 Diagrama de flujo proceso 2

C. Plataforma en la Nube

Para el proyecto la plataforma elegida para realizar el monitoreo será Xively, primeramente para el acceso de Xively se debe crear una cuenta, para eso ingresamos a la página oficial de Xively <https://www.xively.com>.



Zapier es una plataforma la cual permite automatizar tareas e integrar aplicaciones web, sin la necesidad ocupar tiempo buscando la manera de hacerlo con programación u otros métodos.



Fig. 23 Logo de Zapier

IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se mostrara los diferentes módulos pertenecientes a la red



Fig. 24 Nodo sensor

El nodo central que consta de un arduino YUN que posee módulos WiFi y por una placa diseñada tiene un módulo Xbee como indica la Figura 70, es lo que realizara la comunicación entre la red WSN y la red TCP/IP a donde se dirigirán los datos.



Fig. 25 Modulo Nodo Central

A. Pruebas de Sensado

Primero pruebas realizadas antes de que el sistema sea instalado en la residencia, y lógicamente el segundo aspecto ya correctamente instalado.

Datos en tiempo real

Que los nodos sensores trabajen al mismo tiempo, y los datos recolectados por cada sensor sean en tiempo real y sean enviados a la plataforma correctamente.

Se muestra la información tanto localmente como remotamente, esto es, los datos que recibe el nodo central por la comunicación serial lo están recibiendo sin ningún problema y estos datos se envían a la nube sin dificultades.

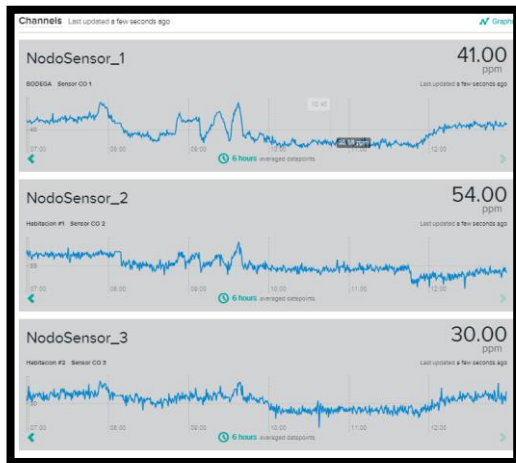


Fig. 26 Datos visualizados en la nube

Comprobación de datos obtenidos

Se realizaron mediciones en diferentes campos, principalmente se tomó valores junto al calefón en la residencia, luego se dio paso a otras alternativas y fuentes generadoras de monóxido de carbono, como se sabe este se produce por la combustión incompleta de ciertos elementos.

TABLA 4.

ELEMENTO	MEDICIÓN SISTEMA DISEÑADO
Cigarrillo	68
Combustión motor de automóvil	553
Hoja de papel	330
Plástico	117
Madera	410

B. Generación de alarmas.

Para el presente proyecto existen dos tipos de alarmas, de acuerdo a la funcionalidad serán: alarmas locales y alarmas externas.



Fig. 27 Alarma generada en facebook

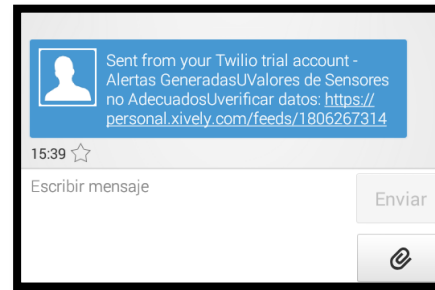


Fig. 28 Alarma generada por mensaje de texto

V. PRESUPUESTO REFERENCIAL

En este caso el sistema de monitoreo a más de generar las alarmas sonoras, genera alarmas externas, que es la característica que lo identifica de diferentes marcas de detectores de monóxido de carbono existentes en el mercado, que son las que implica sea un sistema mayormente complejo en relación a otros.

TABLA 5.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO		
ELEMENTOS	CANTIDAD	PRECIO
Batería Lipo	3	36,00
Arduino FIO	3	84,00
Arduino YUN	1	108,00
Módulos Xbee S2	4	160,00
Sensor MQ-7	3	18,00
LCD 16x2	1	8,50
Manufactura de placas	1	5,00
Parlante de 20 W	1	5,00
TOTAL		424,50

VI. CONCLUSIONES

El proyecto realizado sobre hardware de plataformas libres, permite que los elementos utilizados sean flexibles al momento de ser ensamblados y puedan ser modificados de acuerdo a las necesidades que se presenten en el desarrollo del proyecto.

Una selección correcta de cada uno de los elementos pertenecientes al sistema de monitoreo, hace que las funcionalidades sean las adecuadas y las requeridas por el sistema para que se logre cumplir con los objetivos trazados.

En el desarrollo de aplicaciones por medio de la nube (cloud), se puede tener grandes soluciones remotas, en este caso al manejar plataformas PaaS como por ejemplo Xively, son de gran ayuda gracias al monitoreo de datos que se puede realizar desde cualquier parte con una conexión a internet y en tiempo real.

La capacidad de interconectar aplicaciones en la internet y servicios en la nube, permiten ejecutar tareas indispensables en un tiempo menor y automáticamente.

Trabajar con plataformas en la nube, se da la pauta para el desarrollo de sistemas inteligentes y que sean orientados al Internet de las Cosas, donde cada sensor, cada módulo pueda y tenga una conexión directa a Internet.

Al realizar las diferentes pruebas se observó que el resultado de la obtención de datos por parte de los nodos sensores no afecta extensamente al momento de aumentar la temperatura ambiente o disminuirla.

El presupuesto del proyecto depende de todos las tecnologías que se está utilizando, las características que le hacen diferente hace que el precio sea un poco elevando con respecto a equipos convencionales existentes en el mercado.

VII. RECOMENDACIONES

Para el inicio de un proyecto, tener en claro cuál es el problema a cubrir y a solucionar para que luego no se tenga dificultades en el desarrollo del mismo.

Elegir la mejor tecnología inalámbrica de acuerdo a las necesidades, aplicaciones, ambientes en el que se va a trabajar ya que no todos cumplen con los requisitos esperados.

