



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE AUTÓNOMO
PARA EL MONITOREO DE UNA RED WSN DE SENSORES
METEOROLÓGICOS UTILIZANDO DISPOSITIVOS XBEE PARA
TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA ESPOCH”**

Trabajo de titulación previa obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

AUTOR: MELINTON RICARDO TRUJILLO NÚÑEZ

TUTOR: ING. WILSON ZÚÑIGA

Riobamba-Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE AUTÓNOMO PARA EL MONITOREO DE UNA RED WSN DE SENSORES METEOROLÓGICOS UTILIZANDO DISPOSITIVOS XBEE PARA TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA ESPOCH”**, de responsabilidad del señor Melinton Ricardo Trujillo Núñez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E.		
DECANO DE LA FIE
Ing. Freddy Chávez V.		
DIRECTOR: ESCUELA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Wilson Zúñiga V.		
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. José Guerra S.		
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, **MELINTON RICARDO TRUJILLO NÚÑEZ** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

MELINTON RICARDO TRUJILLO NÚÑEZ

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme vida y salud para de esta manera adquirir los conocimientos y llegar a ser una mejor persona. A mi familia que siempre me han apoyado sin importar las dificultades que se han presentado a lo largo de esta etapa académica por todo el aliento brindado y por el arduo trabajo realizado durante este camino de aprendizaje. A los Ingenieros guías por brindarme su ayuda y sus conocimientos de una manera muy desinteresada e incondicional, por ser y constituirse en amigos los cuales supieron dirigirme y guiarme de la mejor manera en mi trabajo de titulación, de igual manera a todos los maestros que siempre han dado lo mejor de sí para formar profesionales de excelencia.

Ricardo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de seguir vivo y continuar adelante diariamente, a mis amados padres quienes con su dedicación esfuerzo y su eterno amor hacia mi han estado incondicionalmente a mi lado siendo mi guía y enseñándome a tener fortaleza para continuar constituyéndose de esta manera en pilares fundamentales en mi formación personal y académica, a mi hijo por ser el motor principal en mi vida, a mi esposa y hermanas por el respaldo incondicional con sus palabras de aliento y fortaleza para seguir adelante y a mis maestros, amigos y demás personas que de una forma u otra me han ayudado en alcanzar esta meta.

Ricardo.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY	xiv
INDICE DE ABREVIATURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Introducción.....	4
1.2. Vehículos aéreos no tripulados.....	4
1.2.1. Drone Autónomo	5
1.2.2. Aplicaciones de los drones	7
1.2.3. Modos de vuelo y componentes de los drones	12
1.3. Redes inalámbricas de sensores (WSN)	13
1.3.1. Topologías de las redes WSN.....	14
1.3.2. Aplicaciones de las redes WSN.....	16
1.4. Dispositivos XBEE.....	18
CAPITULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO	20
2.1. Introducción.....	20
2.2. Requerimientos en el diseño del sistema	20
2.3. Diseño de la Red WSN.....	21
2.3.1. Nodo coordinador	22
2.3.2. Nodos Router	22
2.3.3. Selección de elementos para la WSN	23
2.4. Esquema de conexión de los nodos de la red WSN.....	31
2.4.1. Esquema de conexión del nodo coordinador	31
2.4.2. Esquema de conexión de los nodos routers	33
2.5. Configuración de dispositivos	34
2.5.1. Configuración del controlador Arduino MEGA 2560.....	35
2.5.2. Configuración de los módulos de transmisión Xbee Serie 2.....	38
2.5.3. Configuración del drone Cheerson CX-20	41

