



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES
DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“SISTEMA DE MONITOREO DE MONÓXIDO DE CARBONO
MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS Y UNA
PLATAFORMA COMO SERVICIO EN LA NUBE PARA UNA
RESIDENCIA”**

Autor: EDISON MARCELO CARRIÓN ORTIZ

Director: MSC. EDGAR MAYA

IBARRA-ECUADOR

2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	100332407-4
Apellidos y Nombres	Carrion Ortiz Edison Marcelo
Dirección	Otavalo – Cdla. Jacinto Collahuazo 1era etapa
E-mail	emcarrion@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0989332767
DATOS DE LA OBRA	
Título	SISTEMA DE MONITOREO DE MONÓXIDO DE CARBONO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS Y UNA PLATAFORMA COMO SERVICIO EN LA NUBE PARA UNA RESIDENCIA
Autor	Edison Marcelo Carrión Ortiz
Fecha	Marzo del 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	MSc. Edgar Maya

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Yo, Carrion Ortiz Edison Marcelo, con cedula de identidad Nro. 100332407-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales dela obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de marzo de 2016

EL AUTOR:


.....
Carrion Ortiz Edison Marcelo
100332407-4
Ibarra, Marzo del 2016




UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Carrión Ortiz Edison Marcelo, con cedula de identidad Nro. 100332407-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema: SISTEMA DE MONITOREO DE MONOXIDO DE CARBONO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS Y UNA PLATAFORMA COMO SERVICIO EN LA NUBE PARA UNA RESIDENCIA. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.


Carrión Ortiz Edison Marcelo
100332407-4
Ibarra, Marzo 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, EDISON MARCELO CARRION ORTIZ, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Carrion Ortiz Edison Marcelo

100332407-4

Ibarra, Marzo del 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de Titulación “SISTEMA DE MONITOREO DE MONOXIDO DE CARBONO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS Y UNA PLATAFORMA COMO SERVICIO EN LA NUBE PARA UNA RESIDENCIA” Ha sido desarrollado por el señor Carrión Ortiz Edison Marcelo bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Edgar Maya", is written over a horizontal dotted line.

MSc. Edgar Maya
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a mis padres, Jaime y Guadalupe, dando gracias a Dios por tenerlos junto a mí, han sido y serán una parte fundamental en mi vida que por el constante apoyo y ejemplo recibido por ellos he llegado a concluir objetivos indispensables.

A mis hermanos Rolando y Alexandra que por la gracia de Dios siempre han estado junto a mí, me han apoyado desde cualquier lugar donde se han encontrado, dando ejemplo de perseverancia y lucha ante cualquier adversidad.

A mi Tía Bachi, que es mi segunda madre por estar siempre pendiente, apoyando de cualquier manera en lo que más sea posible, a mis primos Santiago y Belén que han sido como hermanos, por dar la fortaleza de seguir adelante para culminar este proyecto y a David demostrándole que para lograr cualquier objetivo se necesita de esfuerzo, empeño, sacrificio y ganas para cumplirlo.

Y a todos mis familiares y amigos por el apoyo recibido culmino una etapa más de mi vida muy importante y a la vez se inicia otra con muchos objetivos por cumplir.

Edison Marcelo Carrión

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente al Ing. Edgar Maya por los consejos y el tiempo brindado en las clases y principalmente por la ayuda para la realización de este proyecto, por su seguimiento constante para la culminación del mismo.

A los ingenieros docentes de la carrera gracias por haber ofrecido su ayuda dentro y fuera de las aulas.

A mis amigos que gracias a su colaboración ha sido indispensable en cada momento que pasó durante el ciclo de la vida universitaria.

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	I
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
PRESENTACIÓN	XX
CAPITULO I.....	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. ALCANCE	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4

CAPITULO II.....	6
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	6
2.1. REDES INALÁMBRICAS	6
2.2. REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS.....	8
2.3. COMPONENTES DE UNA RED WSN.....	9
2.3.1. Nodo Sensor.	9
2.3.1.1. <i>Sensores.</i>	10
2.3.1.2. <i>Transceptor (Tx/Rx).</i>	10
2.3.1.3. <i>Fuente de Alimentación.</i>	11
2.3.1.4. <i>Microcontrolador.</i>	11
2.3.2. Gateway.	11
2.3.3. Estación Base.....	11
2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED WSN.....	12
2.5. TOPOLOGÍAS DE UNA RED WSN	12
2.5.1. Topología en Estrella.....	12
2.5.2. Topología en Árbol.....	13
2.5.3. Topología en Malla.....	13
2.6. APLICACIONES DE UNA RED WSN	14
2.7. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	15
2.7.1. Estándar IEEE 802.15.4.....	16
2.7.1.1. <i>Capa Física.</i>	17
2.7.1.2. <i>MAC.</i>	19
2.7.2. Zigbee.	20
2.7.2.1. <i>Tipos de Dispositivos.</i>	20
2.7.2.1.1. Coordinador Zigbee (ZC).	20
2.7.2.1.2. Router Zigbee (ZR).	21
2.7.2.1.3. Dispositivo Final (ZED).	21
2.7.2.1.4. Dispositivos de funcionalidad completa (FFD).	21
2.7.2.1.5. Dispositivos de funcionalidad reducida (RFD).	21

2.7.2.2.	<i>Arquitectura Básica de Zigbee.</i>	21
2.7.2.3.	<i>Capa de Red (Zigbee Alliance).</i>	22
2.7.2.3.1.	Descubrimiento de la Red.	23
2.7.2.3.2.	Establecimiento de una Nueva Red.	23
2.7.2.4.	<i>Capa Aplicación (Zigbee Alliance).</i>	25
2.7.2.4.1.	Marco de Aplicación.	25
2.7.2.4.2.	Objeto de Dispositivo Zigbee.	25
2.7.2.4.3.	Sub-Capa de Soporte de Aplicación.	25
2.7.2.5.	<i>Seguridad en Zigbee.</i>	26
2.7.2.5.1.	Seguridad en Capa MAC.	26
2.7.2.5.2.	Seguridad en Capa de Red.	26
2.7.2.5.3.	Seguridad en Capa de Aplicación.	27
2.7.2.6.	<i>Funcionamiento de Módulos Zigbee</i>	27
2.7.2.6.1.	Modo Transparente.	27
2.7.2.6.2.	Modo Comandos.	27
2.7.2.6.3.	Modo API.	28
2.7.2.7.	<i>Módulos de transmisión inalámbrica Xbee.</i>	29
2.7.3.	Integración entre WSN y redes TCP/IP.	30
2.7.3.1.	<i>Nivel de Arquitectura.</i>	30
2.7.3.1.1.	Solución mediante Gateway.	30
2.7.3.1.2.	Solución mediante Redes Overlay.	31
2.7.3.2.	<i>Nivel de Protocolos de Interconexión.</i>	32
2.7.3.2.1.	Basados en Estándares.	32
2.7.3.2.2.	Protocolos de Interconexión AD-HOC.	33
2.8.	HARDWARE OPEN SOURCE	33
2.8.1.	Plataformas de Open Source.	33
2.8.2.	Arduino.	34
2.9.	MONÓXIDO DE CARBONO	36
2.9.1.	¿Qué es el Monóxido de Carbono?.	36
2.9.2.	Fuentes de generación de Monóxido de Carbono.	36
2.9.3.	Detalles de la intoxicación por monóxido de carbono (CO).	38
2.10.	PLATAFORMAS EN LA NUBE	39

2.10.1.	Definición de nube.....	39
2.10.2.	Modelos de la nube.....	40
2.10.2.1.	<i>Infraestructura como Servicio (IaaS)</i>	40
2.10.2.2.	<i>Software como Servicio (SaaS)</i>	41
2.10.2.3.	<i>PaaS (Plataforma como Servicio)</i>	42
CAPITULO III		44
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO	44
3.1.	UBICACIÓN DE RESIDENCIA	44
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA RESIDENCIA COMO ÁREA DE TRABAJO	45
3.3.	PARAMETROS A CONSIDERAR EL DISEÑO DE LA RED WSN.....	47
3.3.1.	Ambiente de Trabajo.....	47
3.3.2.	Manejo del Sistema.....	48
3.3.3.	Enlace inalámbrico.....	48
3.3.4.	Fuente de energía.....	48
3.3.5.	Exigencias de desempeño de la red.....	48
3.4.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	49
3.4.1.	Módulo sensor.....	50
3.4.2.	Modulo Central.....	51
3.5.	DISEÑO.....	51
3.5.1.	Proceso de sensado	52
3.5.1.1.	<i>Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7</i>	52
3.5.2.	Proceso de transmisión de datos.....	54
3.5.2.1.	<i>Arduino FIO</i>	55
3.5.2.1.1.	Características Generales.....	56
3.5.2.1.2.	Diagrama de pines y funciones.....	56
3.5.2.1.3.	Configuración conversor analógico digital.....	57
3.5.2.1.4.	Configuración comunicación UART.....	58
3.5.2.1.5.	Uso de Interrupciones.....	58
3.5.2.2.	<i>Arduino YUN</i>	59

3.5.2.2.1. Características Generales.	60
3.5.2.2.2. Características Especiales.	61
3.5.2.2.3. Configuración comunicación UART.	61
3.5.2.3. <i>Módulo Xbee</i>	61
3.5.3. Procesamiento de información.	63
3.5.4. Proceso de respuesta.	63
3.5.5. Proceso de alimentación.	64
3.5.5.1. <i>Cálculos de Alimentación</i>	64
3.6. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS	65
3.6.1. Módulo Nodo Sensor.....	65
3.6.2. Módulo Nodo Central.....	66
3.7. DISEÑO DEL SOFTWARE	67
3.7.1. Diagramas de flujo.....	68
3.8. USO DE PLATAFORMA PaaS.....	71
3.8.1. Interfaz de monitoreo.....	71
3.8.2. Visualización.	73
3.8.3. Alarmas.....	77
3.8.3.1. <i>Zapier</i>	78
3.8.3.2. <i>Xively</i>	79
3.8.3.3. <i>Creación de tareas en Zapier</i>	81
3.8.3.4. <i>Creación de Triggers en la plataforma Xively</i>	88
CAPITULO IV	91
4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MONITOREO	91
4.1. MODULOS SENSORES	91
4.2. PRUEBAS DE SENSADO	93
4.2.1. Datos en Tiempo Real.	93
4.2.2. Comparación de obtención de datos.	94
4.2.3. Generación de alarmas.....	95

4.3. PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	97
CAPITULO V.....	100
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1. CONCLUSIONES.....	100
5.2. RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS	103
GLOSARIO DE TÉRMINOS	105
ANEXOS	106
ANEXO A	107
ANEXO C.....	111
ANEXO D	114
ANEXO E.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de Redes Inalámbricas.	7
Figura 2. Elementos de una red WSN	9
Figura 3. Elementos de un nodo Sensor	10
Figura 4. Topología en Estrella	12
Figura 5. Topología en árbol	13
Figura 6. Topología en Malla	14
Figura 7. Modelo Estándar IEEE 802.15.4.....	17
Figura 8. Estructura de Canales definido por IEEE 802.15.4.....	18
Figura 9. Protocolo de capas de redes inalámbricas Zigbee	22
Figura 10. Estructura de trama API	28
Figura 11. Integración entre una red WSN y una red TCP/IP	30
Figura 12. Solución de Gateway.....	31
Figura 13. Solución de Overlay	32
Figura 14. Ejemplos de placas de Arduino	34
Figura 15. Actuación del monóxido de carbono.....	36
Figura 16. Modelos de nube.	40
Figura 17. Plano de Residencia	46
Figura 18. Posiciones de nodos sensores y nodo central en la residencia	47
Figura 19. Esquema de comunicación del sistema	49
Figura 20. Esquema general del sistema de monitoreo	52
Figura 21. Sensor MQ-7 Monóxido de Carbono	52
Figura 22. Diagrama Esquemático del sensor MQ-7	53
Figura 23. Formas de onda de funcionamiento del sensor	53
Figura 24. Placa Arduino FIO	55

Figura 25. Diagrama de Pines Arduino FIO	56
Figura 26. Placa Arduino YUN	59
Figura 27. Características Principales de Arduino YUN.....	61
Figura 28. Módulo Xbee S2	62
Figura 29. Diagrama Esquemático de los Nodos Sensores	66
Figura 30. Diagrama Esquemático del Nodo Central.....	66
Figura 31. Diagrama Esquemático Nodo Central.....	67
Figura 32. Diagrama de Flujo Inicio	68
Figura 33. Diagrama de flujo proceso 1	69
Figura 34. Diagrama de flujo - proceso 2.....	70
Figura 35. Página principal de Xively	73
Figura 36. Datos para crear la cuenta	73
Figura 37. Mensaje de Recepción de petición.....	74
Figura 38. Página de Log In para Xively.....	74
Figura 39. Panel principal de Xively	75
Figura 40. Requerimientos para agregar un dispositivo a la Plataforma.....	75
Figura 41. Códigos para trabajar con arduino y la plataforma	76
Figura 42. Visualización de datos monitoreados.....	76
Figura 43. Ubicación referente del dispositivo conectado a la Xively	77
Figura 44. Logo de Zapier	78
Figura 45. Pasos de automatización con Zapier	79
Figura 46. Página principal de Zapier	80
Figura 47. Datos para a la creación de la cuenta en Zapier	80
Figura 48. Página principal para la creación de zaps	81
Figura 49. Elección de Servicios a utilizar	81

Figura 50. URL generado para llamar desde Xively	82
Figura 51. Elección de una cuenta de Twitter	82
Figura 52. Mensaje para el tweet.....	83
Figura 53. Test para verificación de datos.....	83
Figura 54. Zap terminado y encendido para las tareas designadas.....	84
Figura 55. Elección de servicios a utilizar.....	84
Figura 56. Url generada por Zapier	84
Figura 57. Elección de la cuenta de Facebook a utilizar	85
Figura 58. Mensaje de estado para Facebook.....	85
Figura 59. Elección de los servicios a utilizar	86
Figura 60. URL generada de Zapier para el uso de Twilio	86
Figura 61. Elección de una cuenta Twilio	86
Figura 62. Datos requeridos para el envío de mensajes	87
Figura 63. Zap creado y encendido.	88
Figura 64. Panel de Alertas creadas y activadas.....	88
Figura 65. Opción para agregar alertas en Xively.....	89
Figura 66. Trigger creado para la alerta vía Facebook	89
Figura 67. Condiciones creadas para la generación de alertas remotas.....	90
Figura 68. Modulo nodo Sensor	91
Figura 69. Vista inferior nodo sensor	92
Figura 70. Modulo Nodo Central	92
Figura 71. Datos mostrados en la plataforma Xively	94
Figura 72. Alerta generada por facebook.	96
Figura 73. Alerta por mensaje de texto.....	96
Figura 74. Alerta generada por Twitter	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales tecnologías inalámbricas.....	15
Tabla 2. Frecuencias de canales IEEE 802.15.4.....	18
Tabla 3. Comparación módulos Xbee	29
Tabla 4. Comparación de placas Arduino	35
Tabla 5. Concentración de Monóxido de Carbono.....	38
Tabla 6. Ventajas y Desventajas de la nube	39
Tabla 7. Especificaciones Técnicas del MQ-7	54
Tabla 8. Características generales de Arduino YUN.....	60
Tabla 9. Consumo de dispositivos en un nodo sensor.....	64
Tabla 10. Comparación entre Exosite y Xively.....	72
Tabla 11. Medición de Fuentes Generadoras de CO	95
Tabla 12. Presupuesto Referencial de Sistema de Monitoreo	97

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.

El primer capítulo contiene la descripción de los antecedentes del proyecto, donde se detalla la problemática existente, los objetivos a cumplir, el alcance, la justificación que explica las razones adecuadas para la solución del problema propuesto.

En el segundo capítulo se encuentra los fundamentos teóricos para el desarrollo del proyecto, donde se detallan las tecnologías inalámbricas, características de una red de sensores inalámbricos y los componentes básicos para una correcta funcionalidad. Asimismo, se detalla acerca del Hardware Open Source, modelos de la Nube, Intoxicación por monóxido de Carbono en el ser humano.

Para el tercer capítulo, se plantea el diseño de la red WSN, parte fundamental del sistema de monitoreo, tomando en cuenta los parámetros de diseño y en base a esto los requerimientos de hardware y software. También se elige la plataforma de la nube a utilizar en el monitoreo y la generación de las alertas internas y remotas.

Inmediatamente se describe el proceso de implementación del sistema en la residencia elegida, las ubicaciones de los nodos y las pruebas de funcionamiento para que se tenga constancia que el objetivo del proyecto se cumple. De igual manera se detalla un presupuesto referencial en donde abarca todos los componentes utilizados en el desarrollo del proyecto.

Finalmente en el capítulo cinco están las conclusiones y recomendaciones obtenidas al haber concluido el proyecto.

ABSTRACT

This project is to implement a system to monitor carbon monoxide and to provide environmental safety in a residence, it is based on a wireless sensor network and a platform as a service in the cloud with the objective of saving and caring human lives by poisoning deadly gases.

The first chapter has the description of the precedents of the project, where the existing problematic is detailed, the aims to get the scope, the justification explaining the adapted reasons for the solution of the proposed problem.

In the second chapter there are the theoretical foundations for the development of the project, where the detailed wireless technologies are explained, some characteristics of the wireless sensors network and the basic components for a correct functionality. Likewise, it is detailed Hardware Open Source, models of the Cloud, carbon monoxide poisoning in the human.

In the third chapter, the proposal of design of the network WSN, fundamental part of the monitoring system, taking in count the design parameters and according to this the requirements of hardware and software. Also the platform of the cloud is chosen for monitoring and the generation of the internal and remote alerts.

Immediately, the process of implementation of the system in the chosen residence is described, the locations of the nodes and the tests of functioning in order to check that the aim of the project fulfills. In the same way a referential budget is detailed, where it includes all the components used in the carrying out of the project.

Finally, in the chapter five, the conclusions and recommendations are explained, once it has been concluded.

PRESENTACIÓN

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.

CAPITULO I

En el presente capítulo se describe los antecedentes en donde se describen, la problemática a resolver, los objetivos que se desea cumplir, el alcance que tiene el proyecto y una justificación en la cual argumente lo propuesto para el desarrollo del proyecto.

1. ANTECEDENTES

1.1. PROBLEMA

La intoxicación debida a la inhalación de monóxido de carbono, tienen sus efectos letales contra la salud humana, este gas que es sin olor y sin color, es producido por una combustión incompleta como por ejemplo de: gas natural, gasolina, leña, etc. En el hogar, la fuente más común del monóxido de carbono es por parte de una mala instalación de un calefón o este se encuentre en un estado inapropiado, también el mal uso de los quemadores en una cocina hace que se genere este gas tóxico que puede llegar a ser mortal para el ser humano.

La gran demanda de calefones que existe en hogares del país, ha hecho que se realicen campañas en las cuales se brinde información a los ciudadanos sobre la implicación de la contaminación y efectos por la existencia del monóxido de carbono en los hogares y que es de suma importancia para la salud; el tener solo información de lo que puede ocurrir no llega a ser suficiente para brindar seguridad ante eventos de este tamaño en los cuales ponen en riesgo vidas humanas.

Una alternativa para lograr controlar la tasa de accidentes en hogares debido a la intoxicación por este tipo de gases como el monóxido de carbono es desarrollar un sistema de monitorización el cual nos permita obtener información sobre la existencia de gas en el

lugar y de acuerdo a esta información se genere alertas o alarmas sea internamente en el sitio o fuera del mismo, es decir, se pueda acceder a esta información desde cualquier lugar remoto, proponiendo así una manera en la cual se tenga precaución con este tipo de riesgos en cualquier momento y se pueda evitar pérdidas de vidas humanas.

Con los accidentes que se han venido registrando por causa a este tipo de intoxicaciones, y que en muchas ocasiones han terminado en tragedias, se desea llegar a tener una opción para evitar estos problemas y con un constante aumento en el acceso a las TIC's en el país, se pueda tener mayores posibilidades de mejorar la calidad de vida para los habitantes, utilizando y manejando herramientas que aprovechen estos recursos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General.

Implementar un sistema de monitoreo de monóxido de carbono mediante una red de sensores inalámbricos y plataforma como servicio en la nube para brindar seguridad ambiental en una residencia.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Considerar las implicaciones del monóxido de carbono en la salud humana y las posibles soluciones preventivas hacia éstas.
- Describir sobre las topologías existentes para el desarrollo de una WSN mediante el análisis de características para elección de la mejor opción.
- Analizar la plataforma como servicio de la nube mediante la comparación de diferentes modelos para que pueda obtener un adecuado monitoreo de red del sistema.
- Definir el diseño de la red de acuerdo a funcionalidades básicas de una red WSN para la lectura de sensores de monóxido de carbono.

- Efectuar pruebas del sistema de monitoreo mediante simulaciones que demuestren su correcta funcionalidad.
- Realizar un presupuesto referencial del sistema de monitoreo y comparar con otras alternativas del mercado para una residencia.

1.3. ALCANCE

El presente proyecto tiene como objetivo implementar un sistema de monitoreo de monóxido de carbono en una residencia mediante una red de sensores inalámbricos (WSN), la cual nos permitirá recolectar información por medio de sensores, valores de monóxido de carbono y generar alertas en el caso de que los datos obtenidos sobrepasen cantidades de este tipo de tóxico que sean perjudiciales para la salud.

Primeramente, dará explicaciones acerca del monóxido de carbono, fuentes generadoras, y las causas y efectos que puede traer a la salud humana la contaminación del monóxido de carbono, para conocer el ámbito en el cual se va dar una solución.

Se realizará un análisis, descripción y comparación de los diferentes tipos de topologías en una red WSN para satisfacer la elección de la mejor tecnología a utilizar en estos ambientes cerrados, demostrando así ventajas y desventajas entre estándares inalámbricos

Se analizará algunas opciones de modelos de plataformas en la nube como servicio (PaaS) y definir la opción de una plataforma que nos brinde los requerimiento adecuados que en este caso para el uso de monitoreo de la red de sensores y nos ayude generando alertas localmente y remotamente, con el fin de evitar tragedias en lugares cerrados, cuando nadie se encuentre en estos y se pueda saber de alguna eventualidad imprevista.

Las alertas que se generen localmente serán de forma auditiva, en la cual se reproducirá una alarma sonora en la que anuncie de la existencia de valores del gas fuera de lo normalmente establecido.

Para la advertencia de forma remota se utilizará una conexión con servidores de correo electrónico y de redes sociales, esto con la ayuda de la plataforma como servicio de la nube, la cual permitirá enviar mensajes de alerta en el cual nos informe de los datos que se obtienen de los sensores que se encuentran instalados en el sistema, y que se podrá verificar éstos datos en gráficas que se mostrarán en la plataforma de la nube.

Para el diseño del sistema de monitoreo se tomará en cuenta los nodos que deben existir para la comunicación de los sensores, el Gateway, el cual nos permitirá la conexión entre la comunicación inalámbrica y la comunicación TCP/IP, y se tendrá que toda la información recolectada por parte de los sensores sea enviada hacia la plataforma en la nube y se pueda tener acceso a esta desde cualquier sitio que posea una conexión a Internet.

Para nuestro caso el gateway a utilizar será una plataforma de código abierto (open source), el cual contenga módulos Ethernet o WiFi que son los que permitirán acceder hacia la Internet y por lo tanto hacia la nube y por otro lado la comunicación inalámbrica para la obtención de datos de los sensores. Para la selección del tipo de topología de la red se procederá a realizar una comparación y elegir la más adecuada para el sistema propuesto.

Se procederá a realizar pruebas de diagnóstico de funcionamiento del sistema simulando valores de monóxido de carbono, el cual nos ayude a comprobar un óptimo desempeño del sistema en cualquier tipo de condiciones, y finalmente se brindara un presupuesto referencial de todos los componentes adquiridos y utilizados en el desarrollo del proyecto.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Debido al riesgo en el que se encuentra una persona que este expuesta a gases tóxicos como es el ejemplo principal al monóxido de carbono se desea implementar este sistema el cual, nos permita censar cantidades de monóxido de carbono existentes en un ambiente

cerrado como el que puede haber en una vivienda y alertar dentro o fuera del lugar cuando exista este peligro y así evitar desastres o pérdidas de vidas humanas.

Ya que este tipo de gases no son perceptibles a simple vista y tampoco tienen olor se necesita de dispositivos especiales para su medición o para saber su existencia en algún lugar.

Aunque no se tenga un número determinado de tragedias debido a la intoxicación por gases como el monóxido de carbono, el riesgo es alto, ya que una persona con estar una hora o más expuesta a estos gases traerá consecuencias graves.

El mayor riesgo en el cual puede existir el monóxido de carbono para ambientes cerrados es por fugas de este gas en el uso de los calefones, a pesar de que el Gobierno del Ecuador ha difundido el cambio de estos aparatos y ha promovido el uso de la energía eléctrica, para reducir el uso de gas, debe existir un proceso paulatino que no se lograra en poco tiempo, es decir que aún se tendrá riesgos de esta magnitud en las residencias si no se procede a tener un ambiente monitoreado y evitar catástrofes.

Al sistema también para una nueva propuesta se lo puede ampliar con la conexión de otros sensores, es decir, se diseñara el sistema con la ventaja que será un sistema flexible y escalable con el fin de que se dé soluciones de acuerdo a las necesidades que puedan generarse en una residencia, logrando así una mejor calidad de vida.

CAPITULO II

En este capítulo se describe acerca de las redes de sensores inalámbricas (WSN), características, topologías, componentes de una WSN, aplicaciones en donde se puede dar uso a las redes de sensores. También se toma en cuenta la tecnología Zigbee y el estándar IEEE 802.15.4, que son pilares fundamentales en cuanto a la comunicación inalámbrica para el uso de la red WSN, además se señala lo que es Hardware Open Source, modelos de la nube (cloud) principalmente las plataformas como servicios (PaaS), información acerca de monóxido de carbono, fuentes generadoras, riesgo del ser humano ante este tipo de gas tóxico.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. REDES INALÁMBRICAS

Al hablar de la comunicación mediante redes inalámbricas, se engloban varias tecnologías en las cuales se han venido desarrollando este tipo de comunicaciones, a tal punto en el que tecnologías como la telefonía fija poco a poco se ha venido reemplazando por la telefonía móvil, el tener acceso a Internet mediante cualquier dispositivo personal cada vez en más fácil y asequible.

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. En el sitio web de Comunidad Informática CCM, 2015 indica: “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”.