Tener en cuenta todos los datos técnicos de los elementos electrónicos a utilizar para prevenir daños y el sistema no tenga su funcionalidad completa.

Se realizó el sistema con la base de que sea escalable, que se pueda aportar con más ideas para el sistema y abarque un mayor número de sensores de diferentes índoles y cubran mayores necesidades en un mismo sistema cumpliendo con el objetivo principal de hardware open source.

Se debe realizar la respectiva calibración de los sensores a utilizar, para que se pueda obtener datos lo más reales y precisos posibles y no exista fallas en la visualización de información.

En la adquisición de equipos electrónicos que sean fundamentales para el desarrollo del sistema, tratar de buscar la mejor vía entre algunas plataformas ya que existe una gran variedad en el mercado y que pueden ayudar en el ahorro de recursos y dinero.

Se puede tener un dispositivo completo el cual pueda monitorear gases de toda índole como dióxido de carbono, oxígeno, GLP, etc., con el fin de hacer un sistema más robusto y completo, y funcione a nivel industrial

REFERENCIAS

- [1] Comunidad Informatica, «CCM,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/817-wlan-lan-inalambrica>.
- [2] National Instruments, «National Instruments Latiamerica,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>.
- [3] M. Fernandez Barcell, «Página de Manuel Fernandez Barcell,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>.
- [4] J. Mayné, «Baidu,» 2011. [En línea]. Available: <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>.

- [5] Tecnologías, Servicios Telemáticos y Sistemas, S.A., «TST IoT M2M Smart City,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.tst-sistemas.es/zigbee/>.
- [6] M. J. Gutierrez, «El Androide Libre,» 10 Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>.
- [7] I. Barneda Faudot, «Zigbee aplicado a la transmision de datos de sensores biomedicos,» Barcelona, España, 2008.
- [8] M. Glen y J. Moreno, «Wikispace,» 23 Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>.
- [9] L. Iacono , P. Godoy, O. Marianetti, C. Garcia y C. Párraga, «Estudio de la Integracion entre WSN y redes TCP/IP,» Mendoza, 2012.
- [10] OSHWA, «Open Source Hardware Association,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.oshwa.org/definicion/spanish/>.
- [11] ARDUINO, «ARDUINO,» [En línea]. Available: <http://arduino.cc/en/guide/introduction>.
- [12] Environmental Protection Agency, «EPA,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido.html>.
- [13] Consejería de Sanidad y Política Social de la Región de Murcia, «Murcia Salud,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180398&idsec=1573>.
- [14] J. L. Camargo, «Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores,» Sevilla, España, 2009.
- [15] B. Kezherashvili, «Computacion en la Nube,» Almería, España, 2010.
- [16] D. Jordi, Errores frecuentes en las intoxicaciones por monoxido de carbono, Barcelona: Cruz Roja, 1993.
- [17] Comunidad Informatica, «es.ccm.net,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>.
- [18] Alliance Zigbee, «The Zigbee Alliance - Control your Wolrd,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.zigbee.org/>.



Edgar A. Maya

Nació en Ibarra provincia de Imbabura el 22 de abril de 1980. Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad Técnica del Norte – Ecuador en 2006. Actualmente es docente en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador, obtuvo la Maestría en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito – Ecuador



Edison M. Carrión

Nació en Otavalo provincia de Imbabura el 29 de marzo de 1991. Los estudios secundarios lo realizo en el Ins. Tec. Otavalo, en el año 2008 ingreso a la Universidad Técnica del Norte. Actualmente es egresado de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

System monitoring carbon monoxide through a Wireless Sensor Network and a Platform as a Service for a residence

Edgar A. Maya, Edison M. Carrión

Abstract — this project is to implement a system of monitoring carbon monoxide to provide environmental safety in a residence, based on a wireless sensor network and platform as a service in the cloud with the goal of saving and caring human lives fatal poisoning gases.

Keywords — WSN, PaaS (Platform as a service), IoT, IEEE 802.15.4

I. INTRODUCTION

A large majority of Ecuadorians have access to natural gas service, consequent to the large consumption of and technical failures of equipment in which they are used, accidents have occurred by carbon monoxide poisoning, reaching even cause death.

Natural gas is a mixture of various gases such as methane, butane, ethane, among others, carbon monoxide occurs when there is incomplete combustion of fossil fuels such as: gasoline, wood, propane, etc. This incomplete combustion can occur or occur in homes, in the use of domestic gas, whether for a kitchen or a water heater, which have had no regular maintenance. This carbon monoxide is colorless, odorless which makes it lethal in the presence of a human being.

The monitoring of carbon monoxide, fulfills the function of alerting people of a residence of any level of gas being produced in this, if it reaches levels where humans feel directly affected audible alarms and remote or external alarms where you can alert will be generated and are outside of the home. This system is helpful for preventing poisoning, accidents and deaths.

II. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

The following definitions and concepts are needed to know to have theoretical basis in the development of the project.

A. Wireless Networks

Wireless networks allow a user or device to stay connected with an emphasis on mobility and non-use of wiring within a specific area which is one of the main features of a wireless network.

This project was made prior to obtaining the professional degree in Engineering Degree in Electronics and Communication Networks Engineering at the Faculty of Applied Science at the “Tecnica del Norte” University (Ibarra - Ecuador).

E.A. Maya plays the role of teacher at the “Tecnica del Norte” University, in the subject of Engineering in Electronics and Communication Networks (eamaya@utn.edu.ec) .

E. M. Carrión , graduated from the Electrical Engineering and Communication Networks (emcarrion@utn.edu.ec) .

Wireless networks are based on a link using electromagnetic waves instead of standard wiring. There are many different technologies that are differentiated by the transmission frequency used and the extent and speed of their transmissions. [1]

B. Wireless Sensor Networks (WSN)

Finally a WSN network is based on the use of low-cost devices and low power consumption, they are able to obtain information from the environment around them, process and transmit this information via wireless links to a central node or Gateway. [2]

C. Elements of a WSN

A WSN network consists of multiple devices that are distributed in a specific area, which allow to obtain information from different situations to be monitored and controlled.

The elements of a wireless sensor network are: sensor node, gateway, base station, as shown in Figure 1.