2.5.4.	Ruta autónoma del Drone Cheerson CX-20	45
CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS DE PRUEBAS.....	48
3.1.	Introducción.....	48
3.2.	Pruebas de comprobación de estabilidad en el sistema	48
3.2.1.	Prueba del Nodo Roter Uno.....	50
3.2.2.	Prueba del Nodo Roter Dos	52
3.3.	Análisis realizado para el consumo energético del sistema	53
3.4.	Calculo del tiempo de uso del sistema.....	56
3.5.	Distancia de transmisión de los nodos router	57
3.6.	Análisis de resultados	60
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		64
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Indicativo de terminales para conexión de Sd Card de Arduino	32
Tabla 2-2: Indicativo de terminales para conexión del RTC de Arduino	33
Tabla 1-3: Datos de temperatura y porcentaje de estabilidad del sensor 1	50
Tabla 2-3: Datos de temperatura y porcentaje para ver la estabilidad del sensor 2	52
Tabla 3-3: Datos para consumo energético de los nodos router.....	54
Tabla 4-3: Tabulación de la toma de datos a distancias reales.....	59
Tabla 5-3: Interpretación de datos tomados personalmente.....	61
Tabla 6-3: Interpretación de información tomada con el sistema autónomo	61
Tabla 7-3: Comparación para observar la eficiencia del sistema.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Globos auto dirigidos con explosivos	5
Figura 2-1: Trayectoria trazada para vuelo autónomo de un UAV	6
Figura 3-1: Uno de los Nanodrone más diminutos del mercado.....	6
Figura 4-1: Enjambre de Drones para transportar Humanos.....	7
Figura 5-1: Rescate y búsqueda de personas con UAV	8
Figura 6-1: Dron con funciones de primeros auxilios.....	8
Figura 7-1: Vigilante de tránsito para evitar actividades ilegales	9
Figura 8-1: Monitoreo y búsquedas arqueológicas	10
Figura 9-1: Seguimiento de lava en una explosión volcánica	11
Figura 10-1: Monitoreo de humedad en cultivos con un drone	11
Figura 11-1: Fiscalización de instalaciones mineras.....	12
Figura 12-1: Módulos XBEE con diferentes tipos de antenas	19
Figura 1-2: Módulo Xbee Serie 2.....	24
Figura 2-2: Programador Arduino MEGA 2560.....	25
Figura 3-2: Shield de conexión entre Arduino y Xbee.....	26
Figura 4-2: Módulo Xbee Explorer.....	27
Figura 5-2: Sensor de temperatura LM – 35	28
Figura 6-2: Módulo SD Car para Arduino	29
Figura 7-2: Módulo RTC para Arduino	30
Figura 8-2: Drone Cheerson CX – 20	31
Figura 9-2: Diagrama de flujo del nodo coordinador.....	36
Figura 10-2: Diagrama de flujo de los nodos routers.....	37
Figura 11-2: Resultado del test de un Xbee realizado en el software X-CTU	38
Figura 12-2: Pestaña Range Test del software X-CTU.....	39
Figura 13-2: Recepción de datos en el Terminal del software X - CTU.....	40
Figura 14-2: Programación de un módulo Xbee mediante el software X - CTU.....	40
Figura 15-2: Switch selectores y modos de vuelo del Drone Cheerson CX - 20	42
Figura 16-2: Entorno de Usuario del Software Mission Planner	42
Figura 17-2: Pestaña para seleccionar que tipo de UAV es el Cheerson CX - 20	43
Figura 18-2: Test de componentes y Firmware del Cheerson CX - 20.....	43
Figura 19-2: Calibración de acelerómetros en el UAV Cheerson CX-20.....	44
Figura 20-2: Configuración de la prueba del compás en el Cheerson CX - 20.....	44
Figura 21-2: Ubicación de la zona de prueba del proyecto.....	45

Figura 22-2: Sincronización de los waypoints al UAV Cheerson CX-20.....	46
Figura 23-2: Cambio de modo de vuelo (AltHold).....	46
Figura 24-2: Posición SWB 1 y SWA 2 para realización de ruta autónoma del UAV.....	47
Figura 1-3: Toma de datos del sensor uno mediante el terminal de X-CTU.....	49
Figura 2-3: Toma de datos del nodo router dos mediante el terminal de X-CTU.....	49
Figura 3-3: Batería de li-ion usada para alimentar.....	56
Figura 4-3: Sistematización de las distancias de tomas de datos.....	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Topología de red WSN en estrella.....	15
Gráfico 2-1: Topología de red WSN en malla	15
Gráfico 3-1: Topología de red WSN en malla	16
Gráfico 1-2: Diagrama de la Arquitectura del sistema.....	21
Gráfico 2-2: Diagrama de bloques del nodo coordinador de la Red WSN	22
Gráfico 3-2: Diagrama de bloques de los nodos routers de la Red WSN	23
Gráfico 4-2: Esquema de conexión del nodo coordinador en el software Proteus.....	32
Gráfico 5-2: Esquema de conexión de los nodos routers en el software Proteus.....	34
Gráfico 6-2: Plano realizado para la ubicación de nodos de la Red WSN.....	35
Gráfico 1-3: Porcentual y estabilidad del nodo router 1	51
Gráfico 2-3: Porcentaje de estabilidad del nodo 2	53
Gráfico 3-3: Interpretación grafica de la transmisión de datos de módulos Xbee	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Datasheet Xbee