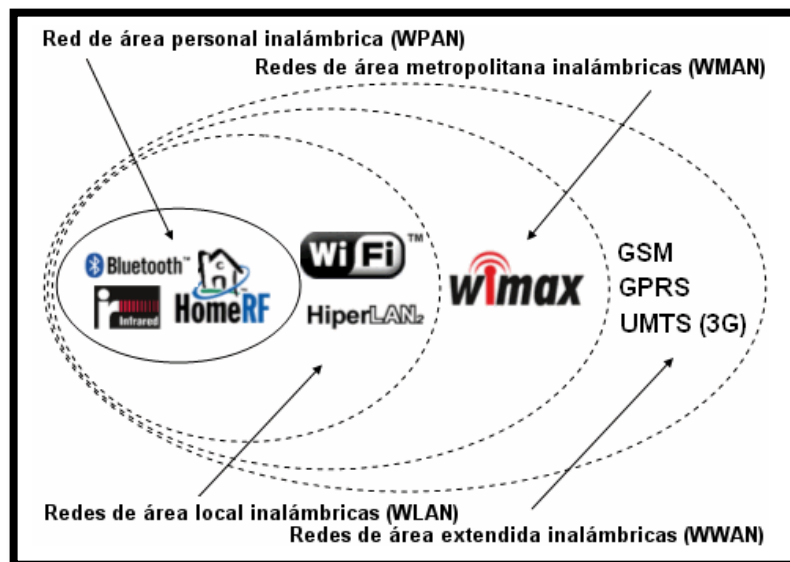


Figura 1. Clasificación de Redes Inalámbricas.
Fuente <http://es.kioskea.net/contents/818-redes-inalambricas>

Como muestra la Figura 1, está la clasificación de las redes inalámbricas de acuerdo al alcance, y según el estándar al cual se establecen y a continuación esta la descripción de cada uno.

WPAN.- Redes de Área Personal. Redes de corto alcance que comprende alrededor de unos 10 metros, se basa en los estándares 802.15, normalmente utilizadas para conectar varios dispositivos portátiles personales sin necesidad de cables. (Camargo, 2009)

WLAN.- Redes de Área Local. Es una red que cubre un equivalente a una red local de una empresa, permite que los usuarios puedan movilizarse en un área específica, se basa en los estándares 802.11.

WMAN.- Redes de Área Metropolitana. Estas redes ofrecen una velocidad efectiva de 1 a 10 Mbps teniendo un alcance de hasta 10 kilómetros, WiMAX es una de las tecnologías que pueden llegar a tener velocidades de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros. Se basa en el estándar 802.16.

WWAN.- Redes de Área Extensa.- Tienen el alcance más amplio entre todas las redes inalámbricas, un ejemplo de este tipo de red son las tecnologías de la telefonía móvil, como GSM, UMTS, HSPA, LTE, etc. (Comunidad Informativa, 2014)

2.2. REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Las redes de sensores inalámbricos o simplemente llamadas WSN, constituyen una herramienta tecnológica indispensable para el lograr recolectar información de un entorno específico. Este tipo de redes se diseñan y se forman mediante plataformas de hardware, las cuales poseen un limitado espacio de memoria, procesamiento, energía, etc. y para este tipo de redes existen protocolos los cuales se adaptan a la forma de trabajo de estas plataformas como pueden ser Zigbee, 802.15.4, Bluetooth, etc.

Los protocolos mencionados anteriormente no son compatibles con lo que se maneja en internet que es el protocolo TCP/IP, esto conlleva a que se necesite implementar diferentes técnicas sea tanto software como hardware, para lograr una mejor presentación de datos recolectados por la WSN.

Las redes de sensores inalámbricos WSN permiten obtener información y poder transmitirla en el ambiente en donde se encuentran desarrollados, es así que estas redes tienen aplicaciones en varios campos o áreas en las cuales se pueden desplegar tales como: en la agricultura, monitoreo del medio ambiente, monitoreo de pacientes en una casa de salud, seguridad en una casa o edificio, etc.

En fin una red WSN se basa en el uso de dispositivos de bajo coste 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. (National Instruments, 2009)

2.3. COMPONENTES DE UNA RED 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 2.

Cada nodo sensor se comunica con un Gateway central el cual es el que permite la conexión entre la red de sensores inalámbrica y la red TCP/IP, para así tener una presentación de los datos que se obtienen de las diferentes medidas que realizan los sensores (Fernandez Barcell, 2014).

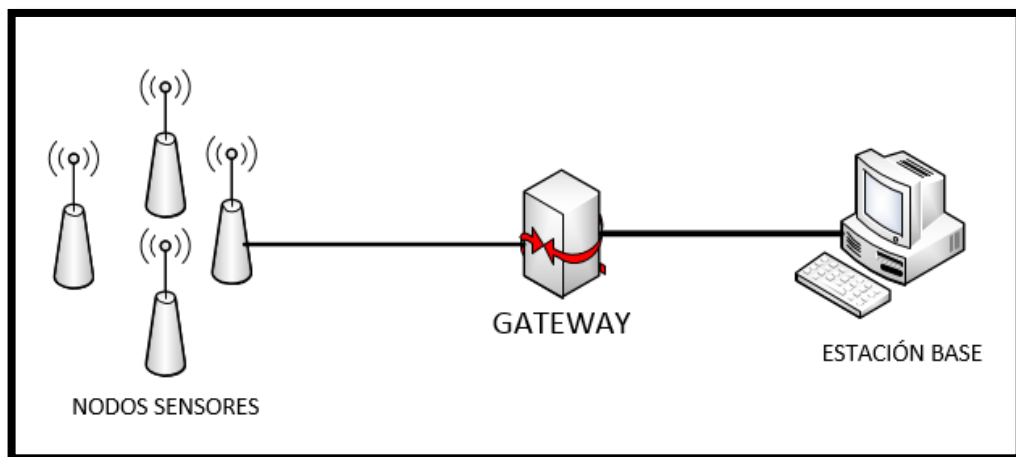


Figura 2. Elementos de una red WSN

2.3.1. 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. Constan de un sensor o más sensores, microcontrolador, transceptor, fuente de energía, como muestra la Figura 3 (Fernandez Barcell, 2014).

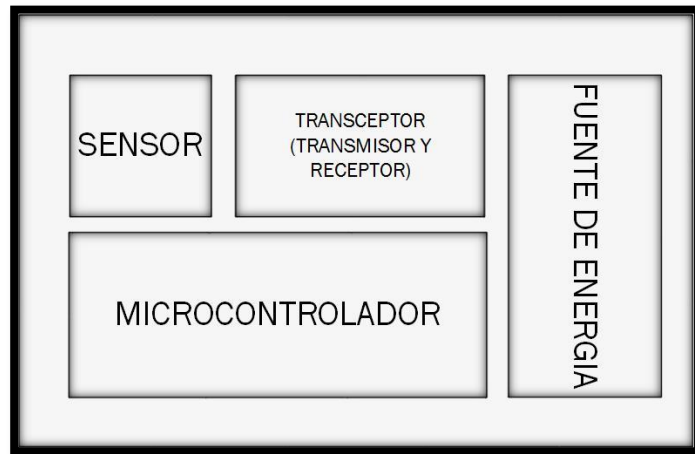


Figura 3. Elementos de un nodo Sensor

2.3.1.1. *Sensores.*

Son dispositivos los cuales permiten obtener medidas sobre un cambio en un estado físico, es decir, los sensores detectan cambios en el área en donde se encuentran monitorizando, como es el ejemplo de sensores de temperatura, humedad, gases, etc.

Los sensores son de distinta tecnología y naturaleza por el cual existen sensores digitales y analógicos, en el caso de medición ambiental la mayoría son sensores analógicos, por consiguiente, la señal analógica continua es receptada y digitalizada por un convertidor análogo-digital y esta señal digital es enviada al microcontrolador para que sea procesada.

2.3.1.2. *Transceptor (Tx/Rx).*

El transceptor es el que permite la comunicación entre los nodos sensores y el gateway central de manera inalámbrica dentro de su rango de cobertura en la red WSN, es decir envía y recibe la información recolectada por los sensores para que ésta sea procesada.

Las WSN debido a las consideraciones de requerir el ahorro de energía se basan generalmente en el estándar IEEE 802.15.4 y Zigbee, pero de acuerdo a la necesidad de las aplicaciones, se maneja diferentes protocolos inalámbricos.

2.3.1.3. Fuente de Alimentación.

En sitios en los cuales no se tiene acceso a una toma de corriente, lo más viable es el uso de pilas o baterías, esto implica que el dispositivo o nodo sensor debe consumir la menor cantidad posible de energía para que exista una larga duración de las baterías sin dejar a un lado la continua conectividad del nodo sensor.

En caso de que exista cerca una toma de corriente, para este caso se utiliza adaptadores con transformadores con salidas en donde sea adaptables a los nodos sensores.

2.3.1.4. Microcontrolador.

Es el cual se encarga de procesar toda la información receptada por los sensores y de igual manera prepararlos para ser transmitidos en la red WSN. De igual manera en el microcontrolador, a parte del procesador, existen las memorias en donde se almacena cierta información para que el sistema pueda funcionar de una manera correcta y adecuada.

2.3.2. 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.

En aplicaciones en donde se usan las redes WSN, debe existir un lugar en donde se muestre la información monitoreada por los sensores, es así que surge la necesidad de tener una comunicación entre la red de sensores y la red de datos sean estas Internet, redes LAN, etc.

2.3.3. 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.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED WSN

Entre las características principales y relevantes de una red WSN se encuentran las siguientes:

- Amplia cobertura de Red
- Dispositivos destinados a ser extremadamente pequeños
- Nodos con reducido consumo de energía y memoria
- Topología dinámica: nodos auto-configurables, tolerancia a fallos y presentan una elevada fidelidad.
- Coste bajo
- Fácil integración en áreas como la agricultura, biología, medicina

2.5. TOPOLOGÍAS DE UNA RED WSN

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

2.5.1. 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.

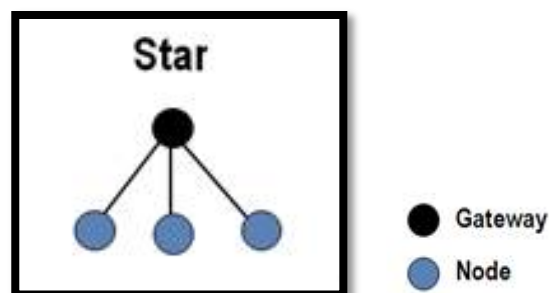


Figura 4. Topología en Estrella

Fuente: National Instruments
<http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>

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 4, existe un gateway o coordinador y nodos conectados directamente a este gateway formando así una topología tipo estrella.

2.5.2. Topología en 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.

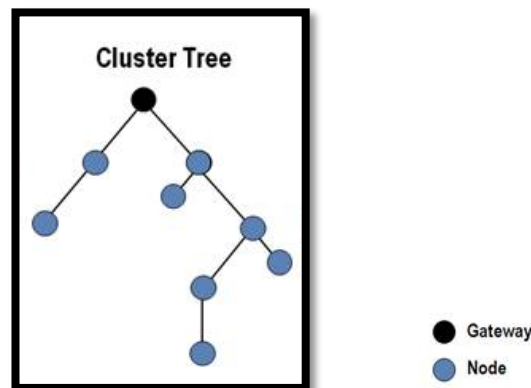


Figura 5. Topología en árbol
Fuente: National Instruments
<http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>

2.5.3. 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. (National Instruments, 2009)

Como se muestra en la Figura 6 en este tipo de topología, existe la gran diferencia con respecto a la topología de árbol es que existe redundancia el hecho que todos los nodos hacen una malla y tienen varias rutas de conexión.

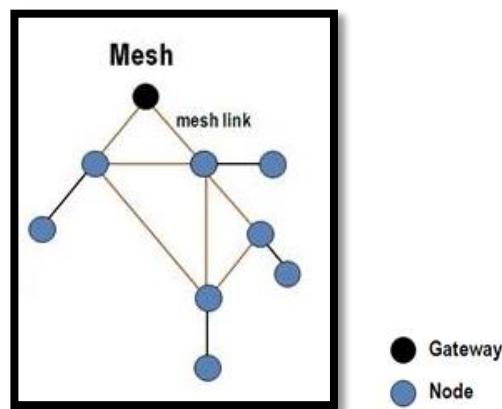


Figura 6. Topología en Malla
Fuente: National Instruments
<http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>

2.6. APLICACIONES DE UNA RED WSN

Las redes WSN son sistemas de nodos de tamaño reducido, con la capacidad de recibir y procesar información y a un coste bajo y que ayudan con la medición de variables medioambientales y después esta información enviar a un Gateway o estación base.

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 era imposible acoplar. (Fernandez Barcell, 2014) Hace referencia a 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

2.7. 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.

Las tecnologías que se emplean para dicha comunicación se pueden definir y clasificar de acuerdo al alcance que tienen estas.

Tabla 1
Principales tecnologías inalámbricas

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

Como se muestra en la Tabla 1 las diferentes tecnologías inalámbricas y que de acuerdo a las características detalladas, las tecnologías que son más utilizadas para el diseño de una

red WSN son Zigbee y Bluetooth, debido a la baja transferencia de datos, corto alcance, baja potencia de consumo, que son considerables para el manejo de redes de sensores inalámbricos.

Aunque entre las dos tecnologías Bluetooth y Zigbee son muy similares, existen diferencias las cuales hacen que Zigbee sea la opción más adecuada para este tipo de redes.

- Una red zigbee puede llegar a constar de 65535 nodos distribuidos, frente a 8 máximos que puede tener bluetooth.
- Menor consumo de parte de zigbee, debido a que la mayor parte del tiempo se encuentran en estado sleep a diferencia de bluetooth que tiene que estar constantemente enviando y recibiendo información.
- La máxima tasa de transmisión de zigbee es de 250 Kbps en cambio de bluetooth llega a ser 3 Mbps

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.

2.7.1. 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 7 muestra las capas en las que trabaja el protocolo 802.15.4., que son las capas Física y MAC.

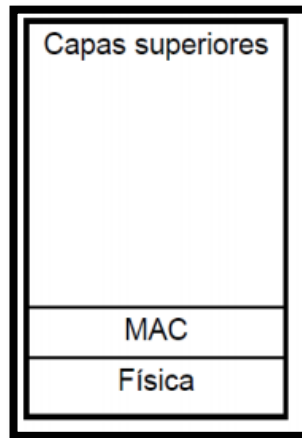


Figura 7. Modelo Estándar IEEE 802.15.4

El protocolo IEEE 802.15.4 fue desarrollado para que trabaje en ambientes complejos, en la cual puede existir colisión de tramas, pérdida de datos, etc., para lo cual existen métodos los que permiten que el estándar llegue a ser robusto.

2.7.1.1. 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.

El estándar IEEE 802.15.4 ofrece dos opciones en esta capa para tener un amplio rango de aplicaciones deseado, esto se basa principalmente en las frecuencias de trabajo existentes que proporciona el estándar.

- La PHY que trabaja en frecuencias de 868/915 MHz con bajas velocidades de 20/40 kbps.
- La PHY que trabaja en frecuencias de 2,4 GHz llegando a velocidades de 240 kbps.

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. (Mayné, 2011)

En la Figura 8 se puede ver de mejor manera como se encuentran divididos los canales en la cual trabaja el estándar IEEE 802.15.4.

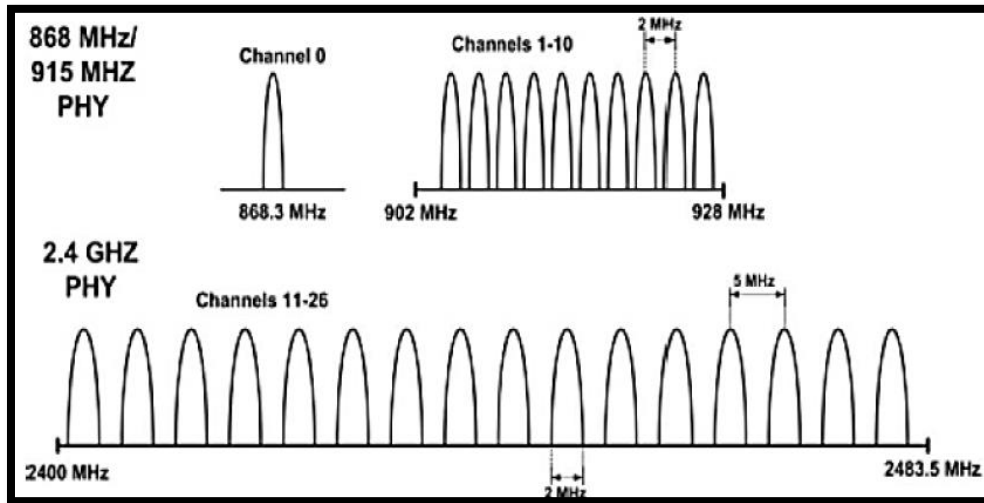


Figura 8. Estructura de Canales definido por IEEE 802.15.4
Fuente: <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>

El cálculo de las frecuencias medias de cada canal se muestra a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2
Frecuencias de canales IEEE 802.15.4

Número de Canales	Frecuencia central del Canal (MHz)
$k = 0$	868.3
$K = 1, 2, \dots, 10$	$906 + 2(k-1)$
$k = 11, 12, \dots, 26$	$2405 + 5(k-11)$

Recuperado de: <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>

Entre las funciones de la capa Física con el medio están las siguientes:

- Estimación del canal
- Comunicación a nivel de bit

Además la capa física ofrece dos servicios a la subcapa MAC

- PHY Data Service.- Mecanismo de envío de datos

- PHY Management Services.- Mecanismos para controlar la configuración y funcionalidad de las comunicaciones de radio.

2.7.1.2. *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

Las técnicas que utiliza el estándar para que no exista colisión de tramas y evite que todos los nodos quieran transmitir al mismo tiempo son:

- CSMA-CA: Para esta técnica cada nodo primero debe analizar cómo se encuentra la red antes de iniciar su transmisión, mientras tanto espera un tiempo al azar e intenta de nuevo realizar su transmisión.
- GTS: Esta es una garantía de tiempo, existe un coordinador el cual se encarga de ofrecer slots de tiempo para cada nodo pueda transmitir, de esta manera cada nodo sabe en qué momento debe iniciar su transmisión, este coordinador se lo conoce como PAN.

Para proporcionar un GTS, el coordinador PAN debe cerciorarse que todos los nodos se encuentren sincronizados, esto lo realiza enviando un beacon, que es un mensaje de formato específico que se usa para sincronizar el reloj de todos los nodos conectados a la red. En cambio al no usar mensajes de beacon, es el caso en el que se utiliza el mecanismo CSMA-CA, a estas redes se las denomina nonbeacon, no poseen un GTS y por lo tanto el tiempo de transmisión es libre para cada nodo (Mayné, 2011).

2.7.2. Zigbee.

Zigbee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 el cual se lo define con el 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. (Tecnologías, Servicios Telemáticos y Sistemas, S.A., 2014)

Los dispositivos basados en esta tecnología operan en bandas de frecuencias de 866 MHz, 915MHz y 2.4 GHz, aunque la banda más utilizada es la banda de 2.4GHz por lo siguiente:

- Uso sin licencia en todo el mundo
- Mayor tasa de transferencia de datos y mayor número de canales
- Menor consumo de potencia

2.7.2.1. Tipos de Dispositivos.

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. Según el estándar IEEE 802.15.4 están:

2.7.2.1.1. Coordinador Zigbee (ZC).

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.

2.7.2.1.2. Router Zigbee (ZR).

Este dispositivo se encarga de interconectar dispositivos que se encuentren separados en la topología de red.

2.7.2.1.3. Dispositivo Final (ZED).

Cumple con la funcionalidad de comunicarse con un dispositivo mayor, es decir, un router o un coordinador pero no puede comunicarse con otros dispositivos.

La clasificación de dispositivos según la Alianza Zigbee está:

2.7.2.1.4. Dispositivos de funcionalidad completa (FFD).

Se los conoce como nodos activos, tienen la capacidad de recibir mensajes según el formato 802.15.4 gracias a la memoria adicional y la capacidad de computar; se lo puede utilizar como router zigbee o también en dispositivo de red para que trabaje como interfaz del usuarios.

2.7.2.1.5. Dispositivos de funcionalidad reducida (RFD).

Se los conoce como nodos pasivos, tiene la capacidad limitada, en resumen son los sensores o actuadores que se encuentran en una red.

2.7.2.2. Arquitectura Básica 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 9.

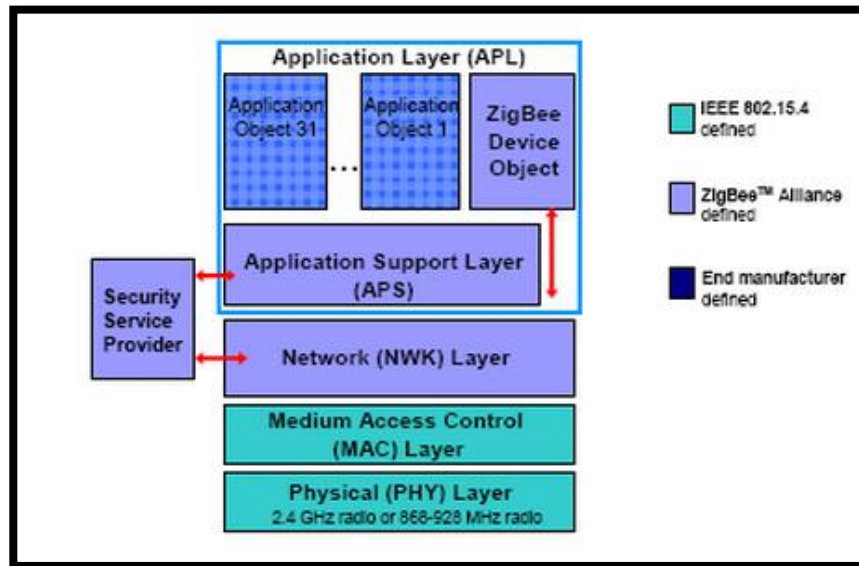


Figura 9. Protocolo de capas de redes inalámbricas Zigbee
Fuente: <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>

En resumen, como muestra la Figura 9, el stack de Zigbee consta de 3 capas fundamentales y principales las que son: Capa Física, Capa de Red, Capa Aplicación, en el cual dentro de la capa Física como son las subcapas PHY y MAC están definidas por el protocolo IEEE 802.15.4 que ya se mencionó anteriormente, y la capa de red y aplicación están definidas por la Alianza Zigbee.

2.7.2.3. Capa de Red (Zigbee Alliance).

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. (Gutierrez, 2015)

Entre las funcionalidades más importantes de la Capa de Red se pueden mencionar:

2.7.2.3.1. Descubrimiento de la Red.

Este objetivo de la capa de red se basa en informar a las capas superiores acerca de las redes zigbee que están operando dentro de la zona de cobertura de algún dispositivo; al generarse este descubrimiento, la capa de red solicita a la capa MAC que realice una revisión rápida a un grupo de canales y pueda indicar en que canales están las redes detectadas y permitan que otros dispositivos puedan unirse a estas redes.

2.7.2.3.2. Establecimiento de una Nueva Red.

Para conseguir el establecimiento de una nueva red, se necesita que un dispositivo actúe o tenga la capacidad de trabajar como un coordinador en red zigbee, estos dispositivos son los únicos que pueden formar una red. Para establecer una nueva red existe un procedimiento el cual va realizar el dispositivo coordinador.

- Solicitarle a la capa MAC que realice la detección de energía del canal, para un grupo o también para todos.
- Ya realizado la detección, se ordena de mayor a menor la calidad de los canales.
- Se eliminan los canales en donde exista un índice alto de interferencia.
- Se ejecuta un escaneo para cada uno de los canales restantes.
- Se elige el canal de menos interferencia y el que menos este utilizado por otras redes Zigbee.
- Al seleccionar el canal automáticamente se asigna un identificador de red menor al valor hexadecimal 0xFFFF.
- Se indica a la capa MAC el valor asignado anteriormente.
- El coordinador se auto asigna la dirección 0x0000.
- Se finaliza indicándole a la capa MAC que la red ha sido creada.

De igual manera como existe un proceso para el establecimiento de una nueva red, hay un proceso para unirse a una red:

- Se hace descubrimiento de red
- Al seleccionarse la red, se hace una lista identificando los posibles dispositivos principales sea un router o coordinador que este dentro de la zona de cobertura del dispositivo a unirse.
- Se debe tener en cuenta que el coordinador tiene más jerarquía que un router y en caso de que no exista un coordinador al alcance, se debería hacer una revisión de los routers y se escoge el que a menor distancia se encuentre al coordinador.
- El dispositivo que se va a unir a la red envía la dirección larga, que es la dirección única al nodo coordinador o router.
- El nodo que recibe la dirección procede a almacenar la dirección larga y le asigna una dirección corta al nuevo nodo integrante de la red, permitiendo así la comunicación entre los dispositivos.

Los dispositivos que pueden permitir que nuevos nodos se puedan conectar a una red son un router o un coordinador que como se mencionó son los únicos que pueden crear redes.

En el caso de que un nodo desee abandonar la red, existen dos modos para que se realice esto: el primero es que el nodo coordinador decide que un dispositivo ya no pertenezca a la red y el segundo es que el dispositivo informe al nodo coordinador que ya no quiere formar parte de la red, para que esto funcione correctamente, el coordinador debe actualizar su tabla de vecindad y se pueda garantizar que el nodo que se lo excluyo ya no aparezca como un dispositivo perteneciente a la red. (Barneda Faudot, 2008)

2.7.2.4. Capa Aplicación (Zigbee Alliance).

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). (Barneda Faudot, 2008)

2.7.2.4.1. Marco de Aplicación.

Encargado de manejar las diferentes aplicaciones que opera un dispositivo, cada dispositivo soporta un total de 240 aplicaciones distintas, y cada aplicación consta de un punto de acceso diferente.

2.7.2.4.2. Objeto de Dispositivo Zigbee.

Entre los trabajos en donde el ZDO está a cargo son: Definir el rol que va cumplir un dispositivo en la red, iniciar y responder a las necesidades de las aplicaciones del dispositivo, constituir una relación segura entre los dispositivos de la red y detectar dispositivos en la red.

2.7.2.4.3. Sub-Capa de Soporte de Aplicación.

Proporciona un servicio de interfaz de servicios de datos tales como la transmisión y recepción de tramas entre la capa de red y la capa de aplicación. Tiene funciones como:

- Mejora la fiabilidad de la transmisión de datos a través del reintentos de servicios.
- Genera el PDU de capa Aplicación
- Genera el cambio de mensajes al estar dos puntos de acceso de dispositivos relacionados
- Descarta mensajes que ya se dieron por recibidos.

2.7.2.5. 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.

2.7.2.5.1. Seguridad en Capa MAC.

Específicamente una de las prioridades de dar seguridad en Zigbee, es proteger los marcos de entrada y de salida, esto lo hace utilizando niveles de seguridad donde ofrecen servicios de solo integridad y solo cifrado.

2.7.2.5.2. Seguridad en Capa de Red.

Una de las responsabilidades primordiales de la capa de red, es de proporcionar la capacidad de enrutamiento de los mensajes mediante enlaces multi-saltos. Las solicitudes de mensajes de ruta y redirección de mensajes de respuesta se envían simultáneamente a los dispositivos cercanos; si la clave de enlace correspondiente no está disponible, la capa de red activa todas las claves de red para proteger los marcos de red entrante y saliente con el fin de defenderse de mensajes de intrusos.