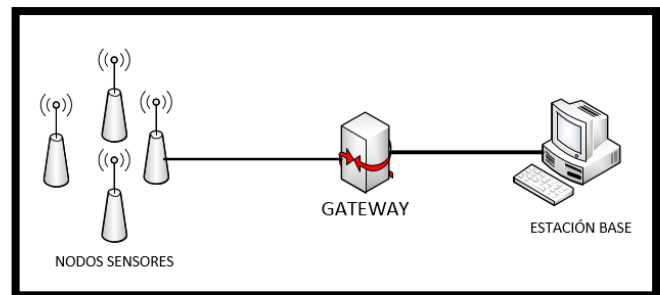


Fig.1 Elements of WSN

A wireless sensor network is typically comprised of:

Sensor node

Those are standalone devices which have the processing power, storage, communication interface, which lets you make sets between different nodes. [3] consist of a sensor or more sensors, microcontroller, transceiver, power source, as shown in Figure 2

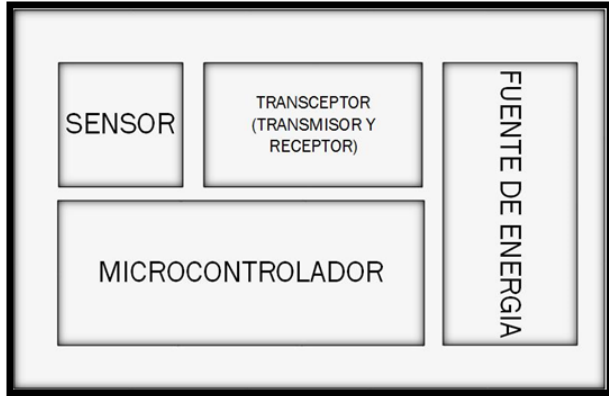


Fig.2 Sensor node architect

Gateway

This device is intended to perform the interconnection between the sensor network and data network, its goal is to act as a bridge between two networks of different types.

Base Station

Data collector based on a common computer or an embedded system. In a normal structure all data going to a server within a database, so users can remotely access the information obtained.

D. Topology

The WSN nodes are typically organized into one of three types of network topologies: star topology, mesh, and tree.

Star topology

This type of topology is a system where the sensor nodes are connected directly with the Gateway, this implies that only going to make one jump when you submit the information.

The star topology is that less energy has, but is limited by distance radio transmission between nodes and if there are no failures in a node any communication or an alternative path to this node will. As shown in Figure 3, there is a gateway or coordinator and nodes connected directly to this gateway type forming a star topology

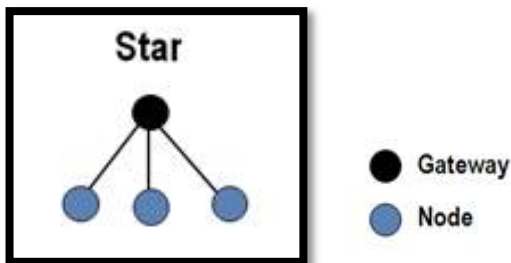


Fig. 3 Star Topology

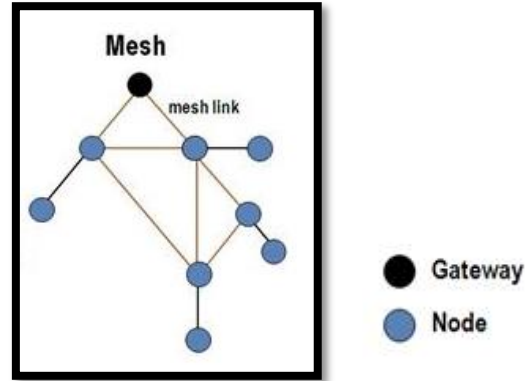


Fig. 4 Mesh Topology

Mesh Topology

Unlike the star topology, in this all nodes can communicate with both the gateway or the base station with other sensor nodes, allowing there WSN network redundancy.

This topology has a multihop system, ie, you have several ways in which to send or receive information which makes fault-tolerant network. The spread of information from one node to the Gateway theoretically could say it has an unlimited extension. [2]

Topología árbol

Tree Topology

Cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y después al gateway, los datos son ruteados desde el nodo de menor jerarquía en el árbol hasta el gateway. En la Figura 5 se muestra el ejemplo de una topología en árbol, estas son conexiones jerárquicas.

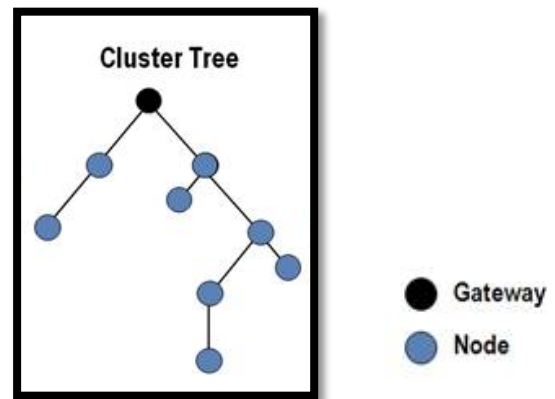


Fig. 5 Tree Topology

E. Applications of WSN

The mobility that exists in this type of network, which is a great advantage over wired networks, makes it possible to propose solutions to problems where a wired network is impossible to couple.

Some existing applications of wireless sensor networks in various areas are:

- Environmental Monitoring
- Automotive
- Precision Agriculture: control weather conditions
- Measurement of physical characteristics of patients
- Control of a perimeter security against possible intruders

- Military and survival Applications

F. Wireless Technologies

When talking about wireless technologies referred to the set of instruments and procedures to use for wireless communication between two or more devices is done. This communication generally uses radio frequency links.

TABLE 1.