Anexo B. Datasheet Arduino Mega 2560

Anexo C. Datasheet Shield

Anexo D. Datasheet Explorer

Anexo E. Datasheet LM35

Anexo F. Datasheet SD Card

Anexo G. Datasheet RTC

Anexo H. Manual Cheerson CX-20

RESUMEN

Se desarrolló un prototipo de una red inalámbrica de sensores (WSN) la cual será monitoreada por un drone encargándose de tomar datos de temperatura ambiente en la ESPOCH, el sistema brinda como beneficios ser de fácil manejo y tener bajo costo. Debido a la agilidad que tienen los drones para sobrevolar se puede supervisar en poco tiempo áreas extensas. El sistema fue estructurado como una red tipo estrella, siendo además unidireccional por los requerimientos planteados, brinda la opción de añadir nuevos routers en caso de ser necesario. Posee un nodo coordinador y dos nodos routers, totalmente independientes, se basan en la plataforma de hardware libre Arduino, son los encargados de la toma de datos y la transmisión de la información al nodo coordinador, este a su vez consta de una tarjeta micro SD la cual almacena en un archivo la información recopilada. La comunicación entre nodos se realizó con dispositivos de comunicación inalámbrica (Xbee S2) con un alcance de 37 metros de radio al ser alimentados con 3.3 voltios. De las pruebas realizadas en la investigación se confirmó que el sistema al adquirir los datos de la temperatura ambiente presenta un error de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, el sistema asimismo presentó una estabilidad del 98.35% dentro de la transmisión de información en los nodos routers y la eficiencia que presentó el sistema es del 180%. Se concluyó que la red inalámbrica de sensores suministra información que ayuda a generar bases de datos históricas, permitir supervisar áreas de difícil acceso sin poner en riesgo a las personas al momento de realizar este trabajo. Se recomienda la instalación de un sistema de energía renovable para la autonomía indefinida del sistema.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <RED INALÁMBRICA DE SENSORES (WSN)>, <XBEE>, <DRONE>, <ENERGÍA RENOVABLE>, <TEMPERATURA>.

SUMMARY

It was developed a prototype of a wireless sensor network (WSN) which will be monitored by a drone responsible for taking data from ambient temperature in the ESPOCH, the system provides the benefit of being easy to handle and has low cost. Due to the agility that the drone have to fly it is possible to supervise in a short time large areas. The system was structure as a network type star, being furthermore unidirectional by the requirements outlined; it offers the option of adding new routers if necessary. It has a coordinating node and two nodes routers, totally independent, they are based on the free Arduino *hardware* platform, and they are responsible for data collection and transmission of information to the coordinating node, this one in turn consists of a secure digital micro card (SD) which stores in a file the compiled information. The communication between nodes is conducted with wireless communication devices (Xbee S2) with a range of 37 meters of radio when fed with 3.3 volts. From the test carried out in the investigation it was confirmed that the system when acquiring the date of the ambient temperature present an error of ± 1 ° C, it also presented a stability of 98.35% within the information transmission in the nodes routers and the efficiency ratio presented by the system is 180%. It was concluded that the wireless sensor network provides information that helps to generate historical databases, allow to supervise areas of difficult access without endangering people at the time of this work. The installation of a renewable energy system for the indefinite autonomy of the system.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <AUTOMATIC CONTROL>, <WIRELESS SENSORS NETWORK (WSN)>, <XBEE>, <DRONE>, <RENEWABLE ENERGY>, <TEMPERATURE>.

INDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
AC	Corriente alterna
AM	Amplitud modulada
CO ₂	Dióxido de carbono
CPU	Central processing unit (Unidad de control de procesos)
DC	Corriente continúa
EEUU	Estados Unidos
GHz	Giga Hertz
GIS	Geographic information system (Sistema de información geográfica)
GPS	<i>Global positioning system</i> (Sistema de posicionamiento global)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
Km	Kilometro
Km/h	Kilómetros por hora
mA	Miliamperios
mAh	Miliamperios / hora
SD	Tarjeta de almacenamiento Secure Digital (Seguridad Digital)
UAV	Unmanned aerial vehicle (Vehículo aéreo no tripulado)
V	Voltios
VAC	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente directa
WSN	Wireless sensor networks (Redes de sensores inalámbricas)

INTRODUCCIÓN

Una red de sensores inalámbricos o WSN (Wireless Sensor Network por sus siglas en inglés) se puede definir como un sistema con numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos (Aakvaag y Frey, 2006).