2.7.2.5.3. *Seguridad en Capa de Aplicación.*

Cuando se genere una trama en la capa aplicación, la encargada de la seguridad será la subcapa APS, la cual proporciona seguridad de imágenes basándose en las claves de red. Otra responsabilidad de esta capa es la de brindar la clave para el transporte, establecimiento de ZDO con claves. Zigbee en la seguridad que proporciona usa tres tipos de claves:

- Claves de red.- Esta clave se la utiliza a nivel de capa de red, todos los dispositivos miembros de una misma red, tienen que tener una misma clave.
- Claves de Enlace.- Este tipo de clave es de suma importancia cuando se realiza enlaces punto a punto, solo tendrán conectividad los que posean la misma clave.
- Clave Maestra.- Esta clave es utilizada por los dispositivos para el inicio de la comunicación para generar la clave de enlace. Esta clave no se utiliza para encriptar ni cifrar tramas. (Glen & Moreno, 2012)

2.7.2.6. *Funcionamiento de Módulos Zigbee*

Para el funcionamiento de los diferentes Módulos Zigbee existen tres diferentes formas de configuración: Modo Transparente, Modo Comandos (Comandos AT) y Modo API. (Barneda Faudot, 2008).

2.7.2.6.1. *Modo Transparente.*

Es el modo más sencillo de configuración de estos módulos, ya que es equivalente a un enlace serie virtual entre dos módulos Zigbee.

2.7.2.6.2. *Modo Comandos.*

Es la forma en la que podemos configurar los módulos mediante el puerto serial de una computadora. La configuración se la realiza mediante comandos AT, todos estos comandos van precedidos de las letras AT.

En el caso de Xbee, para la configuración de estos módulos existe un software X-CTU de la fábrica Digi que permite la configuración con una interfaz gráfica de una manera fácil y rápida. Mediante comandos AT y con la ayuda del software se puede configurar los módulos de acuerdo a lo que necesitemos en nuestra red.

2.7.2.6.3. Modo API.

Este modo es más complejo que el anterior a nivel de programación, debido a que se da mayor utilidad al módulo y permite realizar opciones que no se pueden fácilmente mediante comando AT. Provee de mayor flexibilidad al momento del envío y de la recepción de datos en una comunicación Zigbee.

La diferencia del modo API con respecto al modo Transparente, radica en que el modo API hace que el modulo espere una cierta cantidad de bytes en secuencia que le indican que tipo de operación va a realizar, a cada una de estas secuencias se les conoce con el nombre de frame o también comúnmente llamado paquete. Este paquete se encuentra formado de la siguiente estructura (véase Figura 10):

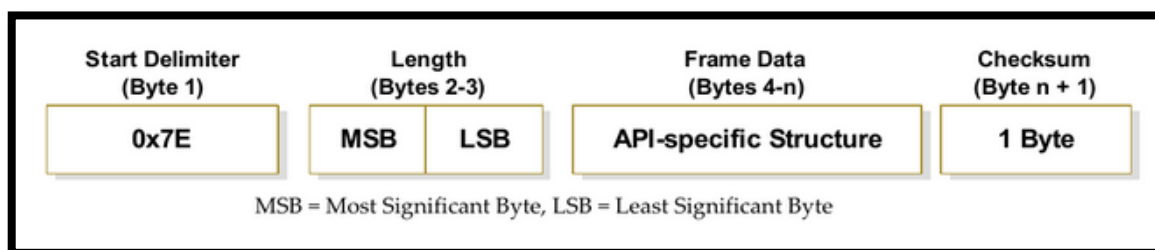


Figura 10. Estructura de trama API

Fuente: <https://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/Capsulab081.pdf>

Donde cada parte de la estructura corresponde a:

- Byte 1.- Es el encabezado que siempre contará con el valor 0x7E, esto indica que el módulo está por comenzar un envío de paquete.
- Byte 2-3.- Esta sección indica el tamaño del paquete.

- Byte 4-n.- Contiene la estructura específica de la API, dentro de esta están los contenidos de donde dependerá la función API que se llame.
- La suma de verificación de todos los bytes contenidos en el paquete.

2.7.2.7. Módulos de transmisión inalámbrica Xbee.

Los módulos Xbee proveen dos formas de comunicación, modo AT y modo API, las mismas que fueron detalladas anteriormente. Estos módulos pueden ser configuración desde una PC y trabajar en redes punto a punto, redes mesh, punto a multipunto. La elección del correcto módulo Xbee viene a darse por el tipo de antena y la potencia de transmisión.

A continuación en la siguiente Tabla 3 se muestra una comparación con los diferentes tipos de módulos Xbee con las características que permitan elegir el más idóneo para el proyecto.

Tabla 3
Comparación módulos Xbee

Módulo	Máxima Tasa de transmisión	Tipo de Antena	Potencia de Transmisión	Alcance	Frecuencia de trabajo
Xbee Serie 1 Antena Chip	115 kbps	Chip	1mW (+0 dBm)	300 ft. (100m)	2.4 GHz
Xbee Serie 1 Antena Wire	250 kbps	Wire	1mW (+0 dBm)	300 ft. (100m)	2.4 GHz
Xbee Serie 2 Antena Chip	250 kbps	Chip	2mW (+3 dBm)	400 ft. (120m)	2.4 GHz
Xbee Serie 2 Antena Wire	250 kbps	Wire	2mW (+3 dBm)	400 ft. (120m)	2.4 GHz
Xbee PRO Serie 1	250 kbps	Wire/Chip	60mW (+18dBm)	1 milla (1600m)	2.4 GHz
Xbee PRO Serie 2	250 kbps	Wire/Chip	50mW (+17dBm)	1 milla (1600m)	2.4 GHz

Fuente: <http://www.xbee.cl/>

2.7.3. Integración entre WSN y redes TCP/IP.

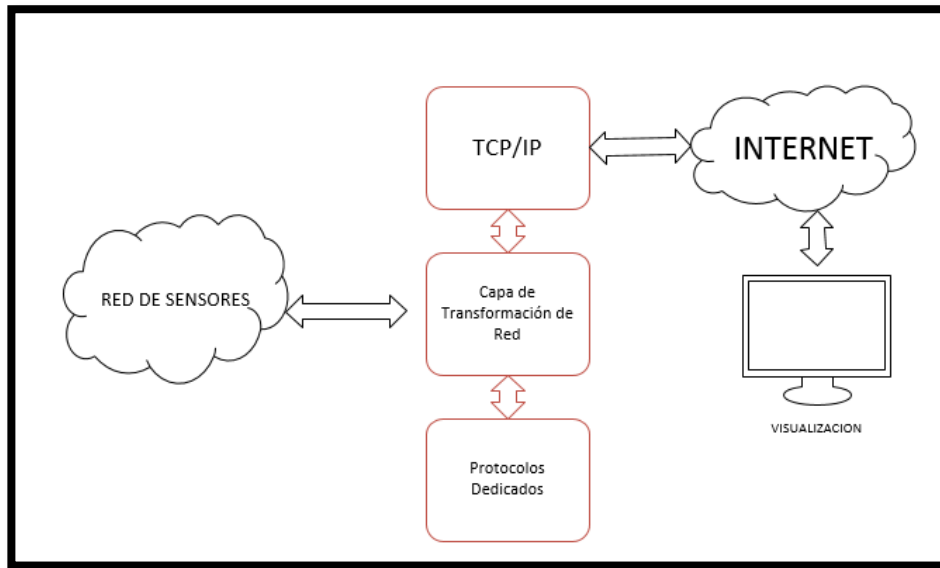


Figura 11. Integración entre una red WSN y una red TCP/IP

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. (Iacono , Godoy, Marianetti, Garcia, & Párraga, 2012).

2.7.3.1. 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.

2.7.3.1.1. Solución mediante Gateway.

Este enfoque se basa en que ningún nodo sensor posee dirección ip y que únicamente el nodo central o estación base será el que tenga una dirección ip y este actúa como gateway

en la capa de aplicación, traduciendo los protocolos de capa inferior de ambas redes, como por ejemplo entre TCP/IP y Zigbee.

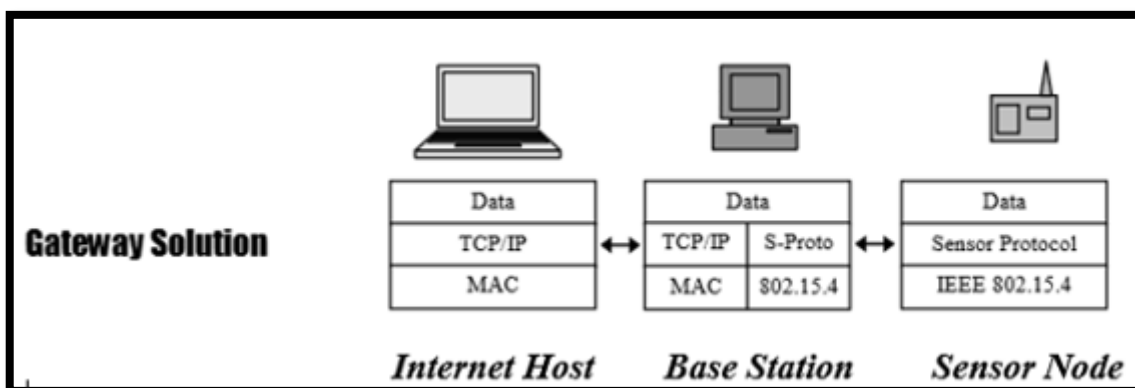


Figura 12. Solución de Gateway.

Fuente: <https://www.nics.uma.es/sites/default/files/papers/roman2009a.pdf>

Como muestra la Figura 12, la estación base o gateway, sirve como interfaz entre la red de adquisición de datos (red de sensores inalámbricos) y la red de difusión de datos (Internet). La estación base recoge y almacena toda la información procedente de la red de sensores, y también envía cualquier información de control a los nodos de sensores.

No hay una conexión directa entre Internet y un nodo sensor: toda la información entrante y saliente será analizado por la estación base o el gateway.

2.7.3.1.2. Solución mediante Redes Overlay.

Permite integrar redes con distintos protocolos mediante el solapamiento de uno de los protocolos sobre el otro. Para el caso de la integración de WSN y TCP/IP, se le denomina TCP/IP “overlay” Sensor Networks, debido a que se embebe toda la pila de TCP/IP en los nodos sensores. (Iacono , Godoy, Marianetti, Garcia, & Párraga, 2012, pág. 59)

En resumen los nodos sensores se comunican usando el protocolo TCP/IP, y la funcionalidad de la estación base es la de un router, la transmisión de paquetes desde y hacia los nodos sensores. Los despliegues futuros de los nodos sensores deben basarse en IPv6 y

ya no principalmente en Ipv4. Como se muestra en la Figura 13, el protocolo TCP/IP está embebido en toda la comunicación de ambas redes.

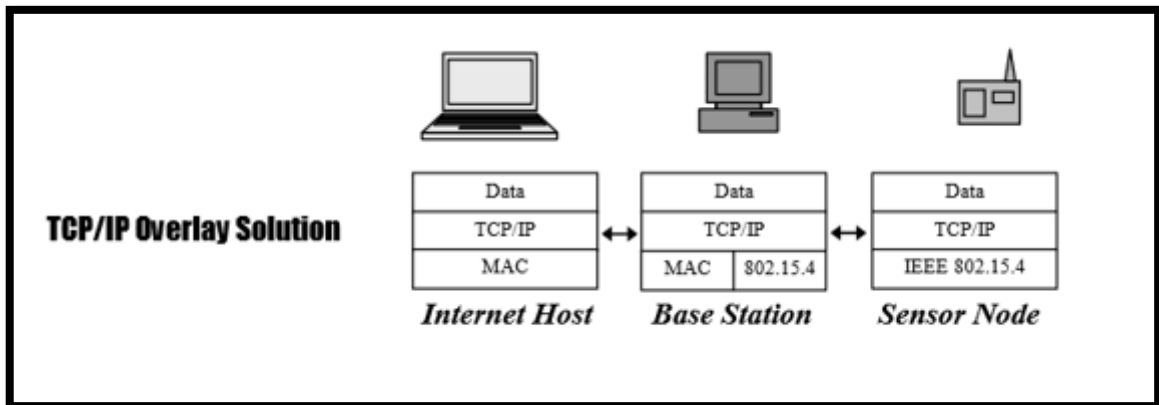


Figura 13. Solución de Overlay

Fuente: <https://www.nics.uma.es/sites/default/files/papers/roman2009a.pdf>

2.7.3.2. 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 (Iacono , Godoy, Marianetti, Garcia, & Párraga, 2012, pág. 60).

2.7.3.2.1. Basados en Estándares.

Los protocolos basan la gestión de datos y comandos de las WSN en estándares como: Servicios Web, Lenguajes de descripción, Estándares de sensores como IEEE 1451; estos lenguajes y estándares permiten estandarizar los datos desde el instante en el cual son obtenidos por el nodo fuente.

2.7.3.2.2. *Protocolos de Interconexión AD-HOC.*

Para el caso el protocolo de interconexión es diseñado específicamente para cada propuesta. Las características de los diferentes protocolos varían de acuerdo a la aplicación en particular que se la dé, y teniendo como ventaja principal el adecuarse específicamente a la aplicación; pero como principal desventaja es que presenta dificultades al momento de permitir la comunicación y la interoperabilidad entre distintos sistemas, esto se debe a que no están basados en estándares. (Iacono , Godoy, Marianetti, Garcia, & Párraga, 2012)

2.8. HARDWARE OPEN SOURCE

“Hardware de Fuentes Abiertas 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” Open Source Hardware Association (OSHWA, 2014).

El hardware de código abierto en los últimos años ha abierto las puertas a muchos desarrolladores, es así que con el pasar del tiempo ha ido aumentando su uso considerablemente y que hoy en día existen una variedad de marcas, modelos, etc., que el usuario o desarrollador puede elegir para la elaboración de proyectos innovadores.

2.8.1. Plataformas de Open Source.

Al hablar sobre plataformas libres o de código abierto, se pueden nombrar un sin número existentes en el medio de la electrónica , lo que ha llevado a que varias plataformas tengan modelos de acuerdo al uso, necesidad, tecnología, características que cumplan con las perspectivas necesarias para desarrollar proyectos.

Entre las plataformas libres actualmente en el mercado, las más conocidas en nuestro medio y las más utilizadas están Arduino, que posee una gama de placas de acuerdo al uso que se lo requiera, con las funcionalidades adecuadas según las necesidades y que su precio es accesible.

2.8.2. Arduino.

Las placas Arduino son pequeños ordenadores con los que se puede leer información de diferentes sensores, así como controlar luces, motores y muchas otras cosas. La gran mayoría de los sistemas que nos rodean son ordenadores de diferentes tamaños. Los ordenadores no necesitan tener teclado ni pantalla.

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. (ARDUINO, s.f.)

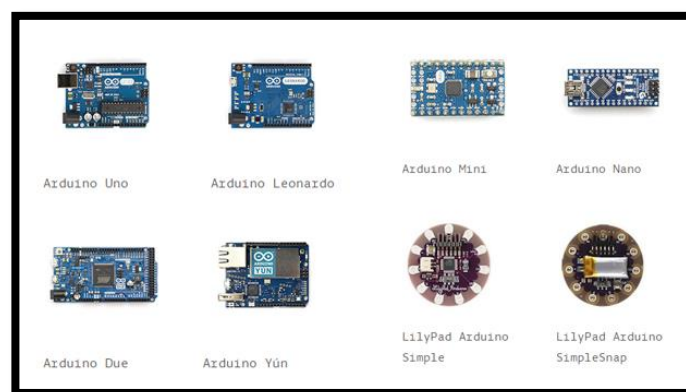


Figura 14. Ejemplos de placas de Arduino
Fuente: Arduino. <https://www.arduino.cc>

Existen un gran número de placas de arduino, en la que se diferencian por el procesador a utilizar, número de pines, entradas análogas, salidas digitales, tamaño, etc. Como muestra la Figura 14, entre las placas más comunes en el mercado están por ejemplo: Arduino UNO,

MEGA, YUN, LILYPAD, LEONARDO, NANO. De igual manera en la Tabla 4, se realiza una comparación de las diferentes placas arduino para realizar la elección de la más adecuada según la aplicación que se vaya a realizar.

Tabla 4
Comparación de placas Arduino

	Voltaje de operación	Voltaje de alimentación	I/O pines - PWM	Características Especiales
Arduino Uno	5V	7V – 12V	14 - 6	Conector USB, adaptador para fuente externa
Arduino Leonardo	5V	7V – 12V	20 - 7	Conector mini-USB simulado, puerto serial libre hardware libre para la programación.
Arduino Mega	5V	7V – 12V	54 - 15	Empleado para proyectos donde se necesite un mayor número de pines
Arduino YUN	5V	5V	20 – 7	Posee un chip Atheros, el cual controla USB, SD, Ethernet, WiFi. Placa nativa para tener conexión a redes.
Arduino BT	5V	2.5V – 12V	14 - 6	Provee comunicación Bluetooth con computadores, teléfonos, y otros dispositivos a excepción de audífonos o manos libres.
Arduino Lilypad	2.7V – 5.5V	2.7V – 5.5V	9 - 4	Puede ser cosida a la tela y montado de manera similar fuentes de alimentación, sensores y actuadores con hilo conductor
Arduino PRO Mini	5V	3.35V – 12V	14 - 6	El Arduino Pro Mini está diseñado para la instalación semi- permanente en objetos o exposiciones
Arduino FIO	3.3V	3.3V – 12V	14 - 6	Conector para baterías LiPo, socket Zigbee, diseñado para aplicaciones inalámbricas, incluye cargador de batería, tamaño reducido.
Arduino Nano	5V	7V – 12V	14 - 6	Tamaño menor al FIO, permite realizar prototipos sobre protoboard.

Fuente: <https://www.arduino.cc>

2.9. MONÓXIDO DE CARBONO

2.9.1. ¿Qué es el 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 (Environmental Protection Agency, 2014).

En la Figura 15 se muestra una pequeña de cómo pueden actuar las partículas de CO en la sangre, específicamente el ataque a los glóbulos rojos.

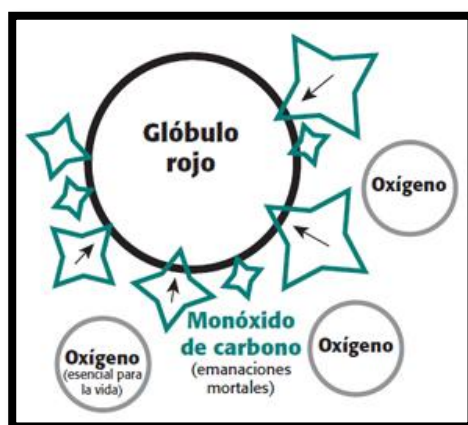


Figura 15. Actuación del monóxido de carbono
Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido.html

2.9.2. Fuentes de generación de Monóxido de Carbono.

Las razones por las que una persona puede intoxicarse con CO pueden ser de diferente manera, como por ejemplo: acciones criminales, acciones bélicas, suicidios, accidentes laborales, etc.

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.

Al estar expuestos a un ambiente contaminado con monóxido de carbono, existen efectos que pueden aparecer inmediatamente y tener varias complicaciones para el ser humano, esto según (Consejería de Sanidad y Política Social de la Región de Murcia, 2012) lista ciertos efectos:

- Causar dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento y cansancio.
- A niveles más altos la exposición al monóxido de carbono puede causar pesadez, alucinaciones, convulsiones y pérdida de conocimiento.
- Puede causar cambios en la memoria y en la personalidad, confusión mental y pérdida de visión.
- La exposición extremadamente alta al monóxido de carbono puede causar la formación de carboxihemoglobina, que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y puede causar un color rojo brillante en la piel, dificultad respiratoria, colapso, convulsiones, coma y la muerte.

En resumen el estar expuestos a un ambiente contaminado de monóxido de carbono el cuerpo humano está propenso a varios niveles de toxicidad según el tiempo, así como puede tener toxicidad leve, puede existir una toxicidad grave que es la que puede llevar a la muerte.

“Los principales indicios del envenenamiento por monóxido de carbono se desarrollan en los sistemas de órganos más dependientes en el uso de oxígeno: el sistema nervioso

central y en el miocardio” (Consejería de Sanidad y Política Social de la Región de Murcia, 2012).

2.9.3. 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 5 se detalla la concentración de monóxido de carbono en el aire y los efectos que puede llegar a causar.

Tabla 5
Concentración 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.

Recuperado de: Gobierno de Murcia

<https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180398&idsec=1573>

2.10. PLATAFORMAS EN LA NUBE

2.10.1. Definición de 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.

Una nube es pública si el propietario de la nube es un proveedor que la mantiene por el usuario donde se paga por el uso y disfrute del recurso a través de internet, y puede ser privada si la nube se la mantiene dentro de las instalaciones de la empresa que requiere de la nube. En la Tabla 6 se describen ventajas y desventajas con respecto al uso de la cloud y al tipo de servicio que se necesite.

Tabla 6
Ventajas y Desventajas de la nube

Ventajas	Desventajas
Disponibilidad	Percepción de pérdida de datos
Escalabilidad	Dependencia de infraestructura y plataformas de terceros para utilizar
Reducción de costos	Posible dificultad de integración de servicios.
Compra de recursos según la demanda	

El concepto de cloud se encuentra asociado con términos que definen tres variantes principales o también conocidos como modelos de la nube (cloud): IaaS, PaaS, SaaS.

2.10.2. 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

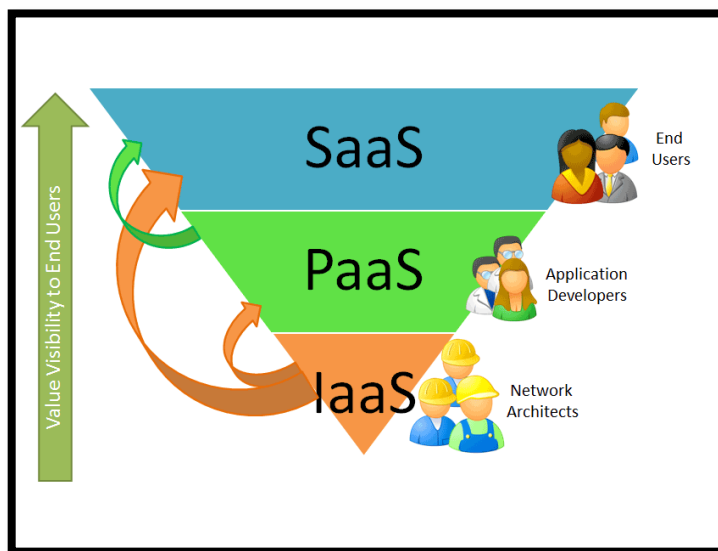


Figura 16. Modelos de nube.
Fuente: <https://openwebinars.net>

En la figura 16 muestra los tres modelos de la nube existentes, indicando en forma de capas la función y a quien están dirigidas cada una de estos modelos.

2.10.2.1. Infraestructura como Servicio (IaaS).

Por medio de este modelo, se procede a utilizar servicios basados en la virtualización, cuyo objetivo principal es poder solicitar requerimientos necesarios por los servicios utilizados como por ejemplo: espacio de disco, procesamiento, transferencia de datos, uso de CPU, etc. 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.

La ventaja principal que existe en IaaS es la de desplazar los problemas al proveedor en lo que tiene que ver con la gestión de máquinas y llegar a un ahorro de costes importante ya que se pagara únicamente por el nivel de servicio que ofrece el proveedor.

Otro aspecto fundamental acerca de IaaS es que la infraestructura como servicio puede permitir una escalabilidad automática, facilitando así que se pueda contratar más recursos y servicios de acuerdo como se vaya necesitando. Existen diversas herramientas para el desarrollo de IaaS tanto en open source como en ambiente privado, por ejemplo: Vmware, Citrix, OpenNebula.org, Proxmox. (Kezherashvili, 2010)

2.10.2.2. *Software como Servicio (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.

En este modelo el usuario paga por los servicios requeridos y por la infraestructura necesaria como almacenamiento, seguridad, etc., se limita a utilizar solamente las herramientas y sus funcionalidades. Algunos ejemplos de SaaS son: Google Aps, WordPress, Gmail, Moodle, etc.

Entre las características principales de este modelo podemos enunciar las siguientes:

- No se necesita ninguna instalación de la aplicación, debido a que lo único necesario es acceder a ésta mediante la red de Internet.
- Accesible desde cualquier dispositivo el cual tenga la capacidad de conexión a internet.
- Inversión menor, en el caso de sea un servicio pagado ya no se compraría la licencia de la aplicación, sino que se pagaría por el número de usuarios que tendría acceso a la aplicación.

2.10.2.3. PaaS (Plataforma como Servicio).

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.

PaaS facilita la implementación de aplicaciones mediante herramientas, recursos y automatización por demanda y autoservicio, además de un contenedor de tiempo de ejecución de plataforma alojada. Esto elimina la necesidad de un kit de instalación, y los desarrolladores ya no deberán configurar servidores físicos o máquinas virtuales (VMs) y esperar que funcionen, ni copiar archivos de un ambiente a otro a medida que avanza el ciclo de vida de la aplicación.

PaaS impulsa la aplicación hacia la nube desde una interfaz de línea de comando o directamente desde un ambiente de desarrollo interactivo (IDE), usando un plug-in. Después de analizar la aplicación, PaaS la aloja en el contenedor de tiempo de ejecución que coincide con sus requerimientos de recursos. Además de las capacidades de escalamiento, PaaS también ofrece alta disponibilidad, configuración automática, balanceo de carga y herramientas de administración.

PaaS puede instanciar múltiples copias en la misma nube o en varias, para ambientes que podrían requerir que se los aisle de otros de la empresa. Esto resulta importante para aplicaciones que deben tomar en consideración el cumplimiento de requerimientos, o conjuntos de aplicaciones de uso interno, en contraposición con las de uso externo. En cada uno de estos usos, el desarrollador puede seguir utilizando herramientas comunes y mejores prácticas, pero cuenta con un ambiente seguro, por separado.

Las plataformas como servicio se encuentran basadas en el modelo IaaS, el cual ayuda a resolver problemas de infraestructura de hardware, en donde vienen configuradas varias capas de infraestructura como puede ser: un servidor web, base de datos, entre otros tipos de aplicaciones, disminuyendo así la complejidad de que el usuario tenga que configurar estos servicios.

Como ejemplos de PaaS están: Velneo, Abiquo.com, SimpleDB, SQS, Google App Engine, Exosite, Xively, Carriots, Onion, entre otros. Se dará mayor énfasis en Exosite y Xively que son plataformas que servirán para el desarrollo del proyecto.