Tecnologías	Transferencia de datos	Alcance	Frecuencia
WiMax Fijo - 802.16	75 Mbps	10 Km	2 - 11 GHz
WiMax Móvil – 802.16e	30 Mbps	3,6 Km	2 - 6 GHz
Telefonía Móvil 4G	100 Mbps	30 Km	2600 MHz
Telefonía Móvil 3G	14 Mbps	10 Km	900 y 2100 MHz
Telefonía Móvil 2G	400 Kbps	35 Km	900 y 1800 MHz
802.11b	11 Mbps	50 m	2,4 GHz
802.11g	54 Mbps	30 m	2,4 GHz
802.11n	65 a 600 Mbps	100 m	2,4 GHz y 5 GHz
ZigBee - 802.15.4	250 Kbps	100 m	2,4 GHz
Bluetooth - 802.15.1	700 Kbps	10 m	2,4 GHz8
RFID	1-2000 Kbps	< 10 m	2,45 GHz y 5,8 GHz

PRINCIPAL WIRELESS TECHNOLOGIES

With these specifications is taken into account that each technology is used for certain applications, such as the example of bluetooth, its speed is applied to home networking, multimedia transfer with mobile devices, and instead, ZigBee is developed for monitoring environment, as it is home automation, medical sensors, devices which are dependent on long-life batteries, etc.

G. Standard IEEE 802.15.4

In an effort to create a standard for the purpose of providing wireless networks for personal areas of low power consumption and low cost of the IEEE 802.15.4 protocol arises. This standard is set to work on the physical layer and MAC sublayer, this implies that is responsible for defining the physical level of the network and the means of access to be had, Figure 6 shows the layers in the protocol 802.15 works .4., which are the physical and MAC layers.

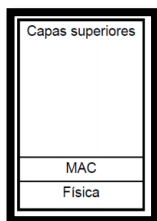


Fig. 6 Modelo estándar IEEE 802.15.4

Physical Layer.

The physical layer acts as an interface between the transmission medium and upper layers, in this case the transmission medium is wireless.

In this standard 27 channel operation according to existing frequency ranges are defined. For 868/915 MHz PHY supports a channel between 868 and 868.6 MHz and 10 channels between 902 and 928 MHz. The 2.4 GHz PHY supports 16 channels which range from 2.4 to 2.4835 GHz with a channel spacing of 5 MHz. [4]

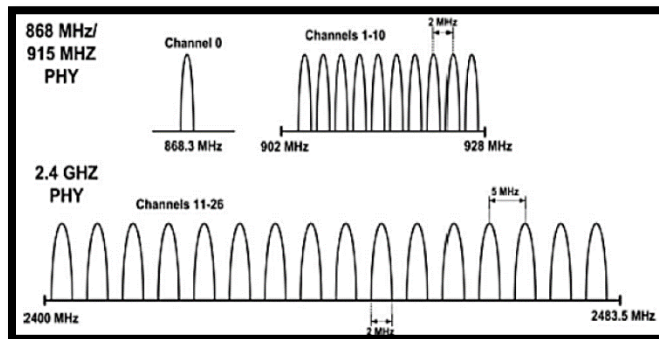


Fig. 7 Estructura de Canales definido por IEEE 802.15.4

MAC layer.

The MAC sublayer IEEE 802.15.4 protocol is responsible for providing the interface between the physical layer and upper layers and displays the following characteristics:

- Services that may be associated or disassociated devices
- Provides access control

H. Zigbee

Zigbee is based on the IEEE 802.15.4 standard which is defined with the aim of providing short-range wireless solutions specifically in homes, but having a great reception it has led to different areas in which applications have been developed in medicine, agriculture, among the most relevant.

This wireless technology allows sending data, usually sensor information as well as commands to control actuators through mesh networks with multihop, which can cover large areas with redundant links, all these features make ZigBee be a robust network suitable for use in critical environments. [5]

Different types of devices are defined, this according to their role in the network, taking into account the definitions according to the IEEE 802.15.4 standard and the ZigBee Alliance.

- Zigbee Coordinator. It is the most comprehensive network device, there must be one network and will be responsible for controlling the network and the paths to be followed to achieve devices connect to each other.

- ZigBee Router. This device is responsible for interconnecting devices that are separated in the network topology.

- Final Zigbee device. Meets functionality to communicate with a larger device, ie, a router or a coordinator but can not communicate with other devices

Zigbee architecture

Zigbee is based on the IEEE 802.15.4 standard, this involves the basic architecture of Zigbee is completely related to the architecture of the aforementioned standard.

The IEEE 802.15.4 architecture is defined by two levels: physical layer and MAC sublayer, instead what defines the Zigbee Alliance is the application layer, network layer and the

security layer protocol and this takes the layers defined by IEEE 802.15.4, as shown in figure 8.

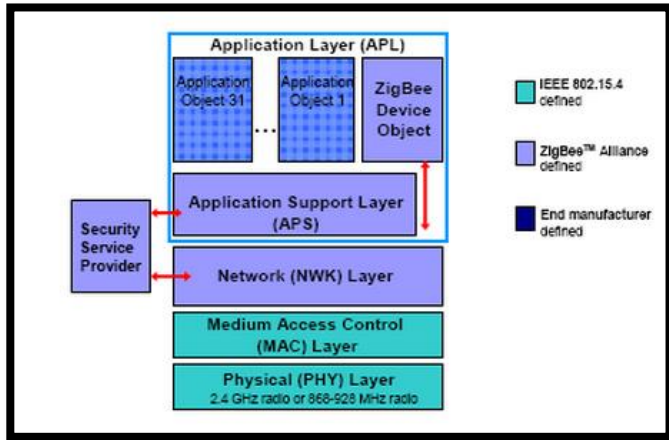


Fig. 8 Zigbee Architecture

Network Layer

The Zigbee Alliance was responsible for establishing and the network layer, with the aim of providing greater functionality and ensure the layers are defined by the standard 802.15.4 (PHY and MAC), and also to an interface service the application layer. One of the main and essential characteristics is to provide routing to the network, for this there are two types of addresses, short address, long address.

- Short Address. Consists of 16 bits, is assigned dynamically by the network layer and should only be a single device with this address.
- Long Address. Consists of 64 bits, is assigned by the manufacturer on the devices and each device has a unique long address. [6]

Application layer

- Object Device Zigbee (ZDO - Zigbee Device Object), and the sublayer Framework Application (Application Framework AF): Within the Application layer was established by Zigbee alliance three highly important fragments, which are as follows conform Application support (APS - Application support Sub-Layer). [7]

Security Zigbee

The security services offered to Zigbee include the key establishment methods, keys to transport, frame protection and management of the devices, these services are important to successfully implement security policies within Zigbee devices.

As explained above and in summary the physical layer is responsible for establishing communication physical radio, the MAC layer provides services for communication to be reliable, the network layer provides routing within the network and the elements that you can create different network topologies that can support technology and finally the application layer, the APS provides a basis for ZDO service and ZigBee application Framework.

For security Zigbee, architecture includes mechanisms in three layers of the stack: the application layer, network layer and MAC layer. [8]

I. Integration between WSN and TCP / IP networks

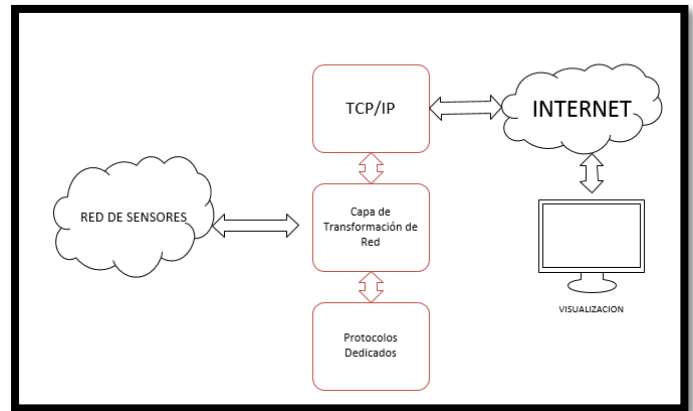


Fig. 9 Integration between WSN and TCP / IP networks

WSN have limited as it is in hardware and energy resources, makes the direct connection of the sensor nodes with TCP / IP networks is not feasible. Integration between WSN and TCP / IP networks, two levels appear to consider such as: Architecture and Protocols Interconnection. [9]

Level Architecture

At this level mainly it takes into account what will be the element that has the IP address, which allows the connection between the two networks, and at this level there are two perspectives: overlay networks gateway.

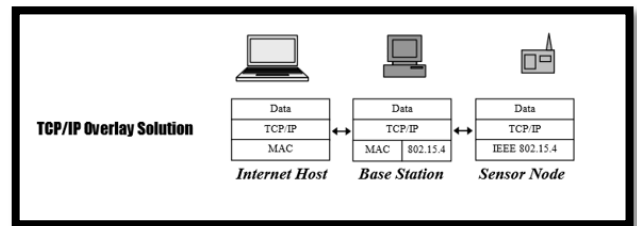


Fig. 10 Gateway Solution

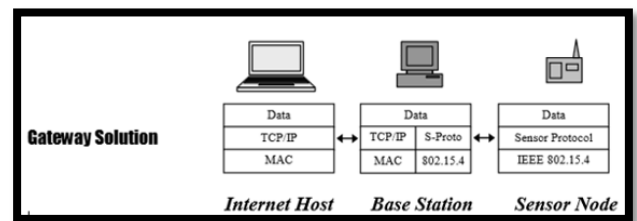


Fig. 11 Overlay Solution

Level Interconnection Protocols

The interworking protocol is the implementation that allows the exchange of messages and commands between the two networks, rules and syntax for defining achieve interconnection among these networks. The protocol also assists the application to interact with the complexity and heterogeneity of hardware platforms of both networks (WSN and TCP / IP). The approaches used at this level, can be classified into Ad-hoc and based on standards. [9]

J. Open Source Hardware

It is that hardware whose design is made publicly available so that anyone can study it, modify, distribute, and sell materialize, both the original and other objects based on that design.

The hardware gives freedom to control technology while sharing knowledge and stimulate commercialization through the open exchange of designs. [10]

Arduino

It is an open source platform based on a simple plate with inputs and outputs, analog and digital, in a development environment that is based on the Processing programming language. It is a device that connects the physical world with the virtual world, or the analog and digital worlds. [eleven]

K. Carbon Monoxide

Carbon monoxide (CO) is a colorless, tasteless, that it can not be detected by the naked eye, but has overall disadvantage that it becomes a very poisonous gas, that is why when inhaling high levels of this gas they can even cause death. [12].

Among the best known sources that can provide poisoning are incomplete combustion of carbon.

- Burning organic matter with insufficient oxygen.
- Burning carbon or carbonaceous materials such as coal, charcoal, firewood, timber, petroleum hydrocarbons, explosives, snuff

Details of carbon monoxide poisoning (CO).

To account, there are limits values in which a level of intoxication is given by this gas of carbon monoxide and below in Table 2 the concentration of carbon monoxide in the air and effects that may actually cause detailed.

TABLE 2.
Concentration of carbon monoxide

Concentración de monóxido de carbono	Efecto
0-229 mg/m3 (0-200 ppm)	Ligero dolor de cabeza en algunos casos
229-458 mg/m3 (200-400 ppm)	Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales.
458-802 mg/m3 (400-700 ppm)	Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso
802-1260 mg/m3 (700-1100 ppm)	Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso.
1260-1832 mg/m3 (1100-1600 ppm)	Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (La respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado).
1832-2290 mg/m3 (1600-2000 ppm)	Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte
5726-11452 mg/m3 (5000-10000 ppm)	Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte.

L. Cloud

The term cloud is associated with virtualization, the main advantage is that the use of a single node can run multiple applications, as opposed to a traditional node which allows an application for each existing node.

Cloud models.

Speaking of cloud or cloud there are three models in which the services provided are based, such as: PaaS, IaaS, SaaS

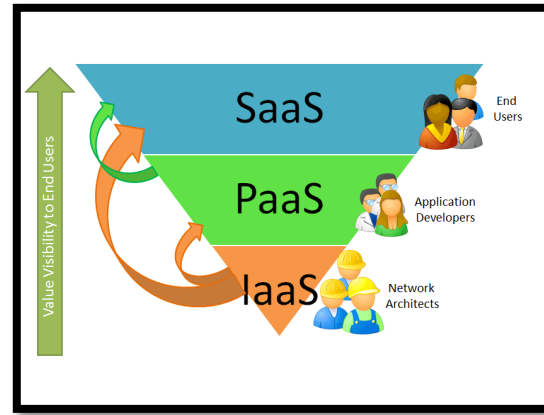


Fig. 12. Cloud models.