CAPITULO III

En este capítulo se describirá el diseño de la red WSN y el sistema de monitoreo, tomando en cuenta todas las variables posibles que existan, construcción de hardware y software necesario, manejo de la plataforma en la nube adecuada que se necesitará para el monitoreo del sistema y descripciones técnicas de los mismos.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

Primeramente para iniciar el diseño del sistema de monitoreo, hay que realizar el diseño de la red WSN, y para proceder con el diseño se debe considerar algunos factores como:

- Tolerancia a Fallos.- Habilidad para mantener a la red de sensores operativa
- Escalabilidad.- Mide la densidad de sensores que puede cubrir por área.
- Limitaciones del Hardware.- Procesamiento de la información.
- Topología de la red de sensores.- Elegir la adecuada según la aplicación.
- Medio de Transmisión.- Por facilidad de operación el medio de transmisión es inalámbrico.
- Consumo de energía.- Existe un máximo consumo de energía en la comunicación (Tx y Rx).

3.1. UBICACIÓN DE RESIDENCIA

El área de trabajo, para este caso la residencia en la que se implementa el sistema de monitoreo de monóxido de carbono se encuentra en el Cantón Otavalo en la Parroquia de El Jordán, en el sector de El Cardón Bajo, esta residencia al tener en sus instalaciones un calefón que se encuentra ubicado en el segundo piso de la vivienda, en el mismo piso en

donde están las habitaciones, nos ayudara al momento de realizar las debidas pruebas de funcionamiento.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA RESIDENCIA COMO ÁREA DE TRABAJO

El sitio en donde se ejecutara la implementación del sistema, se compone de dos plantas, en la cual en la primera planta están los cuartos de cocina, comedor y sala; en la segunda planta están ubicados dos dormitorios, un cuarto de estudio, una bodega y adicionalmente la instalación del calefón que se distribuye únicamente sobre esta segunda planta, para lo que es el uso de las duchas y agua caliente.

Se muestra en la Figura 17 el plano de la segunda planta del domicilio, para tener una referencia del lugar en donde se desarrollara el trabajo práctico, y una ayuda para la definición de los lugares específicos donde se encuentran los módulos sensores y modulo central, correspondientes del sistema de monitoreo.

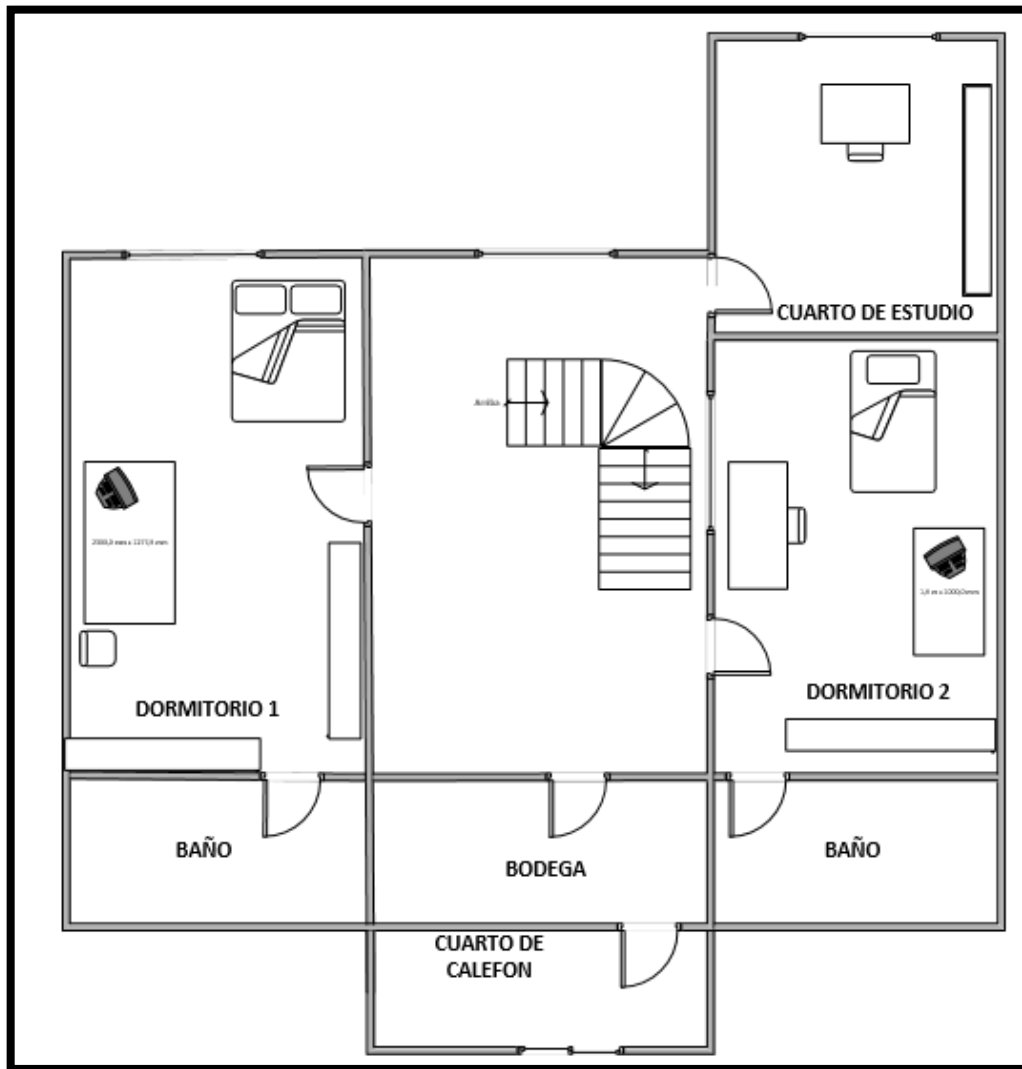


Figura 17. Plano de Residencia
Fuente: Autor

Para el diseño de sistema de monitoreo se toma en cuenta tres nodos sensores y un nodo central o gateway, por lo tanto, para la instalación de los mismos se requiere de cuatro lugares diferentes en la residencia.

Para lo que son nodos sensores se propone, que sean colocados en los lugares más cercanos a fuentes de monóxido de carbono, en este caso se tiene un calefón que es un aparato que puede realizar una combustión incompleta del GLP, y llegaría a producir monóxido de carbono, y es así que se elige los dos dormitorios y la bodega que son los lugares más cercanos y se encuentran alrededor de donde se encuentra el calefón.

En cambio para la posición de modulo central o gateway, se ha decidido colocarlo en una posición central con respecto a los nodos centrales y cercano al modem que provee internet para la conexión hacia la red TCP/IP y los datos sean enviados hacia la nube.

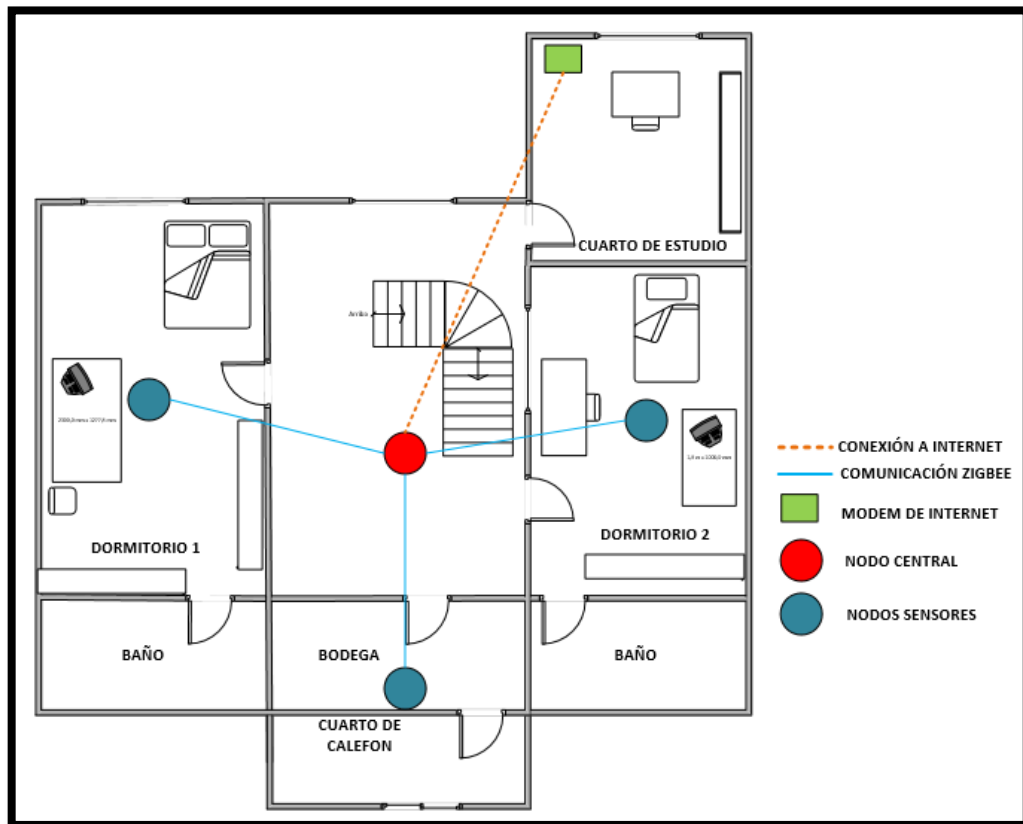


Figura 18. Posiciones de nodos sensores y nodo central en la residencia
Fuente: Autor

En la Figura 18 está el plano de la vivienda, con las correspondientes posiciones de los nodos sensores y nodo central, con esta información más adelante servirá para la demostración de la instalación de todos los módulos en la residencia.

3.3. PARAMETROS A CONSIDERAR EL DISEÑO DE LA RED

WSN

3.3.1. Ambiente de Trabajo.

El domicilio en donde se diseña el sistema de monitoreo debe estar en cualquier tipo condiciones ambientales, ya que el sistema deberá responder de manera correcta ante

factores ambientales existentes dentro de la residencia. Más adelante se realiza las pruebas correspondientes para determinar el desempeño y funcionamiento total del sistema.

3.3.2. Manejo del Sistema.

El sistema debe estar disponible para que sea adaptable por el usuario, en caso de que se necesite información del sistema, esta sea accesible y no exista problemas en la toma de datos que se necesite, para una mejor indicación del funcionamiento y uso del sistema, existe un manual de usuario para solución de problemas.

3.3.3. Enlace inalámbrico.

Para la comunicación entre los nodos sensores y nodo central se debe tomar en cuenta que estos deberán estar instalados dentro de la residencia, con obstáculos como son las paredes de concreto, puertas de madera, ventanas, etc. La distancia entre nodos esta alrededor de 3 a 5 metros de distancia.

3.3.4. Fuente de energía.

Al diseñar totalmente un red inalámbrica de sensores se propone que todos los nodos sensores y nodo central tengan una batería que les proporcione la energía para el funcionamiento y por facilidad de instalación y evitar el mayor número de cables.

3.3.5. Exigencias de desempeño de la red.

La red WSN tiene que cumplir con ciertos parámetros:

- La red debe permitir recibir, transmitir, procesar, y registrar la información recolectada de cada nodo sensor, para este sistema de monitoreo tiene que adquirir datos de la concentración de monóxido de carbono en el ambiente de una residencia medido en ppm (partículas por millón).

- Mediante una interfaz en la nube se pueda visualizar los datos obtenidos por cada nodo sensor.
- Posibilidad de dar mantenimiento a cada nodo, pero con el objetivo de que no se tenga a cada momento.
- Facilidad de cambio en caso de que se desee tomar información de otras variables ambientales.

3.4. DESCRIPCIÓN 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 lo nodos sensores sean transmitidos y llevados a la plataforma PaaS en la nube como muestra en la Figura 19.

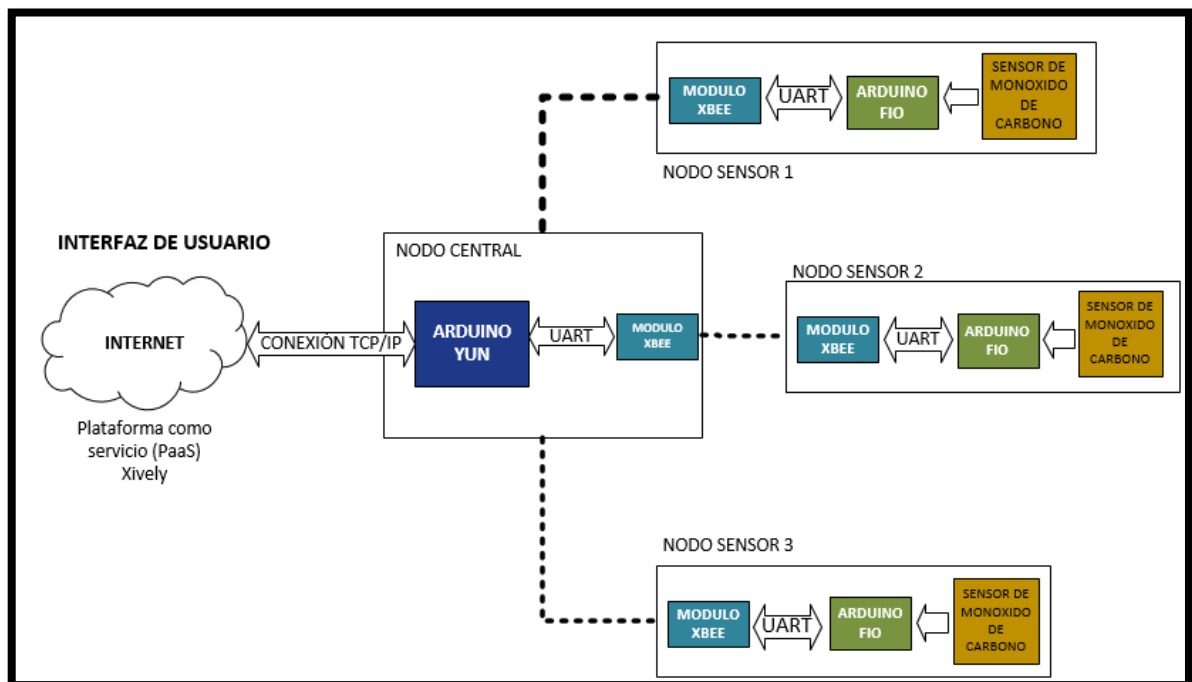


Figura 19. Esquema de comunicación del sistema
Fuente: Autor

El monitorear constantemente, diferentes tipos de gases, o cualquier otra variable en una residencia, para este caso el monóxido de carbono, permite obtener valores de esta variables, la cual se y que ayuda con la generación de alertas de acuerdo al rango en el que se encuentre definido, y así tener en cuenta el objetivo del sistema que es evitar que exista algún tipo de desgracia en los habitantes de la residencia.

Para el desarrollo de la red se toma en cuenta cinco procesos: sensado, transmisión de datos, procesamiento de la información, respuesta y alimentación, cada uno de estos procesos tienen su debida contribución para el adecuado funcionamiento de la red.

En el sistema planteado se medirá la concentración de monóxido de carbono en el aire, ésta variable será monitoreada para tener un control del ambiente existente en una residencia, libre de sustancias que pueden llegar a ser peligrosas para el ser humano, el usuario puede llevar un registro de los datos obtenidos mediante un acceso remoto por una interfaz hacia la plataforma en la nube.

Los datos recolectados por los sensores de monóxido de carbono se los puede visualizar en datos estadísticos en la plataforma PaaS mediante graficas de acuerdo al tiempo y a los valores que se obtengan.

De igual manera de acuerdo a los valores de concentración de monóxido de carbono que existan en el ambiente a monitorear, que es el principal influyente en el funcionamiento del sistema, se producirá la señal de respuesta del sistema generando las alertas.

3.4.1. Módulo sensor.

Posee un sensor de Monóxido de carbono MQ-7, la señal análoga que envía el sensor ingresa al arduino FIO, pasa por una conversión análoga-digital para que se pueda procesar

los valores análogos 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.

Los otros dos módulos sensores tienen la misma funcionalidad, adquisición y transmisión de datos que el módulo sensor 1, ya que serán colocados en diferentes sitios estratégicos de la residencia para obtener sensado adecuado.

3.4.2. Modulo 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 y un 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.

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.

3.5. DISEÑO

En el diagrama de la Figura 20 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.

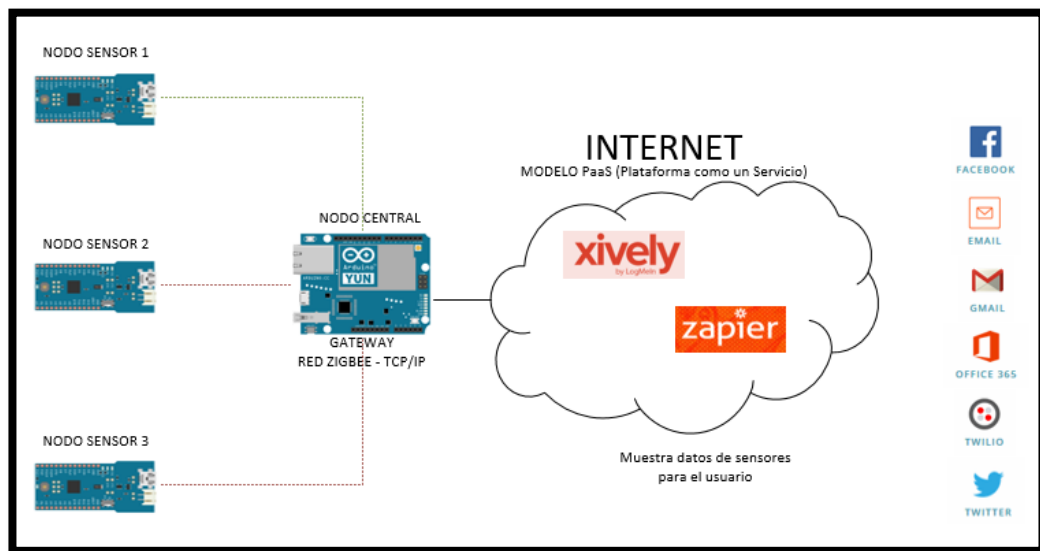


Figura 20. Esquema general del sistema de monitoreo

3.5.1. Proceso de sensado

Se describe las características técnicas de los sensores a utilizar para el monitoreo de monóxido de carbono, en este caso el sensor que será utilizado es el MQ-7.

3.5.1.1. Sensor de Monóxido de Carbono MQ-7.



Figura 21. Sensor MQ-7 Monóxido de Carbono
Fuente: <http://www.openhacks.com/page/productos/id/102>

El sensor MQ-7 tiene una facilidad en su uso, al poseer una respuesta analógica, es decir, de acuerdo a los valores registrados, este proporciona valores resistivos, el sensor que se muestra en la Figura 21 es una adaptación a una pequeña placa con un potenciómetro para

su regulación en el cual posee 3 pines de conexión Vcc, GND, S (pin de envío de datos), de igual manera en la Figura 22 se muestra el diagrama esquemático de esta adaptación que se le realiza al sensor.

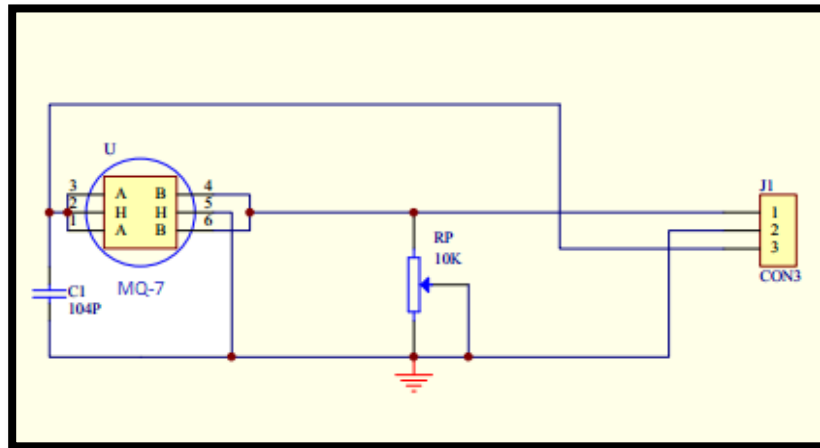


Figura 22. Diagrama Esquemático del sensor MQ-7

Fuente: Open Hacks

http://www.openhacks.com/uploadsproductos/mq-x_schematic.pdf

El MQ7 puede detectar concentraciones de gas de monóxido de carbono CO dentro del rango de 50 hasta 10000 ppm. Para el manejo de este sensor se lo conecta a una entrada analógica del Microcontrolador para realizar la respectiva conversión analógica – digital.

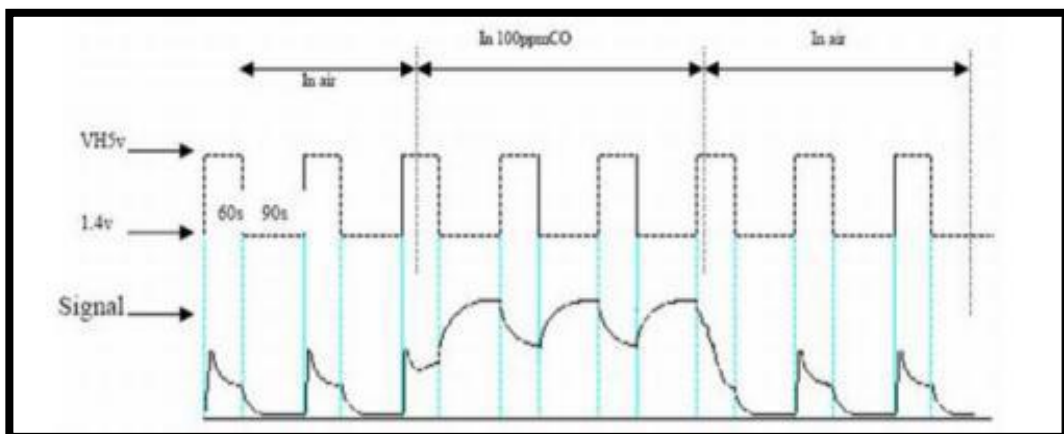


Figura 23. Formas de onda de funcionamiento del sensor

Fuente: Datasheet del sensor MQ-7

La Figura 23 se muestra la situación alterable de la señal de salida de RL, cuando el sensor pasa de aire limpio a CO, la medida de la señal de salida debe ser hecha dentro de

uno o dos períodos completos de calentamiento (2.5 minutos desde voltaje alto a voltaje bajo), como indica en la Tabla 7, que son las especificaciones técnicas del sensor.

Para este tipo de componentes, como lo es el MQ7, el ajuste de sensibilidad es muy necesario, el fabricante recomienda que se calibre el detector para 200ppm de CO en aire y se use un valor de resistencia de carga de 10K Ω (5k Ω a 47K Ω).

Tabla 7
Especificaciones Técnicas del MQ-7

SÍMBOLO	NOMBRE DEL PARÁMETRO	CONDICIÓN TÉCNICA	OBSERVACIÓN
Vc	Voltaje del circuito	5V \pm 0.1	AC o DC
VH(H)	Voltaje de calentamiento (alto)	5V \pm 0.1	AC o DC
VH(L)	Voltaje de calentamiento (bajo)	1.4V \pm 0.1	AC o DC
RL	Resistencia de carga	Se puede ajustar	
TH(H)	Tiempo de calentamiento (alto)	60 \pm 1 segundos	
TH(L)	Tiempo de calentamiento (bajo)	90 \pm 1 segundos	
Tao	Temperatura de uso	-20°C -50°C	
RH	Humedad relativa	Menor a 95%RH	
Rs	Resistencia de la superficie sensible	2 – 20K	En 100ppm de monóxido de carbono
	Rango de detección	20ppm-2000ppm de monóxido de carbono	

Fuente: Datasheet MQ-7

3.5.2. Proceso de transmisión de datos.

En el diseño del sistema de monitoreo, para la etapa de procesamiento de los datos, se ha empleado el uso de placas Arduino que para la elección de las más adecuadas se realizó una comparación, tanto para los nodos sensores como para el nodo central.

En el caso para los nodos sensores se eligió Arduino FIO, por las características y objetivos para el cual fue diseñado, es decir, sirve para redes inalámbricas ya que viene

incorporado un socket zigbee, compatible con baterías lipo y posee un cargador para este tipo de baterías.

Para el nodo central se eligió la placa Arduino YUN, ya que posee características que le permiten trabajar dentro de una red o internet sea mediante cable o mediante WiFi, su diseño fue orientado para la creación del Internet de las Cosas.

3.5.2.1. *Arduino FIO.*



Figura 24. Placa Arduino FIO

Fuente: Arduino

Recuperado de: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardFIO>

Arduino FIO se lo eligió por la ventaja de tener incorporado un socket zigbee, puede incorporarse una batería, su pequeño tamaño haciéndolo ideal para que se aplicado en redes inalámbricas, como se lo muestra en la Figura 24.

Entre las características principales que son necesarias para el sistema de monitoreo, y que poseen toda la gama de arduino están:

- Entradas análogas que permiten la conexión de diferentes tipos de sensores, para la recepción de información del medio en el que se encuentre.

- Pines de Tx y Rx para la comunicación UART la cual es utilizada para la conexión con los módulos Zigbee y por tanto la comunicación inalámbrica con los nodos sensores.
- Pines de entrada y salida para la lectura y escritura de estados digitales.

3.5.2.1.1. Características Generales.

Las características de Arduino FIO se encuentran especificadas a continuación:

- Velocidad de 8 MHz
- Posee Base para X-Bee
- Arduino Bootloader
- Compatible con baterías de Litio-Polímero LiPo
- Botón de reset
- Switch de encendido
- Tamaño: 67 x 29mm

3.5.2.1.2. Diagrama de pines y funciones.

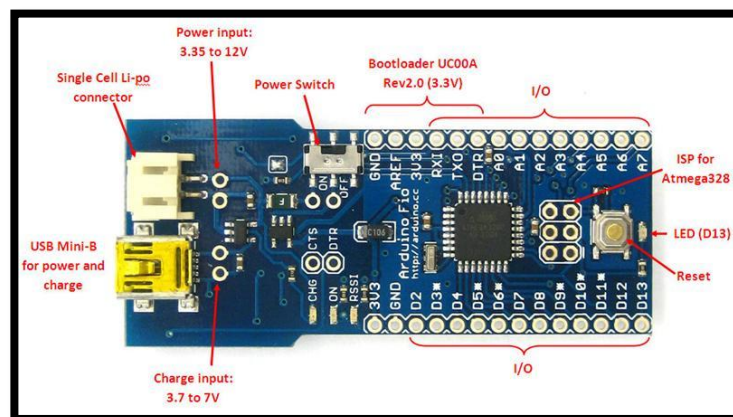


Figura 25. Diagrama de Pines Arduino FIO

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/mhidalgo/documentos/PlataformaArduino.pdf>

A continuación la funcionalidad de pines especiales el cual posee el módulo Arduino.