- IaaS. The basic idea of the model to outsource concludes IaaS resources and services, and not just have a single infrastructure that is in one place
- PaaS. PaaS is a group of services abstracting application infrastructure, operating systems, middleware and configuration details, and offers development teams the ability to procure, develop, design, test and deploy applications.
- SaaS. This model offers the cloud is the most widespread variant of IaaS and PaaS between models, consumers still end users. SaaS is a software distribution model to customers that the user has access via an Internet network generally.

III. MONITORING SYSTEM DESIGN

The WSN is basically designed three sensor nodes and a central node or Gateway that is enabling communication between the WSN network and the TCP / IP network, and thus the data collected by the sensor nodes are transmitted and led to the platform PaaS cloud where data is visualized.

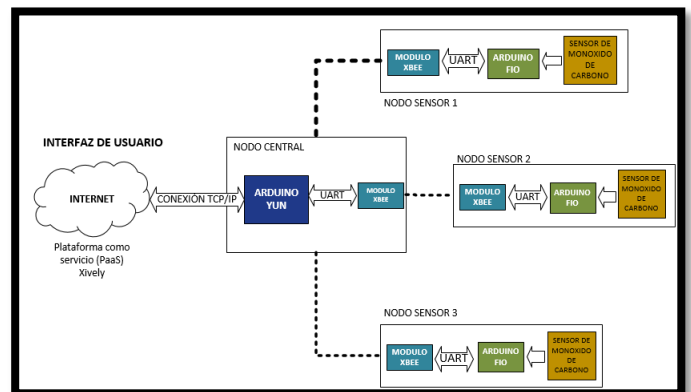


Fig. 13 Arquitectura del Sistema

A. Design WSN

In the diagram the structure of the sensor network is shown, platform as a service in the cloud that is used and some services that can communicate the WSN network by using the PaaS platform.

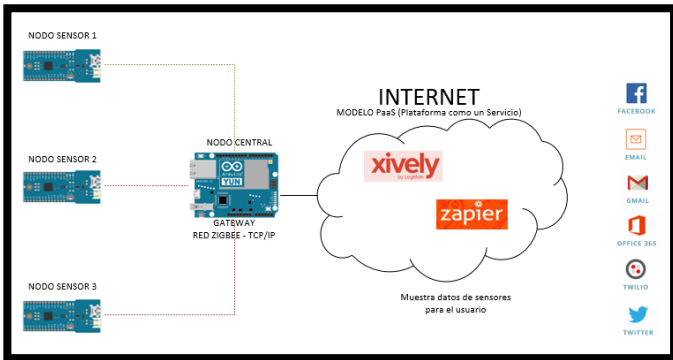


Fig. 14 Esquema de Sistema de monitoreo

The particular topology for this type of WSN star network is due to the centralization of information on a single node, as is the central node which is directly connected to each sensor node.

As shown in Figure 14, the topology consist of three sensor nodes, a hub, a power supply in each of the above and wireless communication, then analyze each of the elements of the topology:

- Sensor Node
- Central Node
- Power source
- Wireless communication

Sensor Node Module

It has a sensor Carbon monoxide MQ-7, the analog signal from the sensor enters the Arduino FIO, passes through an analog-digital conversion so that it can process analog values and through communication UART the data passed to the part wireless communication, in this case the Zigbee modules, and then transmits this data wirelessly to the central node.



Fig. 46 Carbon monoxide sensor



Fig. 37 Arduino FIO

Central Node module.

It is considered the coordinator of the WSN network, to get the data from the sensor nodes using wireless communication, with the use of a yun arduino will allow us to send data from the WSN network to the PaaS cloud platform through an internet connection by either the Ethernet port or WiFi module that owns this Arduino, and so have the

information stored in the cloud and achieve remote access to information for constant monitoring.

Local alerts will be generated as is an audible alarm inside the home and remote alerts, such as emails, social networks, text messaging, etc.

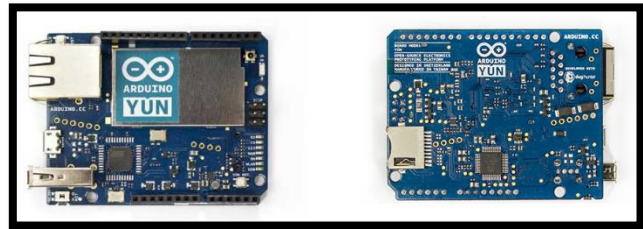


Fig. 17 Arduino YUN

Wireless communication

For communication between nodes for both the sensor nodes and the central node for the ZigBee protocol is used by S2 XBee modules which covers the WSN network.



Fig. 18 S2 XBee Module

Similarly, the hub accesses the Internet via a WiFi connection to the modem that provides the service.

Power source

For there to be a sensor operation WSN network nodes, like any electrical or electronic system is needed a power supply. For this case I decide to take into account the fact that nodes are wireless sensors, so Lipo batteries used to power the sensor nodes and are purely wireless nodes.

For power sensor nodes Lipo batteries 7.4 V 2200 mAh was chosen, taking into account the characteristics of the battery, estimates of the useful life are as follows.

TABLE 3
CONSUMPTION OF DEVICES IN A SENSOR NODE

	Modo Normal (mA)	Modo Dormido (mA)
Sensor MQ7	7,5	7,5
Xbee	29,5	0,001
Arduino FIO	40	40
TOTAL	77	47,501

Tcd = Time Consumption Normal

Tcd = Time Consumption Asleep

Icn = Current Current Consumption Normal

Asleep current Icd = Current Consumption

Applies consumption is:

$$Consumo = \frac{T_{cn} * I_{cn} + T_{cd} * I_{cd}}{T_{cn} + T_{cd}} \quad (1)$$

For the project development is taken into account:

$T_{cd} = 30$ segundos, $T_{cn} = 5$ segundos, $I_{cn} = 77$ mA, $I_{cd} = 47,501$ mA

With detailed data above we have:

$$Consumo = \frac{5 * 77 + 30 * 47,501}{5 + 30}$$

$$Consumo = 51,71 \text{ mA}$$

7.4 V battery with 2200 mAh have available, calculating the battery life would be:

$$Vida \text{ Bateria} = \frac{Capacidad \text{ Bateria}}{Consumo} \quad (2)$$

$$Vida \text{ Bateria} = \frac{2200 \text{ mAh}}{51,71 \text{ mA}}$$

$$Battery \text{ life} = 42.54 \text{ h} \approx 1 \text{ day } 8 \text{ hours}$$

B. Software Design

Then flowcharts that allow the proper development of the programming of the whole system is.