- Comunicación Serial: RXI (D0) and TXO (D1). Estos pines están conectados al socket Xbee.
- Interrupciones Externas: 2 y 3
- Salidas PWM: 3, 5, 6, 9, 10, y 11.
- LED: 13. Led conectado al pin 13.
- Tiene 8 entradas análogas con una resolución de 10 bits (1024 valores diferentes)
- Comunicación I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL).

3.5.2.1.3. Configuración conversor analógico digital.

Un conversor analógico-digital es un dispositivo electrónico capaz de convertir una señal analógica en un valor BINARIO, en otras palabras, éste se encarga de transformar señales analógicas a digitales (0 y 1).

El dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (digital) dependiendo de su resolución. La resolución determina la precisión con la que se reproduce la señal original. Esta resolución se puede saber, siempre y cuando conozcamos el valor máximo de la entrada a convertir y la cantidad máxima de la salida en dígitos BINARIOS.

$$Resolucion = \frac{+Vref}{2^n}$$

Donde n son bits

La tarjeta Arduino utiliza un conversor A/D de 10-bits, así que: Resolución = Vref/1024. Mapeará los valores de voltaje de entrada, entre 0 y Vref voltios, a valores enteros comprendidos entre 0 y 1023 (2ⁿ-1). Con otras palabras, esto quiere decir que los sensores analógicos están caracterizados con un valor comprendido entre 0 y 1023.

3.5.2.1.4. Configuración comunicación UART.

El módulo USART puede ser configurado de dos maneras: asíncrona (bidireccional) y síncrona (direccional) en el caso específico de la presente aplicación se utiliza la primera.

Los bits de información en el modo síncrono se transmiten en ambos sentidos por la línea de datos DT a la frecuencia de los impulsos que genere el maestro por la línea de reloj CK.

3.5.2.1.5. Uso de Interrupciones.

Existentes diferentes tipos de interrupciones dentro de los módulo de arduino, dependiendo de la gama de Microcontrolador que se esté utilizando, de entre los cuales un ejemplo es el uso de timers.

Un timer en un contador interno que puede funcionar a la frecuencia que marca un reloj, el reloj bien puede ser externo o interno.

El timer funciona mediante un aumento del Counter Register, según como se lo configure, su contaje será una frecuencia mayor o menor y una vez que se acabe el contaje existirá un desbordamiento para el que se lo ha configurado y activara el bit flag que se encarga de avisar que el timer finalizó y empezará de nuevo.

Debido a que el timer depende de una fuente de reloj para su funcionamiento, la unidad más pequeña medible será el periodo.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{16 \text{ MHz}} = 62,6 \text{ ns}$$

En los chips AVR Atmega 168 y 328 se dispone de 3 Timers, estos chips son los comúnmente utilizados en las placas Arduino.

- Timer 0: Temporizador de 8 bits, registrara como máximo 256 valores. Es usado en las funciones delay () y millis (), por lo que se debe tenerlo en cuenta a la hora de programar.

- Timer 1: Temporizador de 16 bits, registrara como máximo 1024 valores. Es usado en la librería servo.
- Timer 2: Temporizador de 8 bits. Es muy similar al Timer 0 y es usado en la función tono ().

3.5.2.2. *Arduino YUN.*

Arduino YUN se lo eligió por ser una placa diseñada para ser utilizada con internet, y para el proyecto servirá como gateway entre las dos redes XBee y TCP/IP. Arduino YUN viene incorporado una tarjeta inalámbrica WiFi y un conector Ethernet el cual nos ayuda a la conexión a internet de cualquier vía posible.

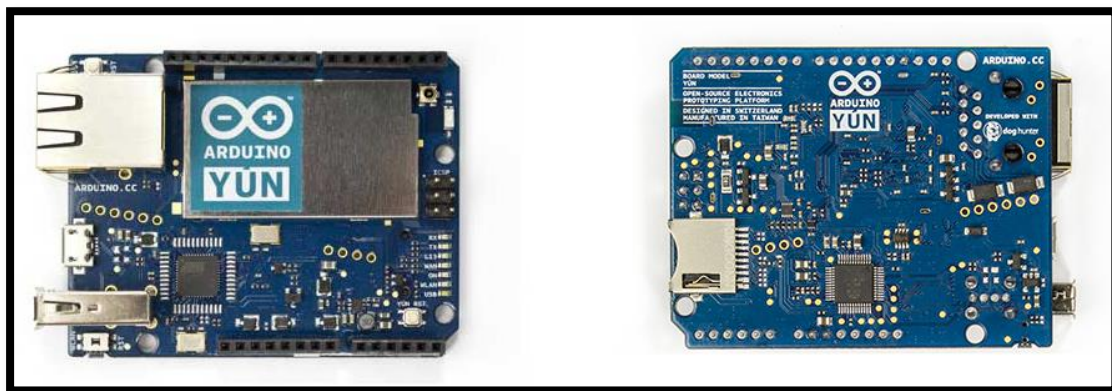


Figura 26. Placa Arduino YUN

Fuente: Página Web Arduino https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoYun_2_450px.jpg

En la Figura 26 se muestra la vista frontal y posterior del módulo Arduino Yun, esta placa es la primera de una nueva serie de Arduino que se combinan junto con Linux. Combina el Microcontrolador ATmega32U4 junto con un módulo SOC (System on a Chip) en la cual corre una distribución de Linux llamada Linino, basada en OpenWRT. Una de las características más interesantes es que soporta red cableada Ethernet y WiFi.

3.5.2.2.1. Características Generales.

Entre las características acerca del Arduino YUN se muestra en la siguiente Tabla 8.

Tabla 8
Características generales de Arduino YUN

Microcontrolador Arduino	
Microcontrolador	ATmega32u4
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de Entrada	5V
Pines digitales de entrada/salida	20
Canales PWM	7
Canales de Entrada Analógica	12
Corriente DC en pines 5V	40 mA
Corriente DC en pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (4KB usados por bootloader)
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Microprocesador Linux	
Procesador	Atheros AR9331
Arquitectura	MIPS @400MHz
Voltaje Operativo	3.3V
Ethernet	IEEE 802.3 10/100Mbit/s
WiFi	IEEE 802.11b/g/n
USB Tipo-A	2.0 Host/Device
Lector MicroSD	Micro-SD only
RAM	64 MB DDR2
Memoria Flash	16 MB

Recuperado de:
<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun?from=Products.ArduinoYUN>

3.5.2.2.2. Características Especiales.

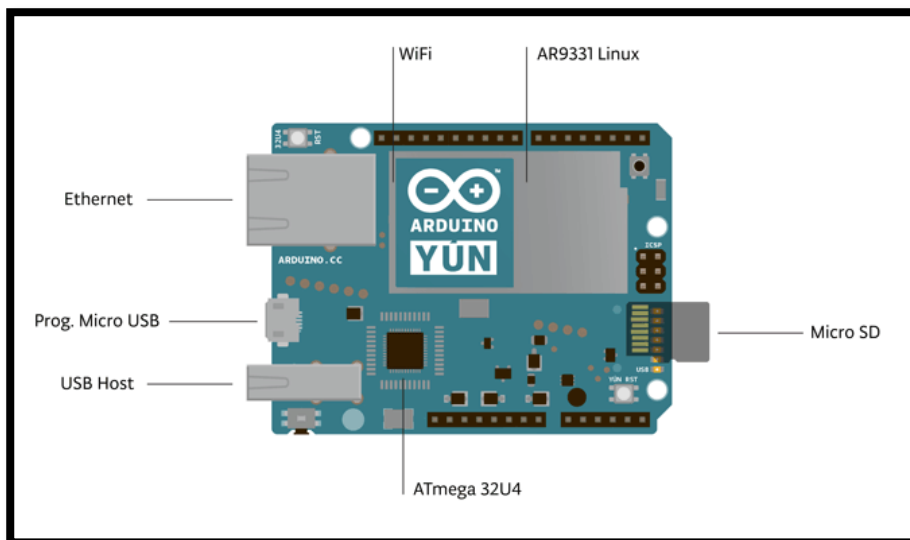


Figura 27. Características Principales de Arduino YUN

Fuente: Pagina Web Arduino

Recuperado de:<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun?from=Products.ArduinoYUN>

En la Figura 27 se muestra los elementos adicionales y que hacen que el Arduino YUN a diferencia de otros sea un módulo potente gracias a las características que se le ha implementado

3.5.2.2.3. Configuración comunicación UART.

El módulo USART puede ser configurado de dos maneras: asíncrona (bidireccional) y síncrona (direccional) en el caso específico de la presente aplicación se utiliza la primera.

Los bits de información en el modo síncrono se transmiten en ambos sentidos por la línea de datos DT a la frecuencia de los impulsos que genere el maestro por la línea de reloj CK.

3.5.2.3. Módulo Xbee

Para la elección del adecuado módulo Xbee para la comunicación inalámbrica se realizó una comparación entre diferentes módulos, en donde de acuerdo al tipo de antena, rango, y nivel de potencia se eligió módulos Xbee Series 2 con antena tipo Chip.

Este módulo a diferencia de los S1 tiene la capacidad de soportar redes modo malla y no únicamente punto a punto. La potencia aumenta en un mW a comparación con el Xbee S1 y el alcance en modo indoor es considerable para la aplicación que se desarrolla y no hay la necesidad de que exista línea de vista ya que no hay un amplio lugar de trabajo, así que los módulos Xbee PRO para este caso no son necesarios.



Figura 28. Módulo Xbee S2

El módulo XBee que se utiliza es de Digi, la Serie 2 mejora en el protocolo de salida de energía y datos. Los módulos de la Serie 2 permiten crear redes de malla complejas basadas en el firmware de malla XBee ZB ZigBee. Estos módulos permiten una comunicación entre microcontroladores, ordenadores, sistemas, soporta redes Punto a punto y multipunto.

Los módulos de la Serie 1 y Serie 2 de XBee tienen el mismo pin-out, sin embargo, entre módulos de la Serie 1 y Serie 2 no se pueden comunicar.

Características Técnicas:

- 3.3V @ 40mA.
- Máxima velocidad de datos 250kbps
- Salida de 2mW (+3dBm).
- Rango de 120m
- Antena incorporada
- 6 10-bit ADC input pins.

- 8 digital IO pins.
- 128-bit de Encriptación
- Configuración local o inalámbricamente

Este módulo XBee s2 es el medio de comunicación entre los nodos sensores y el nodo central, se conecta directamente a los pines Rx (recepción) y Tx (Transmisión) de los módulos arduinos e inmediatamente busca más dispositivos que se encuentren en su misma red para asociarse a ellos; el tiempo que tarda en realizar el proceso de asociación va entre 8 a 10 segundos.

3.5.3. Procesamiento de información.

La información obtenida por los nodos sensores se concentraran en el nodo central que es el arduino yun que al mismo tiempo se encargará procesar la información y enviar ésta a la plataforma como servicio en la nube, y ahí se alojen los datos. El arduino yun que se conectara tanto a la red TCP/IP como a la red zigbee, es decir, cumple con el trabajo de gateway de la red y por otro lado la interfaz en donde se puede observar los datos obtenidos de los nodos sensores está desarrollada en la nube, mediante la plataforma Xively.

3.5.4. Proceso de respuesta.

El proceso de respuesta está dado por la reacción del sistema ante los eventos emergentes y generar las alarmas adecuadas y correctas según los datos obtenidos por los nodos sensores, en otras palabras mantener los valores de la variable a monitorear (monóxido de carbono), dentro de las referencias que se encuentran establecidas en la interfaz en la nube.

3.5.5. Proceso de alimentación.

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 y sean netamente nodos inalámbricos.

3.5.5.1. Cálculos de Alimentación

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 9

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

Fuente: Autor

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:

$$\text{Consumo} = \frac{Tcn * Icn + Tcd * Icd}{Tcn + Tcd}$$

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:

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

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

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

$$\text{Vida Bateria} = \frac{\text{Capacidad Bateria}}{\text{Consumo}}$$

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

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

3.6. DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS

Los diagramas de los diferentes nodos están realizados con la ayuda del software Proteus, el cual nos permite elegir los diferentes componentes de cada uno de nuestros sensores, y el programa Eagle es el que ayudará con la realización de las placas en caso de que sean necesarias.

3.6.1. Módulo Nodo Sensor.

En los módulos sensores se utiliza el arduino FIO, tiene incluido un socket zigbee, que es la manera como se realizará la comunicación inalámbrica y con una entrada análoga para recolectar la información del sensor de monóxido de carbono. Los tres módulos sensores tienen la misma estructura y por lo tanto tienen el mismo diagrama esquemático que se presenta a continuación en la Figura 29, donde está el módulo arduino junto con el sensor y la comunicación serial, que será mediante Zigbee.

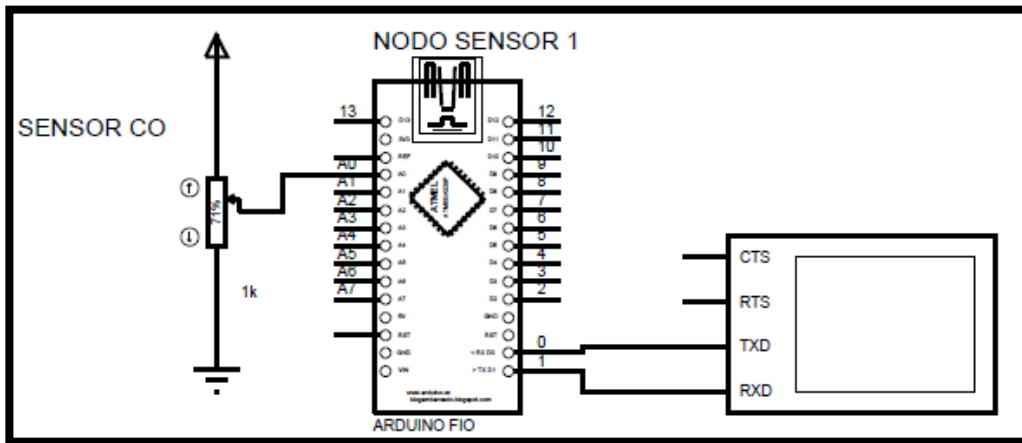


Figura 29. Diagrama Esquemático de los Nodos Sensores

3.6.2. Módulo Nodo Central.

Para el diseño de modulo del nodo central o gateway, que consta principalmente de una placa arduino YUN, el cual ayuda con la conexión hacia la red TCP/IP sea por el módulo WiFi o el modulo Ethernet, para complementarlo está el módulo para la conexión hacia la red WSN, mediante la tecnología Zigbee, con módulos Xbee y para esto se diseña un shield que sea compatible con la placa Arduino.

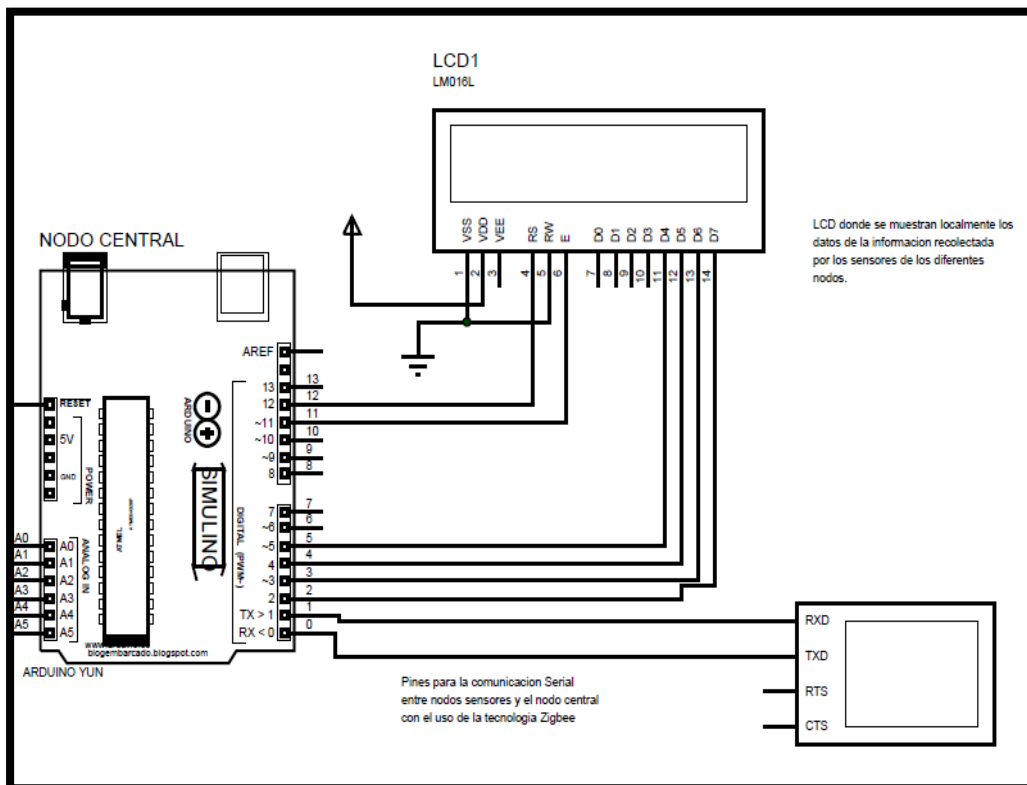


Figura 30. Diagrama Esquemático del Nodo Central

Para el nodo central se necesita una placa donde colocar el módulo XBee para la comunicación inalámbrica mediante Zigbee con los nodos sensores y para esto se diseñó un shield para Arduino YUN que se muestra en la Figura 31 el esquema del circuito impreso de la placa.

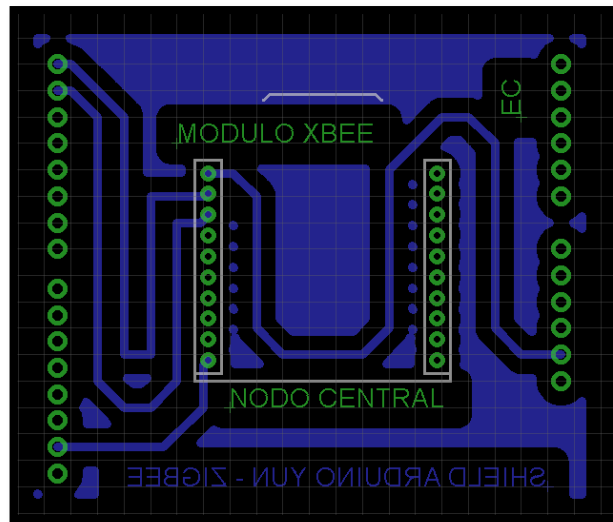


Figura 31. Diagrama Esquemático Nodo Central

El shield diseñado, se lo realizo gracias al software Eagle, que ayuda en la construcción de placas electrónicas con cualquier tipo de circuitos. Está hecho en base un arduino uno que al tener mismo tamaño no hay ningún problema de compatibilidad con el Arduino YUN.

3.7. DISEÑO DEL SOFTWARE

El lenguaje a utilizar en las placas de arduino es C, siendo programadas en el programa IDE propietario de Arduino que está basado en Processing. La programación para obtener los datos se la guarda en los arduino FIO, así como la programación para enviar los datos al nodo central, en cambio en la programación del nodo central está el recibir información de nodos sensores y enviarla a internet.

3.7.1. Diagramas de flujo.

Para el desarrollo del software requerido para los microcontroladores para que realicen su trabajo se realiza previamente diagramas de flujo en donde se describe los procesos los cuales deben cumplir cada CPU de cada nodo.

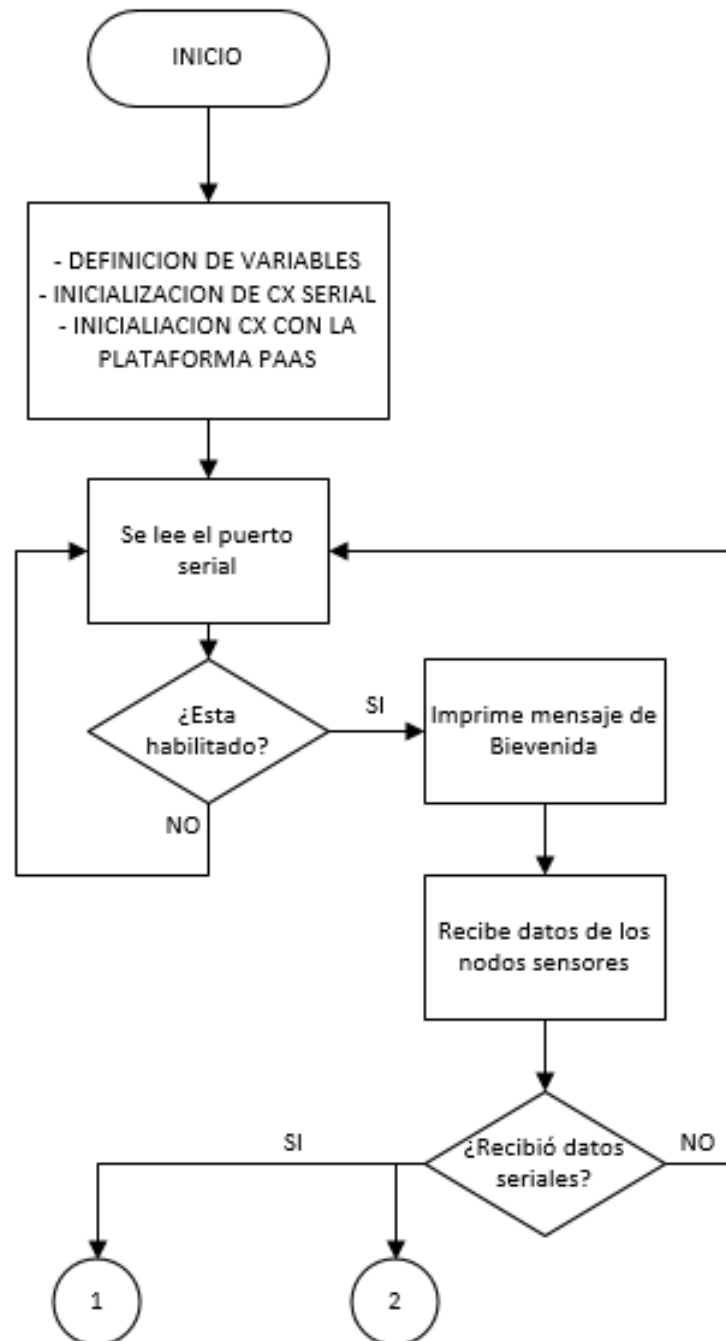


Figura 32. Diagrama de Flujo Inicio

Como se puede observar en la Figura 32, está diseñado el inicio del flujograma y dependiendo de este, se dividen en dos procesos.

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, figura 33.



Figura 33. 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, esto se muestra en la Figura 34.

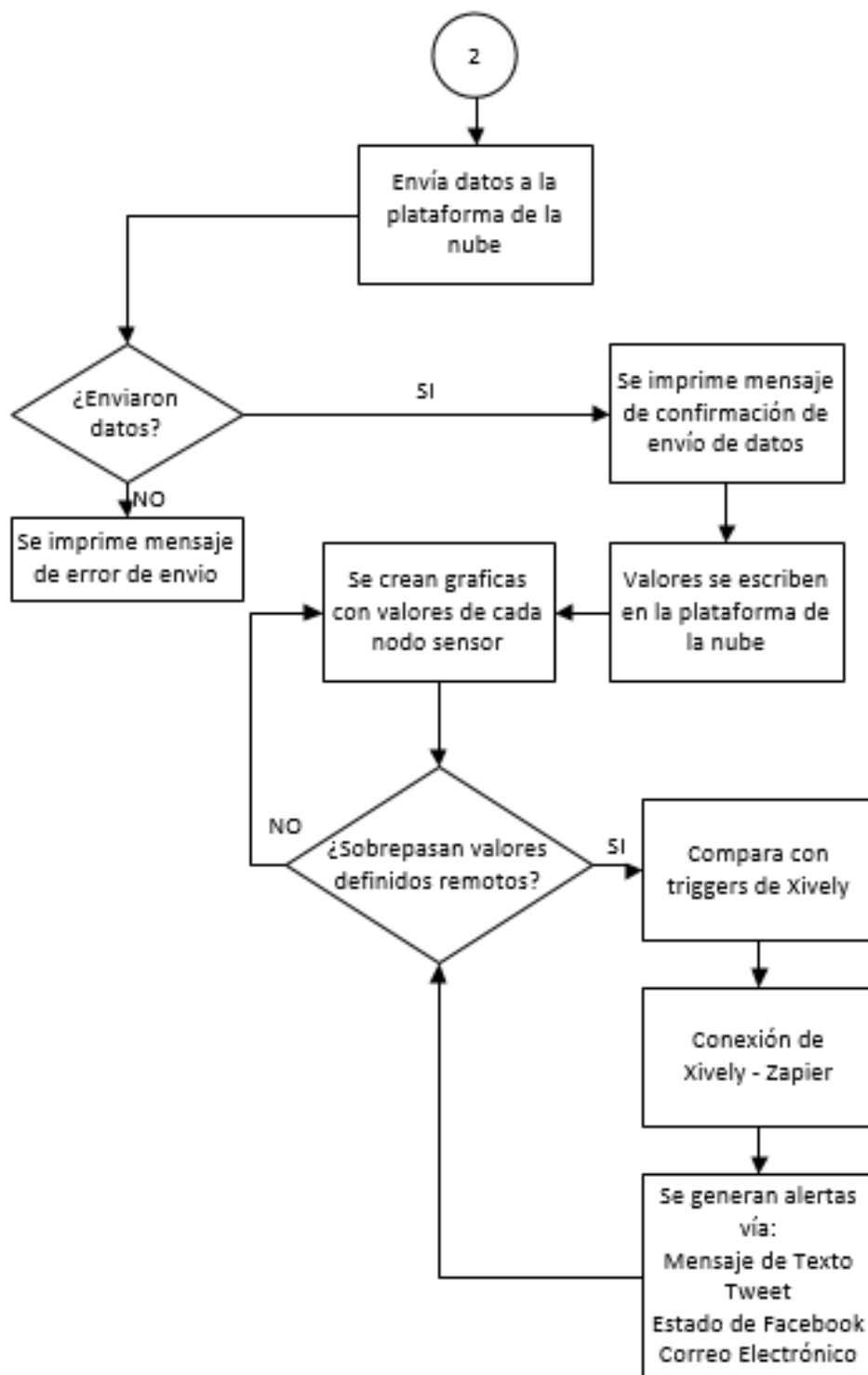


Figura 34. Diagrama de flujo - proceso 2

3.8. USO DE PLATAFORMA PaaS

El objetivo de usar una plataforma como servicio en la nube es el tener información en tiempo real sobre internet y se pueda acceder a estos datos desde cualquier lugar que tenga conexión a internet, es decir, es una interfaz para el usuario y el administrador del sistema de monitoreo.

Para la elección de la plataforma como servicio para el monitoreo del sistema y se propone dos plataformas, Exosite y Xively, las dos están orientadas básicamente a generar proyectos sobre lo que es Internet de las Cosas, tener datos de sensores en tiempo real y dar una interfaz de usuario fácil y entendible.