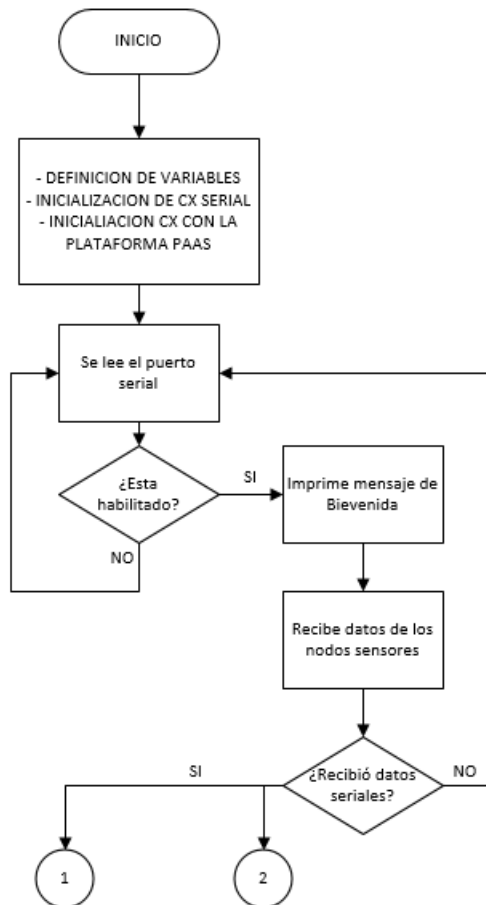


Fig. 19 Diagrama de flujo

The two processes are divided from data received by the ZigBee communication to the WSN gateway, and according to data received will be a process for generating local alarms, this process is described in the following flow chart.

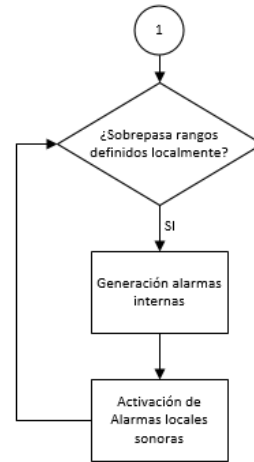


Fig. 20 Diagrama de flujo proceso 1

Similarly to the second process is taken into account following data received by the serial communication but for this process alarms are remote, to connect to servers on the Internet.

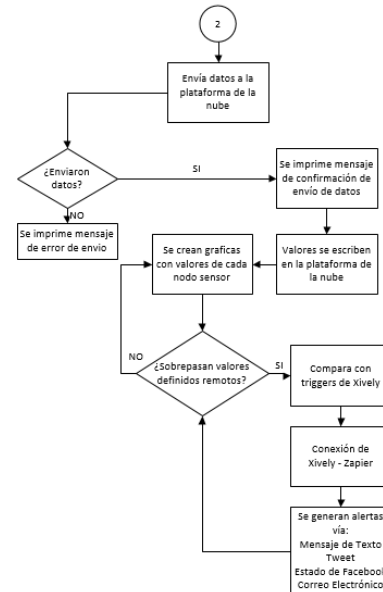
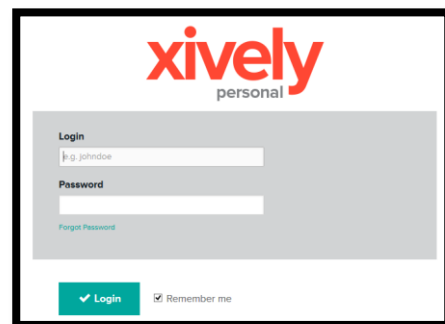


Fig. 21 Diagrama de flujo proceso 2

C. Cloud Platform

For the project chosen for monitoring platform will Xively, primarily for access Xively must create an account for that we enter the official website of Xively <https://www.xively.com>.



Zapier is a platform which allows you to automate tasks and integrate web applications, without the need to take time looking for ways to do with programming or other methods.



Fig. 23 Logo de Zapier

IV. PERFORMANCE TESTING

The different modules belonging to the network will be displayed



Fig. 24 Nodo sensor

The central node consisting of a YUN arduino that has WiFi modules and by a plate designed has a Xbee module as shown in Figure 70, is to conduct communication between the WSN network and TCP / IP network where the data will be directed.



Fig. 25 Modulo Nodo Central

A. Sensing tests

First tests before the system is installed in the residence, and the second aspect logically and properly installed.

Real time data

Sensor nodes that work simultaneously, and the data collected by each sensor are in real time and be sent to the platform properly.

Information both locally and remotely shown, that is, the data received by the central node for serial communication are getting it without any problem and these data are sent to the cloud without difficulties.

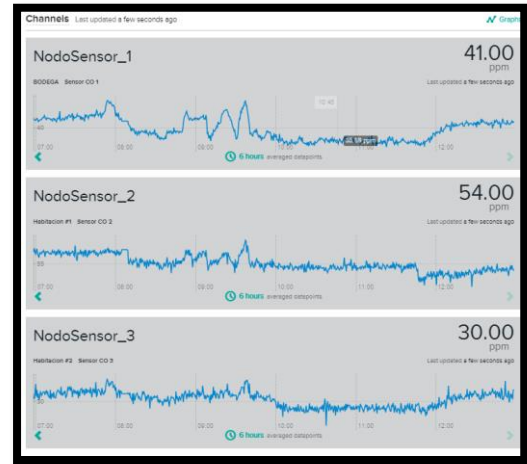


Fig. 26 Datos visualizados en la nube

Checking data

Measurements were made in different fields, mainly values was taken by the water heater in the residence, then gave way to other alternative and generating sources of carbon monoxide, as is known this is produced by the incomplete combustion of certain elements.