3.8.1. Interfaz de monitoreo.

Para tratar sobre la interfaz del usuario en donde se podrá observar los valores obtenidos de la red de sensores como se dijo anteriormente se tomó en cuenta a Exosite y Xively.

Tanto Xively como Exosite son sitios gratuitos el cual permiten administrar datos y otros dispositivos en tiempo real, también permite visualizar datos enviados desde algún dispositivo, como por ejemplo en este caso es el Arduino YUN, que es el gateway de la red WSN.

Como muestra en la Tabla 10, una comparación entre Exosite y Xively en donde la diferencia se establece en la facilidad o complejidad de implementar y de manipular los datos.

Tabla 10*Comparación entre Exosite y Xively*

XIVELY	EXOSITE
Formas muy limitadas de visualizar datos, no configurables por el usuario	Formas muy variadas de visualizar los datos
Envío de datos consume poca memoria	Envío de datos consume mucha memoria
Soporte de Arduino	Soporte de Arduino
Variables se declaran en el código	Variables se declaran en código y en la plataforma.
Ayuda con la conexión de diferentes tipos de servidores en Internet.	Únicamente puede conectarse con un servidor de correo electrónico

Para este proyecto se ha decidido optar por la plataforma Xively, ya que también posee varias utilidades que permiten la conectividad con diferentes servidores en internet, mediante el uso de triggers o también conocidos como notificaciones, las cuales proporcionan capacidades de "empuje" mediante el envío de peticiones HTTP POST a una URL que se elija cuando se cumplan ciertas condiciones definidas según las necesidades.

Con el uso de estos triggers se puede hacer puentes de comunicación y enlazarse con diferentes aplicaciones como por ejemplo: redes sociales, correo electrónico, voip, documentos, etc., y facilita la generación de alertas ante eventos irregulares dentro del sistema de monitoreo; también la facilidad de generar variables únicamente en el código del dispositivo a conectarse evita fallos al momento de comunicarse con internet.

Se tiene la posibilidad de compartir datos de forma selectiva y controlarlos a través de la plataforma Xively por medio de la conexión al objeto Nube, lo que permite interconectar dispositivos, aps y servicios con dispositivos de otros fabricantes, puntos de acceso y de servicios para crear experiencias exponencialmente muy potentes.

3.8.2. Visualización.

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> y se ingresa haciendo click en GET STARTED como muestra la Figura 35

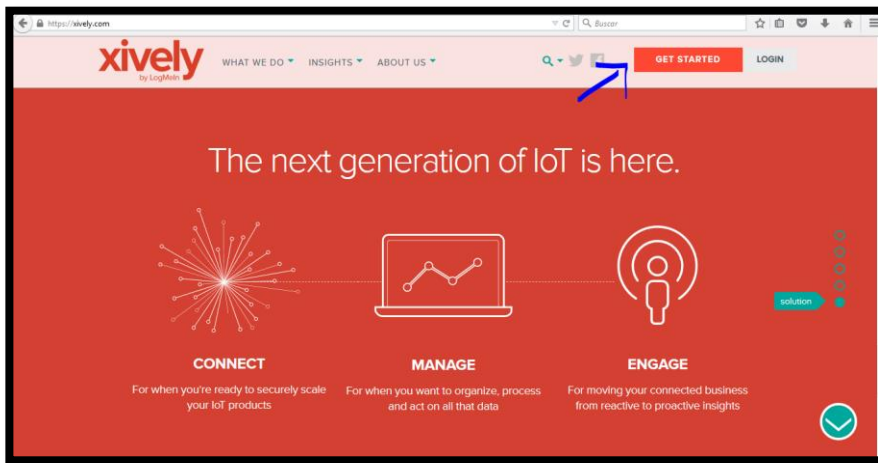


Figura 35. Página principal de Xively

Seguidamente se debe llenar los datos que se solicita para la creación de la cuenta, como correo, nombres, apellidos, etc., en este caso por el uso que se le va a dar para el proyecto se designó datos de acuerdo al tema, esto se puede observar en la Figura 36.

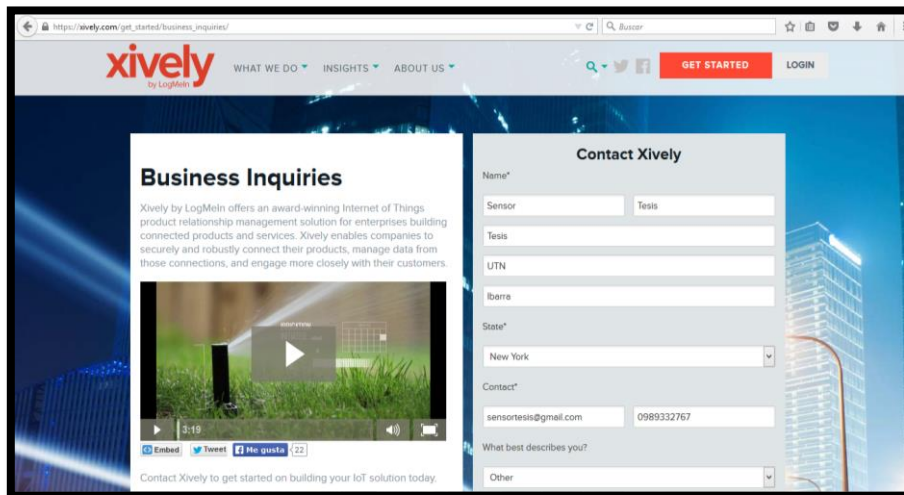


Figura 36. Datos para crear la cuenta

Una vez enviada la solicitud para la creación de la cuenta, aparecerá un mensaje de que Xively ha recibido la petición que se le hace.

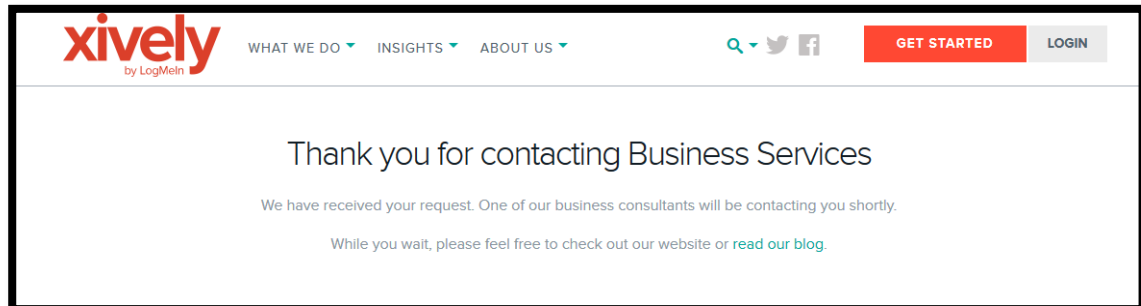


Figura 37. Mensaje de Recepción de petición

Se puede comprobar la creación de la cuenta con un correo electrónico recibido de parte de Xively para continuar con el trabajo y el manejo de la plataforma.

Luego de tener la cuenta activada ingresaremos al LOG IN en la página de Xively donde ingresaremos el correo anteriormente designado para la cuenta y la contraseña, la página de LOG IN se muestra en la Figura 38.

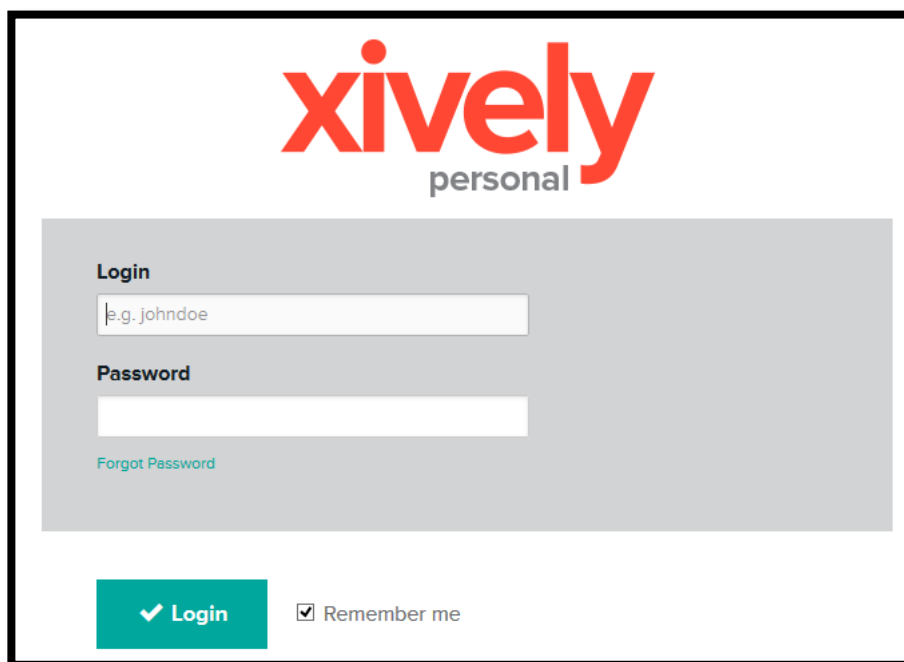


Figura 38. Página de Log In para Xively

Una vez ya ingresado en la plataforma de Xively nos muestra el panel principal, como indica la Figura 39, de ahí se hace click en la pestaña DEVELOP, que es en donde podremos agregar dispositivos para el desarrollo del sistema.

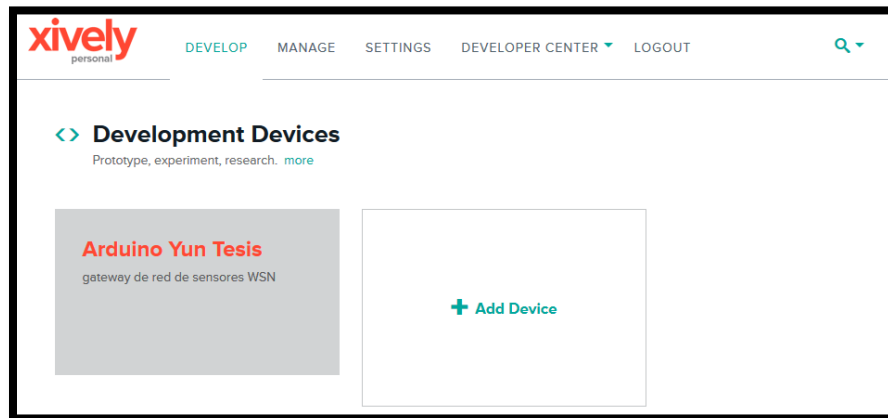


Figura 39. Panel principal de Xively

A continuación se hace click en Add Device donde se podrá agregar los dispositivos que se van a conectar a internet, para el proyecto el dispositivo que va a conectarse será el Arduino YUN al ser el dispositivo que va a trabajar como gateway.

The image shows the 'Add Device' form. The title is '<> Add Device'. Below the title is a paragraph explaining the purpose of the form. The form contains several fields: 'Device Name' with the value 'Arduino Yun Tesis', 'Device Description' (optional) with the value 'Gateway entre Red Zigbee y Red TCP/IP', and a 'Privacy' section with two radio buttons: 'Private Device' and 'Public Device'. The 'Public Device' option is selected. At the bottom of the form, there are two buttons: a green 'Add Device' button with a checkmark and a grey 'Cancel' button.

Figura 40. Requerimientos para agregar un dispositivo a la Plataforma

Una vez ya ingresados los datos requeridos como muestra en la Figura 40, el dispositivo gateway de la red será registrado en la plataforma, aquí Xively dota de unos códigos que han sido asignados al dispositivo, Figura 41, para que exista la comunicación con los datos que se obtengan con el arduino y estos puedan ser cargados en Internet.

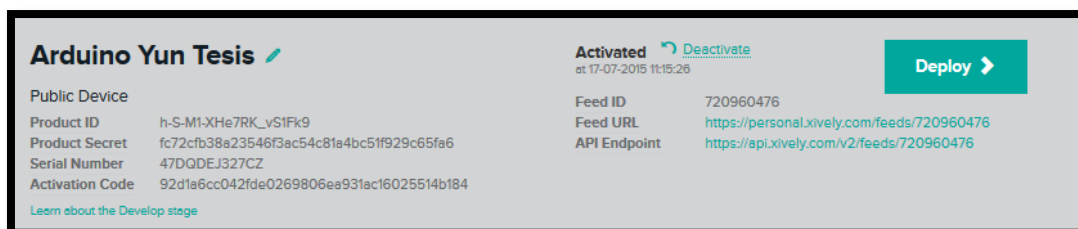


Figura 41. Códigos para trabajar con arduino y la plataforma

Al momento de estar conectado el gateway a la plataforma, se crean las variables en la plataforma que se van a monitorear, ver la Figura 42, y dependiendo de la programación realizada en el arduino se irá actualizando los datos recolectados por los sensores.

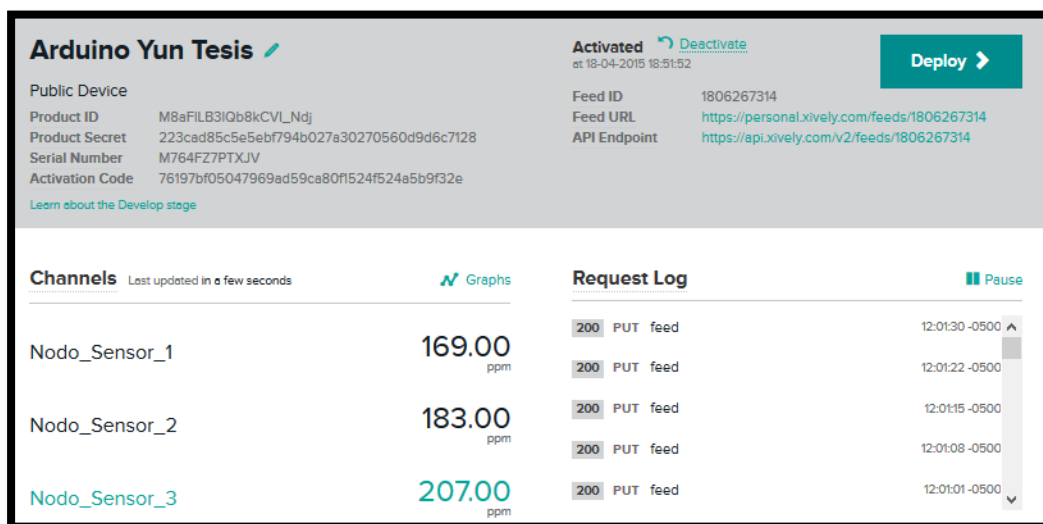


Figura 42. Visualización de datos monitoreados

Con la ayuda de la plataforma Xively y con el dispositivo conectado a internet, brinda información adicional como es la ubicación referente del dispositivo en google maps, como ejemplo se puede ver la Figura 43.

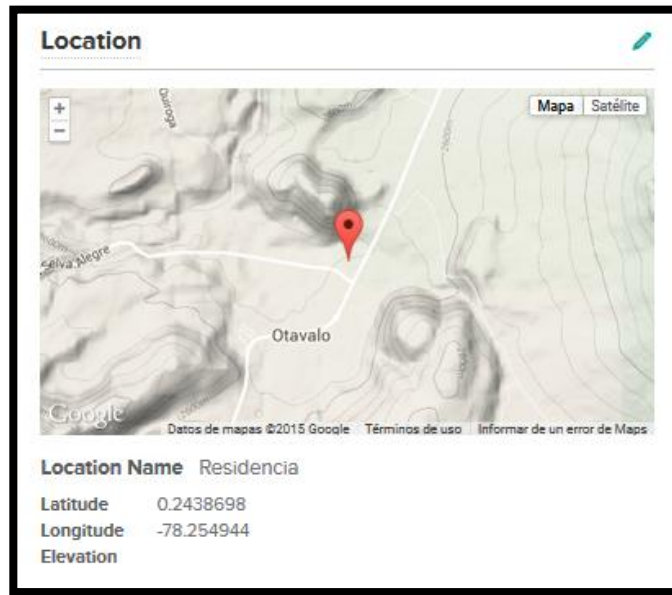


Figura 43. Ubicación referente del dispositivo conectado a la Xively

3.8.3. Alarmas.

Para la generación de alarmas se tomó en cuenta para el diseño que sean internas y externas. Para las alarmas internas lo más óptimo es realizar una alarma sonora en donde se realice una alerta el cual permita conocer que los valores de contaminación dentro de la residencia están aumentando y son peligrosos para los habitantes.

En cambio para las alertas externas y remotas se ha designado el uso de plataformas web, se comuniquen con la plataforma en la nube y según los valores que se obtengan envíen mensajes de alarma por ejemplo: mensaje de texto, correo electrónico, un estado en Facebook, un tweet, en fin plataformas que son mayoritariamente utilizadas por usuarios en general.

Para el manejo de estas alarmas externas, se ha optado por el uso de Zapier que será quien permita la comunicación entre las plataformas de aplicaciones y Xively.

3.8.3.1. Zapier.



Figura 44. Logo de Zapier

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 otro métodos.

Zapier es un servicio web a través permite enlazar dos aplicaciones para que realicen determinada tarea, dependiendo de los eventos que se elijan.

Para la interconexión 2 o más aplicaciones se necesitan de conocimientos avanzados de programación, con la ayuda de Zapier, que es un servicio gratuito, facilita realizar este trabajo.

Para la automatización de una tarea a través de un API, se requiere crear un zap, el cual constituye de dos elementos un evento disparador y una acción. Al momento que se crea un zap, se está dando instrucciones de: “Cuando suceda esto.... Realice esto...”, Zapier hará la comunicación debida, como se muestra en la Figura 45 son tres pasos que realiza Zapier para automatizar eventos.



Figura 45. Pasos de automatización con Zapier

Entre las tareas que se pueden realizar con Zapier están: Automatizar correo electrónico, gestión automática de sus archivos, redes sociales, notificaciones y alertas al teléfono móvil.

3.8.3.2. *Xively.*

Como se indicó anteriormente para lograr los enlaces con diferentes servicios en internet se necesitan de la creación de triggers en la parte de Xively, esto para la comunicación con Zapier. Para los triggers de Xively no existe complicación alguna, ya que en el panel de control del dispositivo agregado a la plataforma, existe la interfaz gráfica para realizarlo y el trabajo sea más fácil de conseguirlo.

Primeramente se debe crear una cuenta en Zapier para realizar los respectivos zaps que son para los enlaces con un servidor mensajería de textos, redes sociales como Facebook y twitter, correo electrónico, como principales servicios que se requiere automatizar , e inmediatamente la creación de los triggers para la comunicación con los zaps y la generación de las alertas.

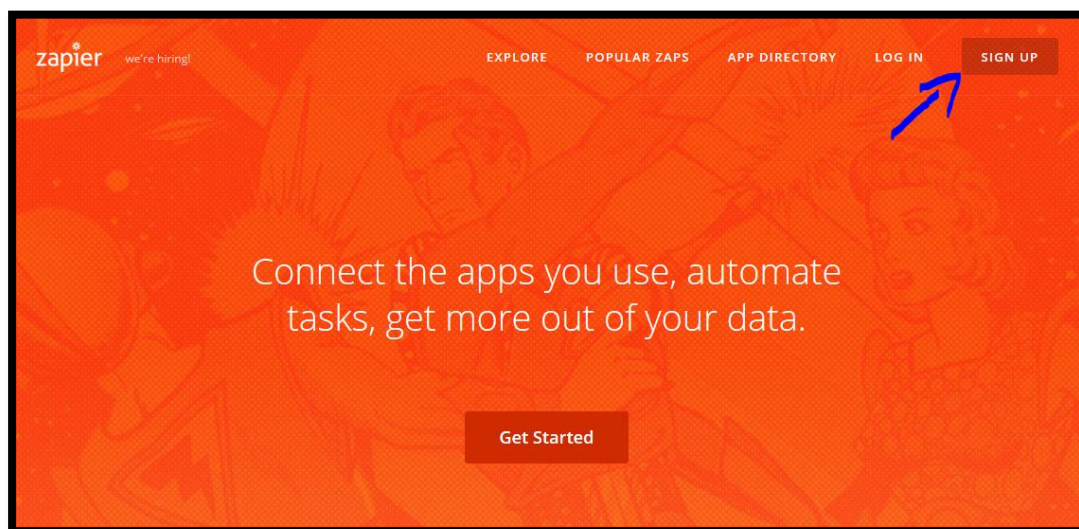


Figura 46. Página principal de Zapier

Inicialmente se ingresa a la página oficial de Zapier (www.zapier.com), y de ahí se va a SIGN UP, para la creación de la cuenta como lo muestra la Figura 46.

De igual manera se llena todos los datos que se requiere para la creación de la cuenta, Figura 47, y se espera el mensaje de confirmación de que la cuenta esta activa.

Figura 47. Datos para a la creación de la cuenta en Zapier

Ya con los datos enviados, se ha finalizado con la creación de la cuenta en Zapier y se puede seguir con el trabajo de la creación de los zaps necesarios para las alertas.

3.8.3.3. Creación de tareas en Zapier.

Al iniciar sesión en Zapier se tiene varias opciones para explorar la página, en estos momentos hay que dirigirse a la pestaña MAKE A ZAP, se indica en la Figura 48, que es donde se realizara las automatizaciones de tareas

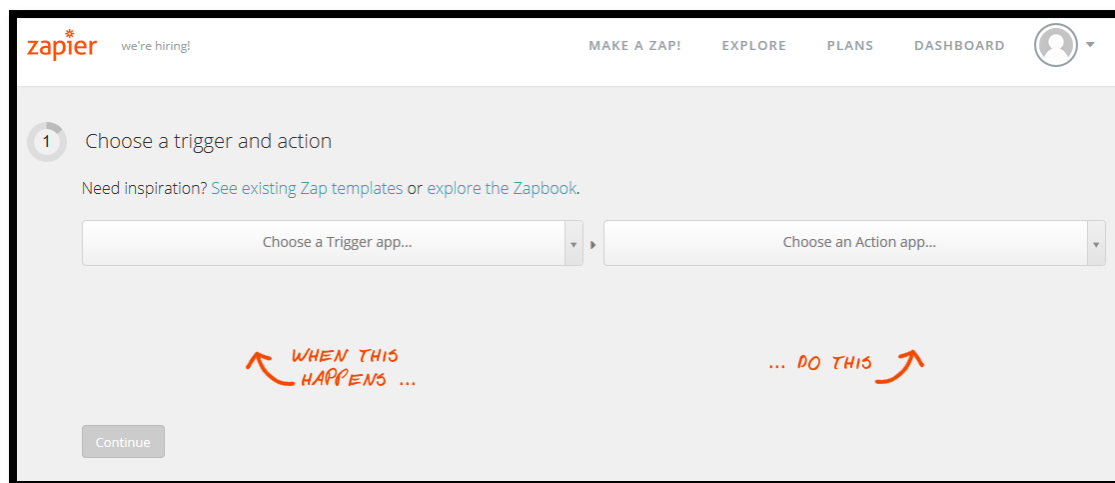


Figura 48. Página principal para la creación de zaps

A continuación se va dar inicio a la creación del primer zap, que en este caso será de generar una notificación de un tweet al momento de que los valores de los sensores lleguen o sobrepasen valores de monóxido de carbono que son peligrosos para el ser humano.

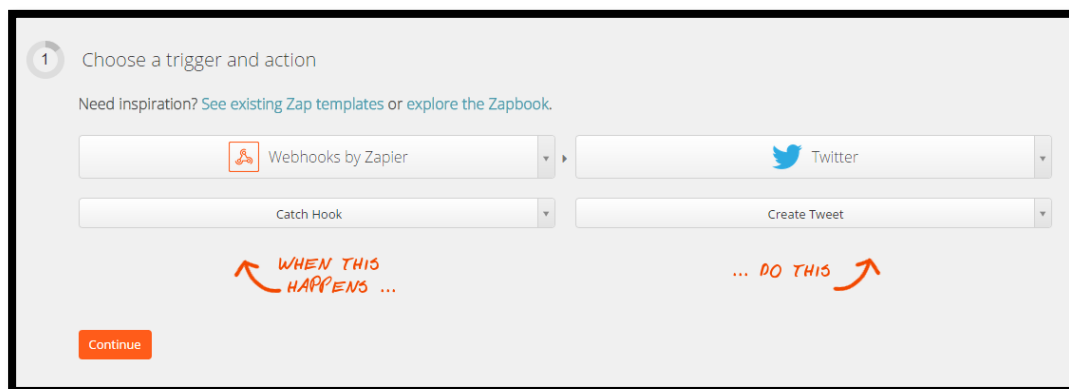


Figura 49. Elección de Servicios a utilizar

En la Figura 49 se muestra la elección de twitter, se elige la opción de webhook, ya que esta opción nos genera una url el cual nos servirá para la comunicación con Xively al

momento de utilizar los triggers. En este caso se le dice que al momento que se llame a la url de Zapier se cree un tweet.

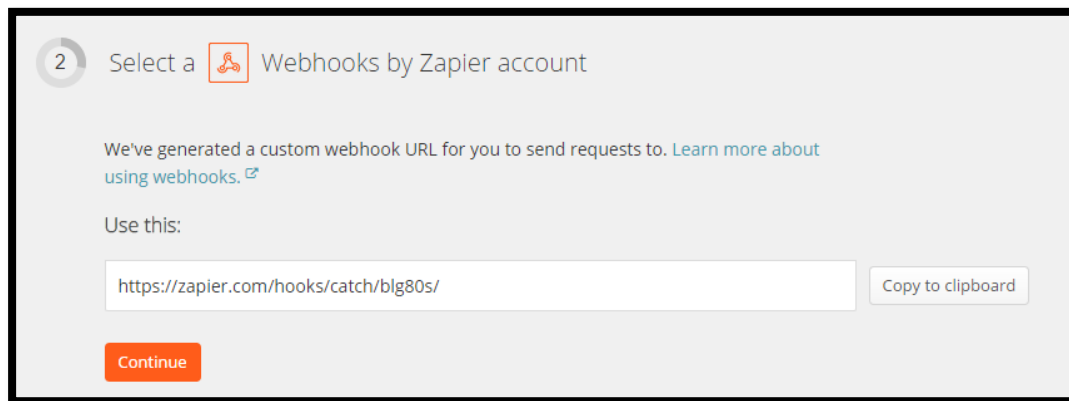


Figura 50. URL generado para llamar desde Xively

Aquí se genera la url (véase Figura 50) del webhook que va solicitar Xively en caso de generar alertas.

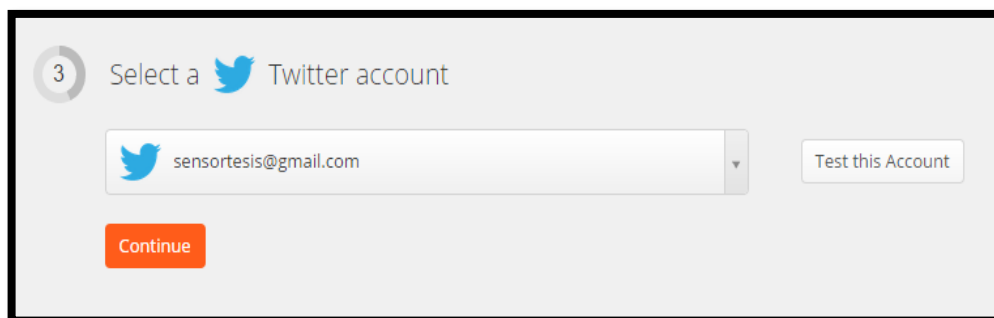


Figura 51. Elección de una cuenta de Twitter

A continuación se elige la cuenta de twitter a utilizar, Figura 51, para este caso de igual manera se creó una cuenta estrictamente para las alertas de los sensores.

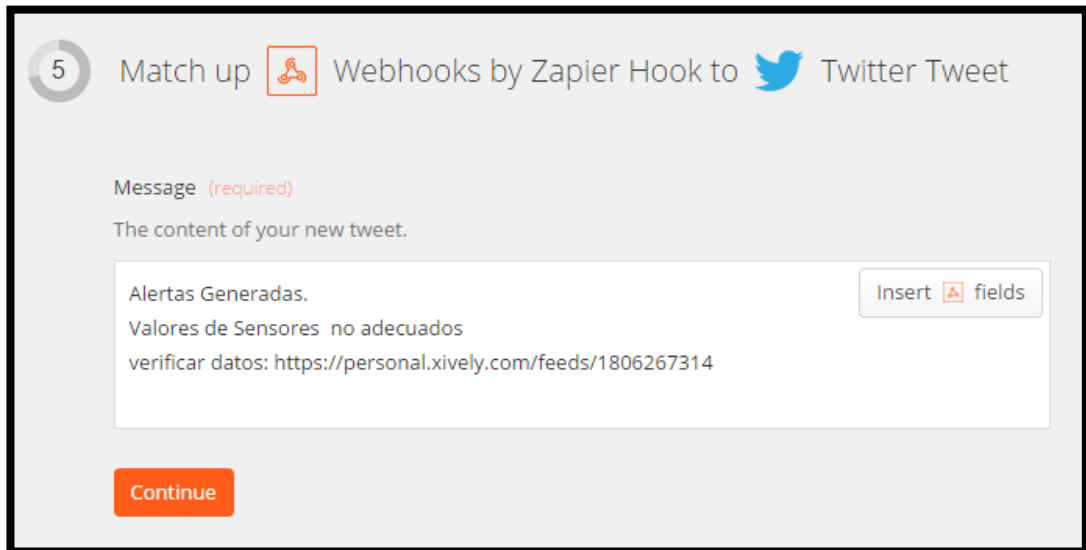


Figura 52. Mensaje para el tweet

Algunos pasos para la creación del zap son opcionales, en el proyecto no se les tomara en cuenta. En la Figura 52 se muestra el mensaje que se desea que aparezca en el tweet, y también se puede agregar el link para verificar los datos de los sensores.

Finalmente para terminar con la creación del zap se realiza un test para la verificación de que todos los datos proporcionados como se muestra en la Figura 53

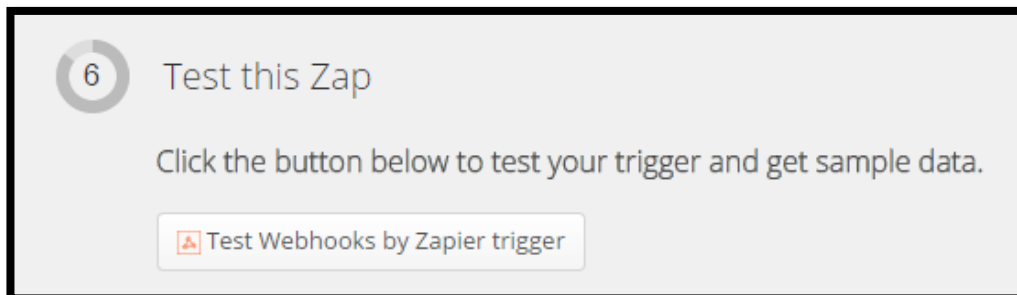


Figura 53. Test para verificación de datos

Al haber concluido con la creación del zap y el test de verificación se crea en el panel de control de Zapier la opción de encender y apagar los zaps, al zap de twitter se lo deja en modo on como muestra la Figura 54.



Figura 54. Zap terminado y encendido para las tareas designadas

Ahora se prosigue con la creación del zap para que de igual manera se llame a una url generada por Zapier y postee un estado en Facebook alertando sobre los valores de los sensores.

De igual manera se elige primero los servicios a utilizar: webhook para generar la url y Facebook, ver en Figura 55.

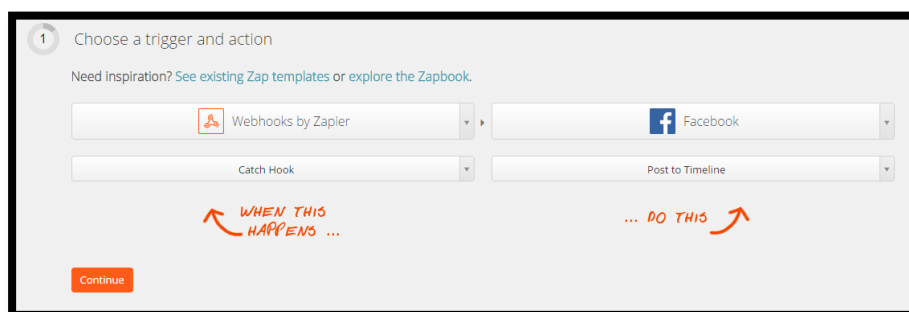


Figura 55. Elección de servicios a utilizar

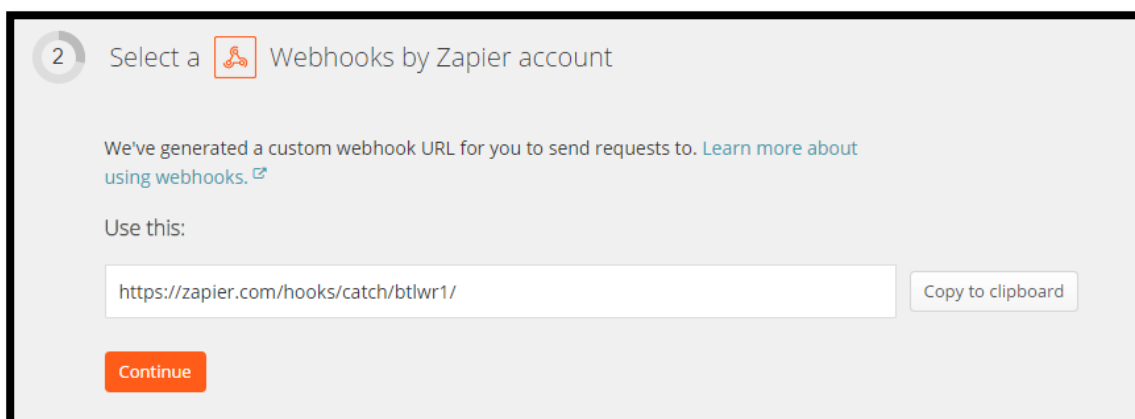


Figura 56. Url generada por Zapier

En la Figura 56 se puede observar que de igual manera se genera una url y la misma que se necesita para la conexión con los triggers de Xively. Y en la Figura 57 está la elección de la cuenta en donde se publicará las alertas.

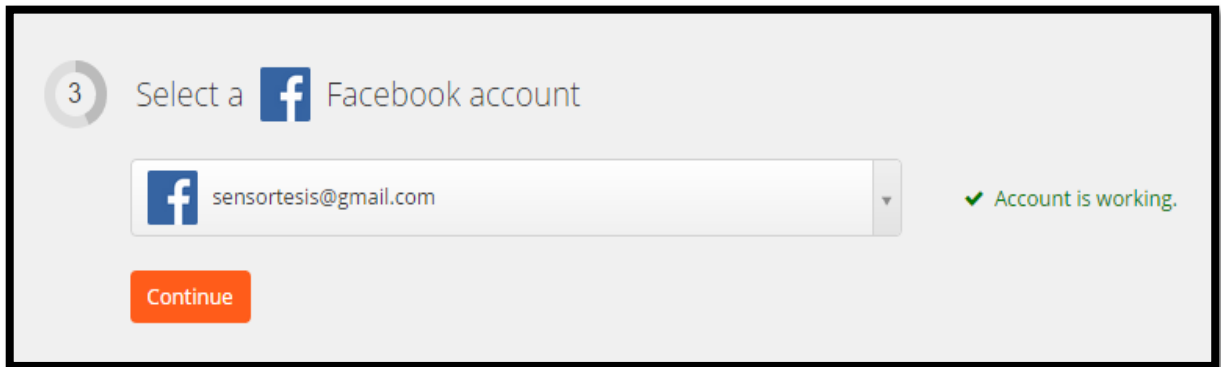


Figura 57. Elección de la cuenta de Facebook a utilizar

Se escribe el mensaje que se desea que este en el estado de Facebook como alerta junto con el link del monitoreo de los valores de los sensores como lo muestra la Figura 58, con este tipo de alertas nos ayudara a conocer rápidamente sobre lo que está sucediendo debido a que son aplicaciones web que se mantienen constantemente en actualización y son utilizadas comúnmente por un porcentaje alto de las personas que se conectan a internet.

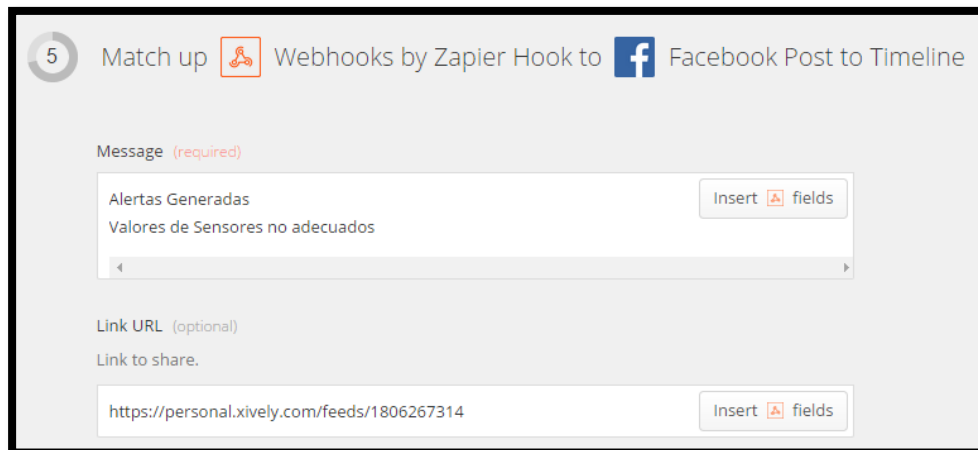


Figura 58. Mensaje de estado para Facebook

Con esto se concluye la creación del zap de facebook, y a la espera de que el momento que se generen alertas se enciendan las tareas creadas automáticamente.

Otra tarea más para la generación de alarmas remotas, es la de que envíe un mensaje de texto con la ayuda de Twilio, que es un servidor en internet que brinda los servicios de voz y de mensajería, esto sí, dependiendo del país en donde se lo necesite. De igual manera se necesita una cuenta en este servidor para el uso en Zapier.

Al igual que las anteriores aplicaciones, también elegimos webhook con twilio debido a la necesidad de la url que se genera en la Figura 59 se elige las dos aplicaciones.

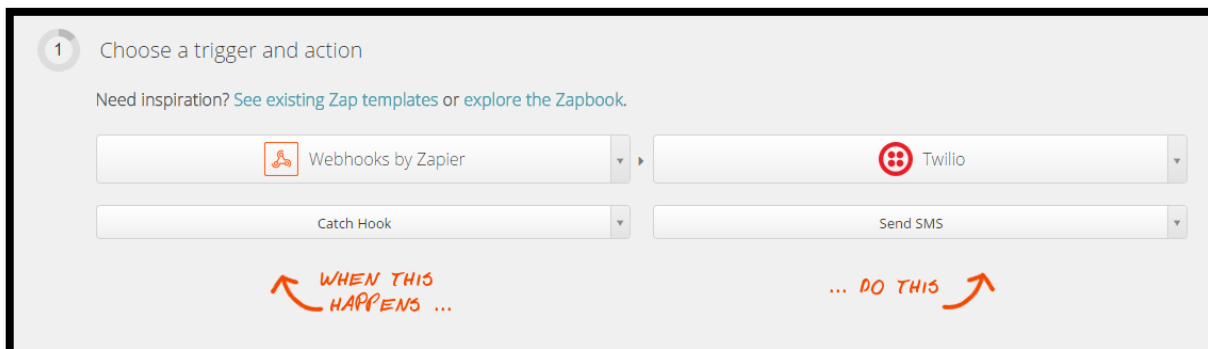


Figura 59. Elección de los servicios a utilizar

Seguidamente Zapier genera la url para los triggers de Xively y se comunican entre aplicaciones.

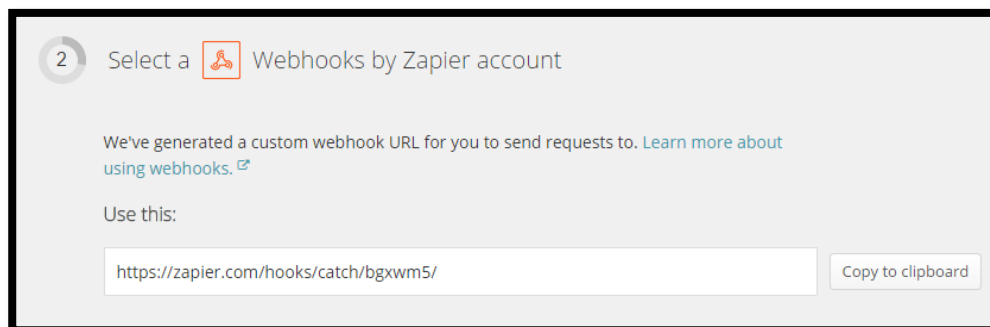


Figura 60. URL generada de Zapier para el uso de Twilio

De la misma forma que las anteriores aplicaciones, se debe elegir una cuenta activa como muestra la Figura 61, para el uso de las diferentes ventajas de los servidores, en este caso para la mensajería.

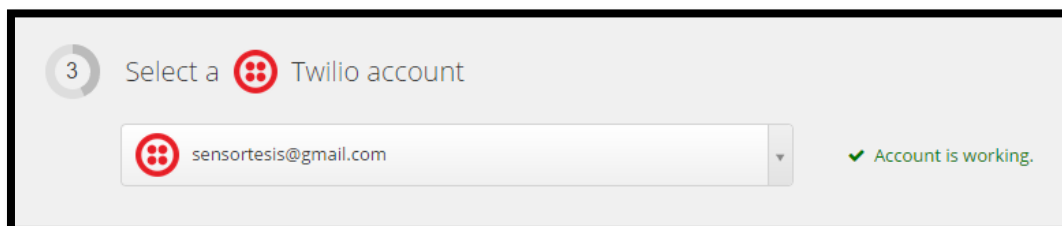




Figura 61. Elección de una cuenta Twilio

Para el envío del mensaje se necesita el número al cual va a enviarse el mensaje, como se utiliza un servidor a nivel mundial, este provee de un número celular el que se encarga de ser el remitente, también es necesario el número al que va dirigido el mensaje de texto, y por supuesto el contenido del mensaje el cual alerta al usuario sobre los peligros y riesgos que se están dando dentro del sistema de monitoreo, todos estos datos se los llena como muestra en la Figura 62.

5 Match up  Webhooks by Zapier Hook to  Twilio SMS

From Number *(required)*

(616) 965-7839

To Number *(required)*

Required number format: 15554443333 or 44111222333. Can send to multiple numbers with commas: 15554443333,44111222333

593989332767

Message *(required)*

Alertas Generadas
Valores de Sensores no Adecuados
verificar datos: <https://personal.xively.com/feeds/1806267314>

Figura 62. Datos requeridos para el envío de mensajes

Y por último se hace un testeo de los datos entregados en la creación de los zaps y se pone al zap en modo ON como indica la Figura 63 y para que ejecute las veces que sea necesario.

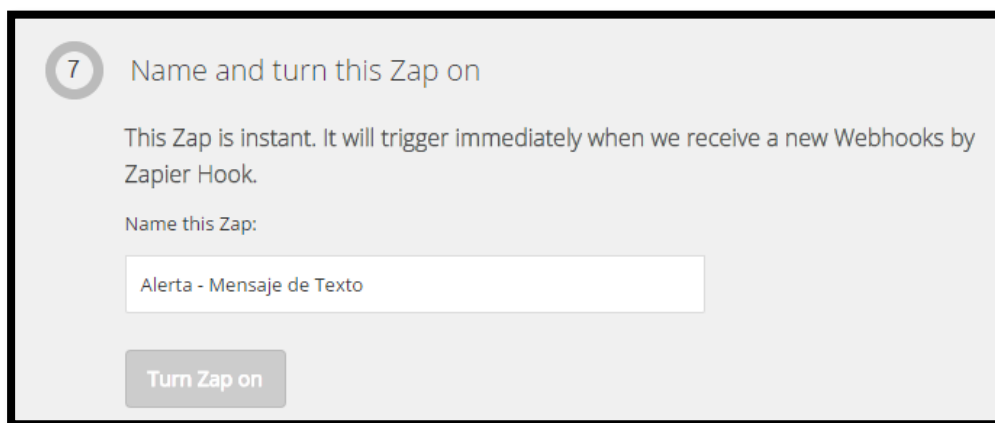


Figura 63. Zap creado y encendido.

Después de haber creado las alertas y notificaciones necesarias para el sistema, en el panel principal de Zapier se puede observar cada una de estas, como lo muestra la Figura 64, desde este panel se puede elegir si se desea o no tener activadas las notificaciones.

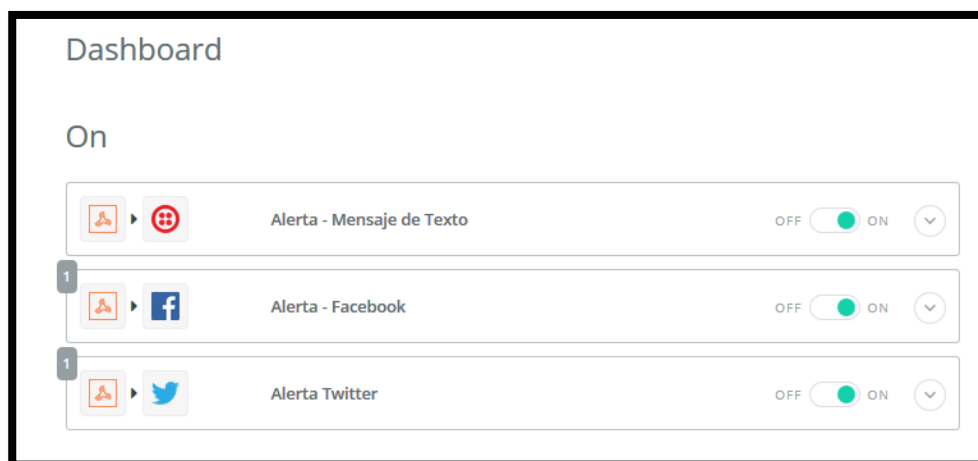


Figura 64. Panel de Alertas creadas y activadas

3.8.3.4. Creación de Triggers en la plataforma Xively.

Como se explicó en los anteriores puntos, que para la generación de alarmas remotas se puede lograr con la creación de triggers en el lado de Xively, y que se necesita de un puente como lo es Zapier para la conexión con otros servidores.

Ahora se mostrara la creación de cada una de los triggers o alertas que se generaran de acuerdo a los datos de los sensores.

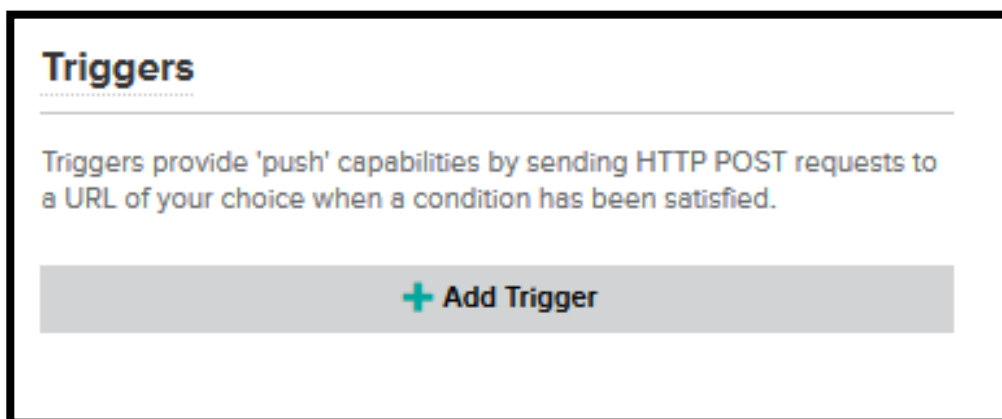


Figura 65. Opción para agregar alertas en Xively

Se elige el canal o variable a comparar para que se generen las alertas remotas, la condición dependiendo del valor que se va a tomar, si es igual, mayor que, menor que, para el proyecto se define se generen alertas al momento que los sensores sobrepasen ciertos niveles de contaminación donde ya se considere peligroso para el ser humano.

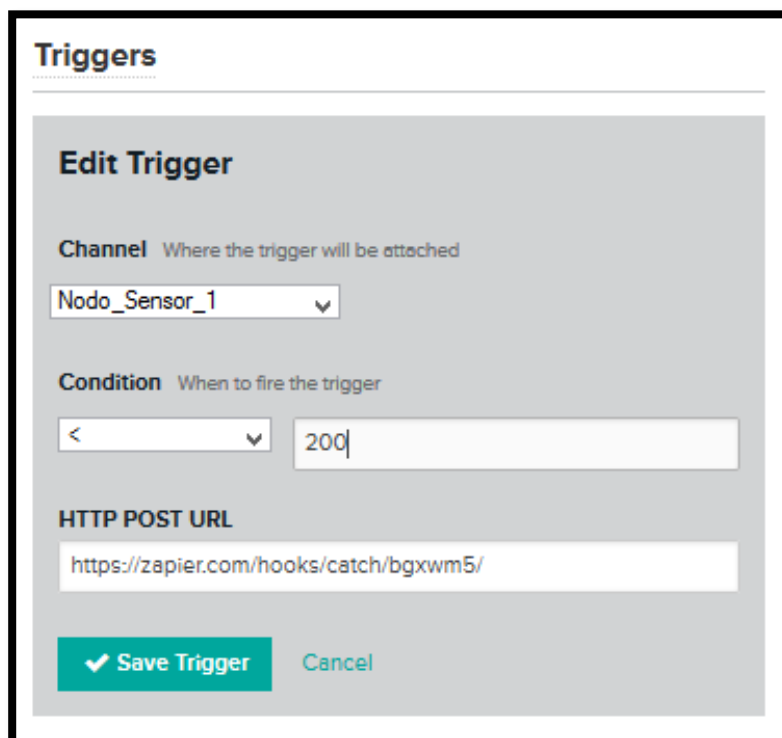


Figura 66. Trigger creado para la alerta vía Facebook

Por ejemplo a partir del valor de los 200 ppm, se considera sumamente peligroso para el ser humano la inhalación y la exposición ante este gas. De esta manera se crean los tres triggers para la conexión con cada uno de los servidores, facebook, twilio, twitter y se generan las alertas de acuerdo a los valores que se den, como se indica en la Figura 67.

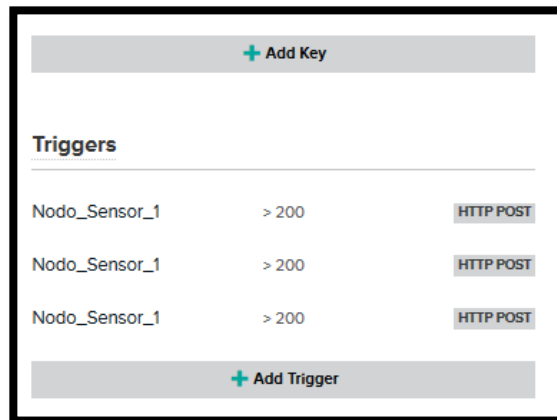


Figura 67. Condiciones creadas para la generación de alertas remotas

CAPITULO IV

En este capítulo se muestra los módulos que se utilizan en el sistema de monitoreo y las pruebas, además las debidas pruebas de funcionamiento del sistema ya instalado y se indicara un presupuesto referencial de lo invertido en el proyecto y comparaciones con algunos equipos existentes en el mercado.

4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MONITOREO

4.1. MODULOS SENSORES

A continuación se mostrara los diferentes módulos pertenecientes a la red. Al ser los tres nodos sensores iguales, solo será mostrado uno como se ve en la Figura 68.



Figura 68. Modulo nodo Sensor

Por la parte inferior del nodo se encuentra el módulo Xbee, el que permitirá la comunicación inalámbrica de los nodos sensores con el nodo central (véase Figura 69).

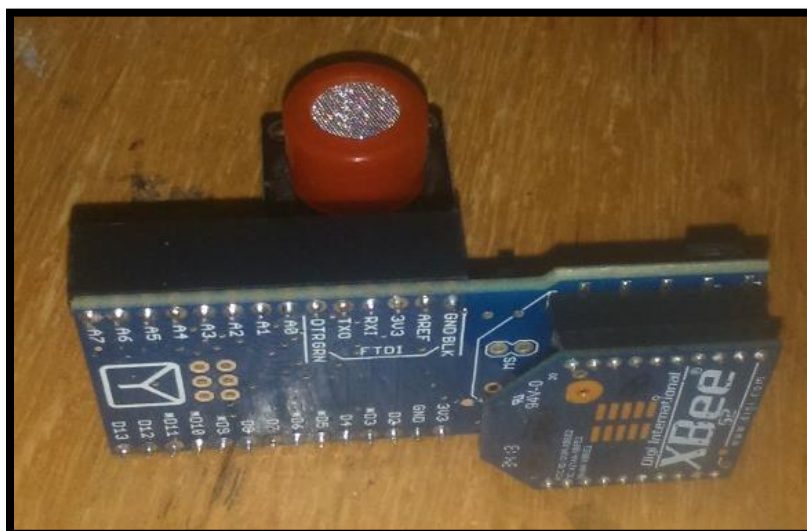


Figura 69. Vista inferior nodo sensor

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.



Figura 70. Modulo Nodo Central

4.2. PRUEBAS DE SENSADO

Primero pruebas realizadas antes de que el sistema sea instalado en la residencia, y lógicamente el segundo aspecto ya correctamente instalado. Para las pruebas existen algunos aspectos a tener en cuenta.