TABLE 4.
MEASUREMENTS OF SOURCES GENERATING CO

ELEMENT	MEASURING SYSTEM DESIGNED ELEMENT
cigarette	68
Combustion automobile engine	553
sheet paper	330
plastic	117
wood	410

B. Generation of alarms.

For this project there are two types of alarms, according to the functionality will be: local alarms and external alarms.



Fig. 27 Alarma generada en facebook

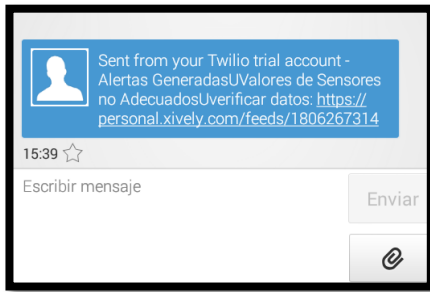


Fig. 28 Alarma generada por mensaje de texto

V. REFERENCE BUDGET

In this case the monitoring system more than generate audible alarms, generates external alarms, which is the characteristic that identifies different brands monoxide detectors existing carbon market, which are involved is a largely complex system in relation to others.

TABLE 5.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO		
ELEMENTOS	CANTIDAD	PRECIO
Batería Lipo	3	36,00
Arduino FIO	3	84,00
Arduino YUN	1	108,00
Módulos Xbee S2	4	160,00
Sensor MQ-7	3	18,00
LCD 16x2	1	8,50
Manufactura de placas	1	5,00
Parlante de 20 W	1	5,00
TOTAL		424,50

VI. CONCLUSIONS

The project made on free hardware platforms, allows the elements used are flexible when being assembled and can be modified according to the needs that arise in the development of the project.

Proper selection of each of the elements belonging to the monitoring system, makes the functionalities are appropriate and required for the system to be achieved to meet the objectives.

In the development of applications through the cloud (cloud), you can have large remote solutions, in this case to handle PaaS platforms such as Xively, are of great help thanks to monitoring data that can be done from anywhere with an internet connection and in real time.

The ability to interconnect applications on the Internet and cloud services, allow you to perform essential tasks in less time and automatically.

Working with cloud platforms, the pattern is given to the development of intelligent systems that are oriented Internet of Things, where each sensor and each module can have a direct Internet connection.

When performing the various tests it was observed that the result of obtaining data by sensor nodes not extensively affect the time to increase or decrease the ambient temperature.

The project budget depends on all the technologies that are being used, the characteristics that make it different makes the price a little raising with respect to existing conventional equipment in the market.

VII. RECOMMENDATIONS

For the start of a project, be clear about what the problem is and fix cover to then have no difficulties in development.

Choosing the best wireless technology according to the needs, applications, environments in which it will work as not all meet the expected requirements.

Take into account all the technical data of the electronics used to prevent damage and the system does not have full functionality.

the system was performed with the base that is scalable, which can provide more ideas for the system and covers a larger number of sensors of different natures and meet higher requirements in one system fulfilling the main objective of open source hardware.

It should make the respective calibration of the sensors to be used, so that you can get as realistic and accurate data as possible and there is no failure in the information display.

In the acquisition of electronic equipment that are essential for the development of the system, try to find the best route between some platforms as there is a wide variety in the market and that can help in saving resources and money.

You can be a complete device which can monitor all kinds of gases such as carbon dioxide, oxygen, LPG, etc., in order to make a more robust and complete system, and operate at industrial level

REFERENCES

- [1] Comunidad Informatica, «CCM,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/817-wlan-lan-inalambrica>.
- [2] National Instruments, «National Instruments Lationamerica,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>.
- [3] M. Fernandez Barcell, «Página de Manuel Fernandez Barcell,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>.
- [4] J. Mayné, «Baidu,» 2011. [En línea]. Available: <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>.
- [5] Tecnologías, Servicios Telemáticos y Sistemas, S.A., «TST IoT M2M Smart City,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.tst-sistemas.es/zigbee/>.
- [6] M. J. Gutierrez, «El Androide Libre,» 10 Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre->

zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html.

- [7] I. Barneda Faudot, «Zigbee aplicado a la transmision de datos de sensores biomedicos,» Barcelona, España, 2008.
- [8] M. Glen y J. Moreno, «Wikispace,» 23 Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>.
- [9] L. Iacono , P. Godoy, O. Marianetti, C. Garcia y C. Párraga, «Estudio de la Integracion entre WSN y redes TCP/IP,» Mendoza, 2012.
- [10] OSHWA, «Open Source Hardware Association,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>.
- [11] ARDUINO, «ARDUINO,» [En línea]. Available: <http://arduino.cc/en/guide/introduction>.
- [12] Environmental Protection Agency, «EPA,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido.html>.
- [13] Consejería de Sanidad y Política Social de la Región de Murcia, «Murcia Salud,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180398&idsec=1573>.
- [14] J. L. Camargo, «Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores,» Sevilla,España, 2009.
- [15] B. Kezherashvili, «Computacion en la Nube,» Almería,España, 2010.
- [16] D. Jordi, Errores frecuentes en las intoxicaciones por monoxido de carbono, Barcelona: Cruz Roja, 1993.
- [17] Comunidad Informatica, «es.ccm.net,» Junio 2014. [En línea]. Available: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>.



Edgar A. Maya

He was born in Ibarra Imbabura province on April 22, 1980. Computer Systems Engineer, Technical University North - Ecuador in 2006. He currently teaches in Electronics and Communication Networks Engineering at the “Tecnica del Norte” University of the North, Ibarra - Ecuador, won the

Masters in Communication Networks at the PUCE, Quito - Ecuador



Edison M. Carrión

He was born in Otavalo Imbabura province on 29 March 1991. The high school I performed in the Ins. Tec. Otavalo, in 2008 joining the “Tecnica del Norte” University. He is currently a graduate of the School of Electronics and Communication Networks Engineering.