4.2.1. 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.

- Por comunicación serial en el computador se puede observar los datos que se reciben por cada nodo sensor, todo esto prueba la conectividad y la fidelidad del envío de datos de cada nodo, como se muestra en la Figura 71.
- Y por último que los datos que recibe el nodo central mediante la red zigbee, sean enviados hacia la plataforma en la nube en este caso Xively, y se puedan visualizar los mismos datos obtenidos desde un inicio, como se muestra en la Figura 72.

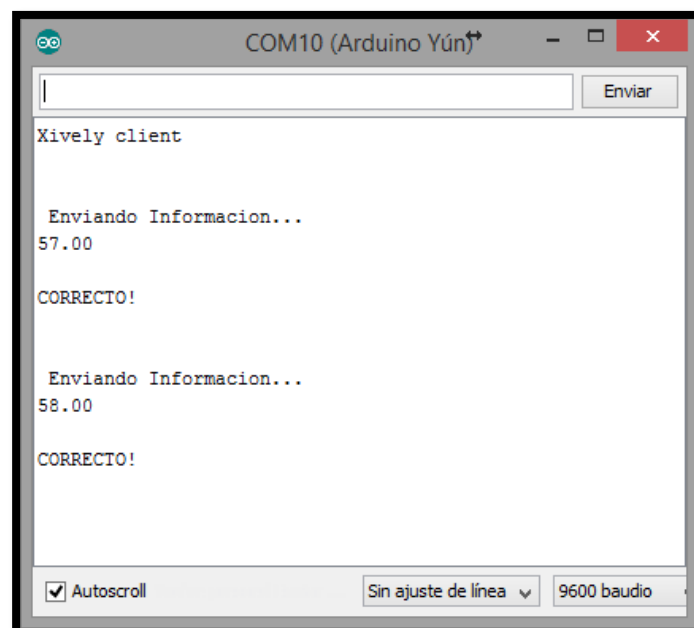


Figura 73. Visualización en Terminal

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.

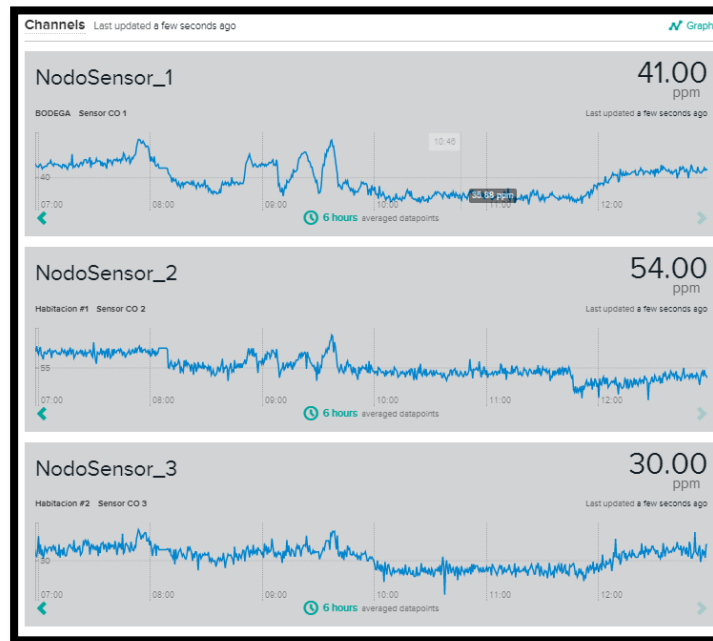


Figura 71. Datos mostrados en la plataforma Xively

Al comprobar que los datos obtenidos de cada nodo sensor están siendo enviados a la plataforma, esta genera gráficas estadísticas en función de los valores de los sensores con el tiempo que se ha tenido conectado el sistema, para una futura consulta de datos.

4.2.2. Comparación de obtención de datos.

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.

En la Tabla 11 se muestra los valores obtenidos de diferentes fuentes generados, tratando de que el monóxido se produzca lo más que se pueda y se ponga a prueba el sistema de monitoreo.

Tabla 11*Medición de Fuentes Generadoras de CO*

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

Los valores están tomados de las fuentes más comunes que están en el medio ambiente

4.2.3. Generación de alarmas.

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

Para la etapa de alerta local permitirá al usuario percibir un sonido de advertencia generado por un parlante de 20 W una vez que la cantidad de monóxido de carbono (CO) no sea apta para la presencia humana, se toma como referencia el valor de 200 ppm.

De igual forma para las alarmas externas o remotas se pone a prueba la configuración realizada tanto en la plataforma de la nube, como la conexión en Zapier, este es el paso para verificar si las condiciones dadas están correctas.

Los valores de los sensores al momento de llegar al umbral establecido como peligroso para el ser humano, las alarmas instantemente actúan frente a la respuesta de los sensores y es así como de inmediato como muestra la Figura 72, se activa la alerta en Facebook.



Figura 72. Alerta generada por facebook.

De igual manera, al momento que se existe elevación de los valores de los sensores se genera otra alarma externa gracias a la nube, esta es mediante un mensaje de texto alertando al usuario, el mensaje que llega como se puede ver en la Figura 73, es lo mismo que está en facebook.

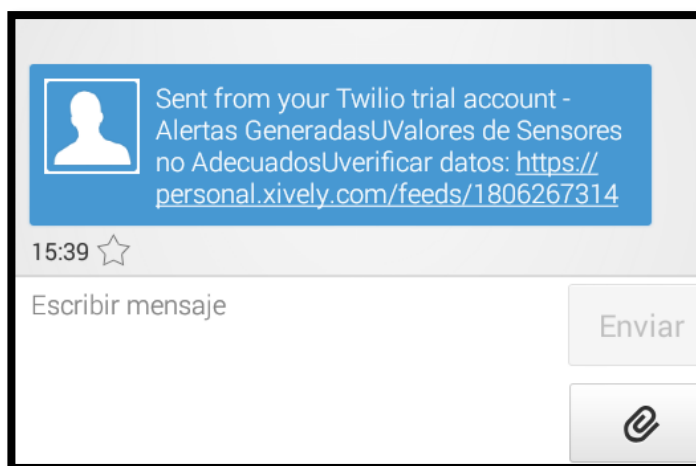


Figura 73. Alerta por mensaje de texto

Y la última alerta configurada en este caso es la de Twitter, que de la misma forma que las anteriores alarmas generan tweets automáticamente dependiendo si sobrepasan los valores definidos anteriormente. El mensaje también es igual a las demás alertas configuradas se puede observar en la Figura 74.

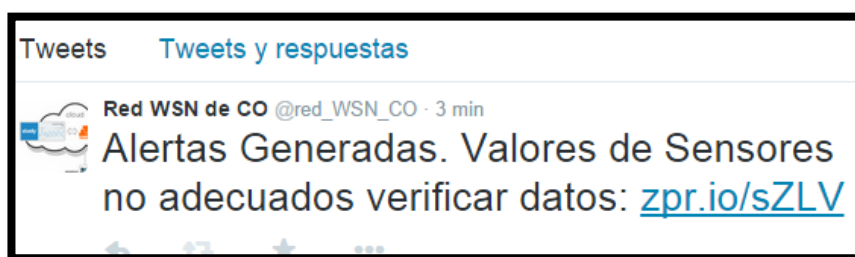


Figura 74. Alerta generada por Twitter

4.3. 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.

En la siguiente Tabla 12, se detalla todos los elementos utilizados en el desarrollo de los nodos pertenecientes a la red WSN.

Tabla 12
Presupuesto Referencial de Sistema de Monitoreo

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

Al comparar con marcas de otros equipos, el precio es mayormente elevado, esto se debe a que, los elementos que se utilizan en el sistema de monitoreo esta dado para manejar tres nodos sensores y un nodo central y la capacidad de tener la información en internet y tener acceso remotamente de diferente sitio donde se tenga acceso a internet, es decir, tiene una gran capacidad, al contrario de los detectores comunes que ofrece el mercado.

Por ejemplo se puede citar los siguientes equipos existentes en el mercado que se encargan de sensar el monóxido de carbono:

Alarma de Monóxido de Carbono – Sensor electro-químico



- Sensor de alta precisión
- Trabaja con baterías de 9V
- Alarma sonora
- Auto verificación del sensor
- Precio \$ 59,38

Detector de Monóxido de Carbono HONEYWELL



- Detector/alarma de monóxido de carbono basado en tecnología infrarroja que simula la respuesta del CO sobre el cuerpo humano
- Detecta niveles de concentración inferiores a 70 ppm (partes por millón)
- Incluye microprocesador inteligente y autochequeo del equipo
- Indicación por LED de nivel bajo de batería y sonido específico
- Alarma sonora
- Precio \$ 35,96

Como se indicó anteriormente, el precio del sistema de monitoreo, tiene más complejidad y mayor robustez debido a las características de manejarse con internet de las cosas, lo cual es de suma importancia tener los valores de los sensores del hogar al tanto, controlando así que no existan situaciones alarmantes y sumamente peligrosas sin que el usuario no se dé cuenta.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. 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.
- El uso de redes inalámbricas de sensores aparte del monitoreo en el ámbito del ambiente, entra en temas como la industria, la medicina, la agricultura, etc., y que por las ventajas de su bajo consumo de energía, escalabilidad, con un mínimo impacto

ambiental el cual hace que sea una alternativa idónea para dar solución a problemas específicos.

- La investigación de las características del dispositivo Zigbee, ayudan a elegir la configuración apropiada para una excelente transmisión y recepción de datos del sistema y no exista algún tipo de dificultad al momento de la comunicación inalámbrica.
- Con la tecnología Zigbee, desde el punto de vista técnico, permite ofrecer soluciones de bajo costo, reducido ancho de banda, y bajo consumo de potencia. La utilización de perfiles certificados para la elaboración de aplicaciones garantiza la interacción y compatibilidad de los productos creados por diferentes casa fabricantes.
- Para lograr una optimización de la vida de las baterías, los nodos sensores permanecen mayor tiempo dormido, ya que en el proceso de transmisión y recepción de datos es en donde existe un alto consumo de energía.
- El Monóxido de Carbono se genera de una gran variedad de elementos que están alrededor de nuestro diario vivir y que no se toma las debidas precauciones ante los riesgos que puedan existir.
- Con el afán de brindar la mayor robustez en el diseño del sistema de monitoreo, se elige la mejor opción de red para que los nodos sensores de monóxido de carbono puedan transmitir datos en tiempo real en cada caso de emergencia.
- 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 todas las tecnologías que se está utilizando, las características que le hacen diferente hace que el precio sea un poco elevado con respecto a equipos convencionales existentes en el mercado.

5.2. 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

- Alliance Zigbee. (2015). *The Zigbee Alliance - Control your Wolrd*. Obtenido de <http://www.zigbee.org/>
- ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO*. Obtenido de Sitio Web de Arduino: <http://arduino.cc/en/guide/introduction>
- Barneda Faudot, I. (2008). *Zigbee aplicado a la transmision de datos de sensores biomedicos*. Tesis de Pregrado, Universidad Autonoma de Bcelona, Barcelona, España.
- Camargo, J. L. (2009). *Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores*. Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla, Sevilla,España.
- Comunidad Informatica. (Junio de 2014). *CCM*. Obtenido de CCM.net: <http://es.ccm.net/contents/817-wlan-lan-inalambrica>
- Comunidad Informatica. (Junio de 2014). *es.ccm.net*. Obtenido de CCM.net: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>
- Consejería de Sanidad y Política Social de la Región de Murcia. (2012). *Murcia Salud*. Obtenido de Murcia Salud: <https://www.murciasalud.es/pagina.php?id=180398&idsec=1573>
- Environmental Protection Agency. (2014). *EPA*. Obtenido de EPA: <http://www.epa.gov/espanol/saludhispana/monoxido.html>
- Fernandez Barcell, M. (2014). *Página de Manuel Fernandez Barcell*. Obtenido de Página de Manuel Fernandez Barcell: <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>
- Glen, M., & Moreno, J. (23 de Mayo de 2012). *Wikispace*. Obtenido de <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

- Gutierrez, M. J. (10 de Agosto de 2015). *El Androide Libre*. Obtenido de <http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>
- Iacono , L., Godoy, P., Marianetti, O., Garcia, C., & Párraga, C. (2012). *Estudio de la Integracion entre WSN y redes TCP/IP*. Mendoza.
- Jordi, D. (1993). *Errores frecuentes en las intoxicaciones por monoxido de carbono*. Barcelona: Cruz Roja.
- Kezherashvili, B. (2010). *Computacion en la Nube*. Tesis de Maestria, Universidad de Almería, Almería, España.
- Mayné, J. (2011). *Baidu*. Obtenido de <http://wenku.baidu.com/view/a11a02ea19e8b8f67c1cb99b>
- National Instruments. (2009). *National Instruments Lationamerica*. Obtenido de National Instruments Lationamerica: <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/>
- OSHWAA. (2014). *Open Source Hardware Association*. Obtenido de Open Source Hardware Association: <http://www.oshwa.org/definition/spanish/>
- Tecnologías, Servicios Telemáticos y Sistemas, S.A. (2014). *TST IoT M2M Smart City*. Obtenido de TST IoT M2M Smart City: <http://www.tst-sistemas.es/zigbee/>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADC: Siglas de Analog Digital Converter, en español Conversor Análogo Digital.

Dispositivo electrónico que es capaz de convertir una señal analógica en digital.

LCD: Siglas de Pantalla de Cristal Líquido, dispositivo electrónico que permite la visualización de elementos alfanuméricos en una pantalla plana.

IaaS: Infraestructura como servicio en la nube.

PaaS: Plataforma como servicio en la nube, es un ambiente de cómputo al que se obtiene acceso (según sea necesario) a través de una red de un proveedor de servicios.

TCP/IP: Son las siglas de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (en inglés *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), Es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras.

UART: Trasmisor-receptor asincrónico universal, mediante este se puede realizar la comunicación serial entre dispositivos sea PC con alguna placa en particular.

WSN: Wireless Sensor Network (Redes de sensores inalámbricos). Realiza la adquisición y tratamiento de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, entornos militares, detección ambiental.

ANEXOS

ANEXO A

COMO ACTUAR EN CASO DE UNA INTOXICACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO

Con el sistema de monitoreo se podrá conocer el tiempo que esta el gas toxico en el aire además de la concentración, así mientras más alta la concentración más pronto serán activadas las diferentes alertas.

El sonido que genera la alarma del sistema de monitoreo debe ser fuerte capaz de despertar a una persona en caso de que este durmiendo, tampoco se debe estar cerca del sonido ya que permanecer un largo tiempo puede producir problemas auditivos.

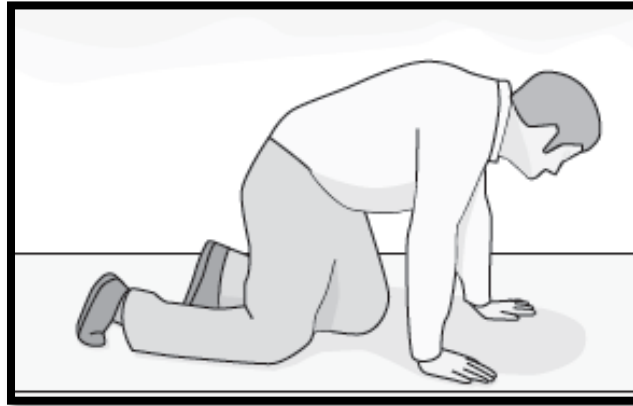
Aunque el sonido de la alarma sea fastidioso, no se debe desconectarla ya que automáticamente la alarma se silenciara en el caso de que ya no existan valores altos de concentración de monóxido de carbono, la persona puede esperar afuera hasta que deje de sonar.

En el caso de que exista la contaminación excesiva en una persona se recomienda seguir las siguientes instrucciones.

No tratar de rescatar a las demás personas que se encuentren en la vivienda, antes de realizarlo, tapan la boca y nariz con un pañuelo, luego arrastrarse por el suelo hacia la persona afectada y llevarla a un espacio libre de gases perjudiciales.



Al ser el monóxido de carbono más liviano que el aire, las concentraciones del gas se acumulan en las partes altas de una habitación, he ahí la conveniencia de arrastrarse por el suelo.



De inmediato llamar a personas de emergencia que pueden ayudar en caso de contaminación.



En el caso extremo donde se encuentre alguna persona perjudica por el gas tóxico, se procede a alejar a la persona afectada de la contaminación, esta acción no puede ser suficiente para salvarle la vida, pues así cobre la consciencia la persona afectada de inmediato hay que ofrecer asistencia médica, mientras el equipo médico llega al sitio de la emergencia.



Una vez ya con la gente lejos del lugar contaminado se procede a ventilar el sitio en este caso la residencia, abriendo puertas y ventanas.



ANEXO B

UBICACIÓN DE LOS SENSORES CORRECTAMENTE

Entre las claves para el correcto funcionamiento de este tipo de sistemas, es la adecuada ubicación de los sensores, esto es para el sistema de monitoreo diseñado se tomó en cuenta las habitaciones primordiales de la residencia como los son los dormitorios y el cuarto de bodega en donde se encuentra el calefón a gas.

Los nodos sensores se pueden instalar en el cielo o en los muros, claro que lo más recomendable es instalarlo en la parte central del cielo de los dormitorios debido a las características que toma el gas toxico frente al ambiente existente en la residencia.

En el caso de que no se pueda instalar en el centro del cielo del dormitorio, se sugiere dejar el borde de la alarma a una distancia prudencial el cual no obstruya con el sonido.

Para determinar el número de nodos sensores a utilizar en la residencia se recomienda mínimo uno por dormitorio, ya que según las estadísticas la mayoría de accidentes por causa de gases se producen en la noche, así se lograra tener una mejor precisión al momento de que se generen las alarmas y tener un adecuado monitoreo de los sitios importantes.

Se recomienda de igual manera que los nodos sensores no se los debe ubicar en lugares donde se retrase las alertas, esto debido a efectos externos a los sensores, como es la ubicación sobre una cocina, lavaplatos, se encuentren ocultos por las cortinas, cerca de sitios se siempre estén ventilados, en lugares que tengan una gran concentración de polvo o en donde puedan ser golpeados o dañados.

ANEXO C

CÓDIGO DE NODO CENTRAL

ARDUINO YUN

```
/*  
  
    TRABAJO DE GRADO  
    Sistema de Monitoreo de Monoxido de Carbono  
    mediante una red de sensores inalambricos y una  
    plataforma como servicio en la nube para una  
    residencia  
  
    EDISON CARRION  
    FICA-CIERCOM  
*/  
  
// Librerias a utilizar:  
  
#include <XBee.h>  
#include <Process.h>  
#include <LiquidCrystal.h>  
#include "passwords.h" // contiene las claves para el uso de  
la plataforma en la nube  
float sensor_01=0; //variables a utilizar para medir CO  
float sensor_02=0;  
float sensor_03=0;  
float respuesta=0  
String dataString = "";  
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);  
XBee xbee = XBee();  
XBeeResponse response = XBeeResponse();  
  
void setup() {  
  
    Bridge.begin();  
    Serial.begin(9600); //Inicio Cx Serial  
    mySerial.begin(9600); //Inicializacion de cx serial  
    //para modulos xbee  
    xbee.begin(mySerial);  
    lcd.begin(16,2);  
    lcd.print("BIENVENIDOS");  
    lcd.setCursor(0,1);  
    lcd.print("Xively client");  
    pinMode(13,OUTPUT);  
    pinMode(A0,INPUT);  
    pinMode(A3,INPUT);  
    pinMode(A5,INPUT);  
    //while (!Serial); //espera a que el puerto  
serial este habilitado  
    Serial.println("Xively client");  
}
```

```

    delay(2000);
    lcd.clear();
    // La primera carga
    Carga_Datos();
    Envio_Datos();
    digitalWrite(13,HIGH);
    // lastRequest = millis();
}

void loop()
{
  xbee.readPacket();
  xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);
  Serial.print("Datos recibidos desde: ");
  Serial.print(rx.getRemoteAddress64().getMsb(),HEX);
  Serial.print(rx.getRemoteAddress64().getLsb(),HEX);
  Serial.println();
  Carga_Datos();
  Envio_Datos();
  delay(5000);
}

//*****
//*****Convertir las lecturas de los sensores en cadenas para que
//sean enviadas*****
//*****

void Carga_Datos() {

//*****SENSOR 1*****
  Sensor_01=
  dataString = "NodoSensor_1,";
  dataString += sensor_01;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("N1:");
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(sensor_01);

//*****SENSOR 2*****

  dataString += "\nNodoSensor_2,";
  dataString += sensor_02;
  lcd.setCursor(12,0);
  lcd.print("N2:");
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print(sensor_02);

//*****SENSOR 3*****

  dataString += "\nNodoSensor_3,";
  dataString += sensor_03;
}

```

```

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("N3:");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(sensor_03);
}

// Este método hace para que exista la conexión al servidor
void Envio_Datos() {
    // Parametros para la API

    String apiString = "X-APIKey: ";
    apiString += APIKEY;

    // parámetros de la URL
    String url = "https://api.xively.com/v2/feeds/";
    url += FEEDID;
    url += ".csv";

    Process xively; // Se crea un proceso llamado xively
    Serial.println("\n\n Enviando Informacion... ");
    xively.begin("curl");
    xively.addParameter("-k");
    xively.addParameter("--request");
    xively.addParameter("PUT");
    xively.addParameter("--data");
    xively.addParameter(dataString);
    xively.addParameter("--header");
    xively.addParameter(apiString);
    xively.addParameter(url);
    xively.run();

    Serial.println("\nCORRECTO!");

    // Se imprime este valor en caso de que exista la conexión
    while (xively.available() > 0) {
        char c = xively.read();
        Serial.write(c);
    }
}
}

```

ANEXO D

CODIGO DE NODOS SENSORES

ARDUINO FIO

```
#define MQ7_PIN 0

#define TiempoAlto 60000
#define TiempoBajo 90000

#define LECTURA_GAS 1000
unsigned long startMillis;
unsigned long switchTimeMillis;
boolean FaseAlto;

String readString = "";
String EscribirCadena;
String RetornarCadena;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  startMillis = millis();

  ESTADO_ALTO();

  Serial.println("Nivel de gas");
}

void loop(){
  if(FaseAlto){
    //Comprueba si se necesita cambiar al estado bajo
    //ciclo de fase a 5v
    if(millis() > switchTimeMillis) {
      ESTADO_BAJO();
    }
  }
  else {
    //Comprueba si se necesita cambiar al estado alto
    //ciclo de fase a 1.4v
    if(millis() > switchTimeMillis) {
      ESTADO_ALTO();
    }
  }

  Nivel_Gas();
  delay(LECTURA_GAS);
}
```

```
void ESTADO_ALTO(){
    // fase 5v
    FaseAlto = true;
    switchTimeMillis = millis() + TiempoAlto;
}

void ESTADO_BAJO(){
    // fase 1.4v
    FaseAlto = false;
    switchTimeMillis = millis() + TiempoBajo;
}

void Nivel_Gas(){
    unsigned int nivel_co = analogRead(MQ7_PIN);
    unsigned int tiempo = (millis() - startMillis) / 1000;

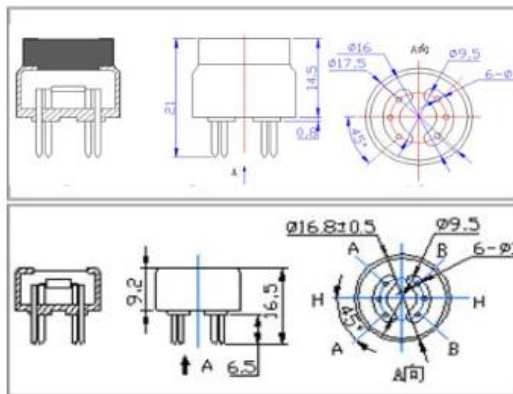
    Serial.println(nivel_co);
}
```


ANEXO E

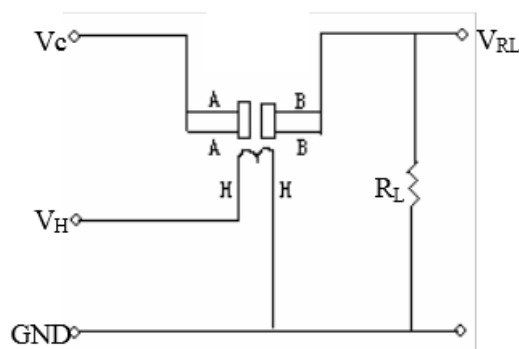
HOJA DE DATOS SENSOR MQ-7

MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide Sensitive material of MQ-7 gas sensor is SnO₂, which with lower conductivity in clean air. It make detection by method of cycle high and low temperature, and detect CO when low temperature (heated by 1.5V). The sensor's conductivity is more higher along with the gas concentration rising. When high temperature (heated by 5.0V), it cleans the other gases adsorbed under low temperature. Please use simple electrocircuit, Convert change of conductivity to correspond output signal of gas concentration. MQ-7 gas sensor has high sensity to Carbon Monoxide. The sensor could be used to detect different gases contains CO, it is with low cost and suitable for different application.

Configuration



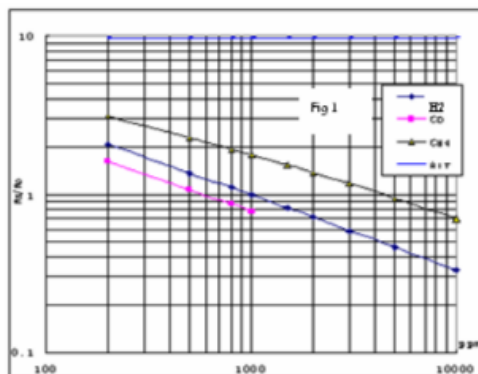
Basic test loop



Technical Data

Model No.		MQ-7	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Plastic	
Detection Gas		Carbon Monoxide	
Concentration		10-10000ppm CO	
Circuit	Loop Voltage	V_c	$\leq 10V$ DC
	Heater Voltage	V_H	5.0V \pm 0.2V AC or DC (High) 1.5V \pm 0.1V AC or DC (Low)
	Heater Time	T_L	60 \pm 1S (High) 90 \pm 1S (Low)
	Load Resistance	R_L	Adjustable
Character	Heater Resistance	R_H	31 Ω \pm 3 Ω (Room Tem.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 350mW$
	Sensing Resistance	R_s	2K Ω -20K Ω (in 100ppm CO)
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(100\text{ppm CO}) \geq 5$
	Slope	α	$\leq 0.6 (R_{100\text{ppm}}/R_{10\text{ppm}} \text{ CO})$
Condition	Tem. Humidity	20 $^{\circ}$ C \pm 2 $^{\circ}$ C; 65% \pm 5%RH	
	Standard test circuit	V_c : 5.0V \pm 0.1V; V_H (High) : 5.0V \pm 0.1V; V_H (Low) : 1.5V \pm 0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Sensitivity Characteristics



Influence of Temperature/Humidity