A diferencia de otros tipos de sistemas, las WSN son precisas en el monitoreo de datos, además conformadas por varios dispositivos y pueden ser de diferentes tipos, acoplándose a las necesidades de su diseñador, por tal razón en la actualidad son muy populares. Para la conformación de una WSN se debe considerar el área geográfica, los dispositivos a usar y el alcance que va a tener.

Están formadas por elementos electrónicos con ciertas capacidades sensitivas y de comunicación inalámbrica, además las WSN son un concepto relativamente nuevo en adquisición y transmisión de datos con múltiples aplicaciones en distintos campos tales como entornos industriales, domótica, militares y detección ambiental. Se caracterizan por su facilidad al momento de usarse, por ser autoconfigurables y por su bajo consumo energético, los dispositivos usados en estas redes pueden actuar como emisor, receptor, emisor-receptor o receptor-emisor.

Los dispositivos de comunicación que usan las WSN se denominan Xbee, estos dispositivos de transmisión son diseñados para trabajar a la intemperie, son de bajo costo y bajo consumo energético, pueden alcanzar radios de transmisión de entre 10 metros y 1 kilómetros de acuerdo con el modelo seleccionado. Los Xbee incorporan una dirección de 64 bits la cual es única y permite realizar comunicaciones punto a punto o punto multipunto, según la serie del dispositivo Xbee igualmente se puede realizar conexiones de red mesh (Hausdorf Delgado, 2013).

Los vehículos aéreos no tripulados, drones o UAV (Unmanned Aerial Vehicles por sus siglas en inglés) son robots aéreos capaces de desplazarse de manera autónoma o semiautónoma por el aire, para realizar diferentes misiones. Los drones ayudan a realizar diversas actividades en diferentes campos militares, agrícolas, topográficos, entre otros (**Grupo de Robótica y Cibernética** Universidad Politécnica de Madrid).

En Ecuador actualmente se observa en la mayoría de casos la carencia del uso de instrumentos o equipos inalámbricos para el monitoreo de temperatura, debido a que esto se da con termómetros ya sean analógicos o digitales para registrar la temperatura máxima y mínima alcanzada durante el día. Esta nueva aplicación para los sistemas aéreos no tripulados ofrece beneficios significativos con la técnica de transmisión de datos inalámbricos tomados en tiempo real al momento de monitorear zonas de alto riesgo, debido a su autoría el drone no necesitara de alguna persona que esté cerca de el para darle una ruta o trazar su trayectoria mientras va tomando nueva información para almacenarlos.

Debido a lo expuesto anteriormente se diseñó e implemento un drone autónomo para el monitoreo de una red WSN de sensores meteorológicos utilizando dispositivos xbee para la ESPOCH. El prototipo implementado puede supervisar una WSN en zonas geográficas de gran extensión o de difícil acceso. Incorpora un sistema de posicionamiento global GPS (Global Positional System por sus siglas en inglés) que ayuda a trazar rutas para recopilar la información de los diferentes nodos que integren la red WSN y con el uso de Xbee.

De esta manera y por lo mencionado se plantea, **el problema y los objetivos para esta investigación:**

Diseñar e implementar una red de sensores meteorológicos inalámbricos utilizando dispositivos XBEE para la transmisión de datos y un drone autónomo para la recolección de datos en la ESPOCH.

Objetivos secundarios:

Investigar redes WSN de sensores y parámetros importantes para el vuelo de drones.

Diseñar e implementar la red WSN en la ESPOCH.

Implementar el sistema de comunicación para establecer conexión entre el drone y los nodos de la WSN.

Desarrollar la ruta más óptima que seguirá el drone para monitorear todos los nodos de la red WSN.

Ejecutar las pruebas y analizar los resultados obtenidos.

La investigación está desarrollada en tres capítulos: en el primer capítulo denominado marco teórico se encuentra la teoría en la que está fundamentada la investigación, el capítulo dos, marco metodológico, se detalla los dispositivos a ser utilizados y el funcionamiento que va a tener cada uno dentro de la investigación. El tercer capítulo trata sobre los resultados y análisis de pruebas, se presentan las pruebas realizadas con los respectivos análisis y los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, al final de la investigación se encuentran las respectivas conclusiones, recomendación, referencias y bibliografía al igual que los anexos que forman parte de la investigación.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción

Es necesario conocer, definir e identificar los aspectos que implican las redes WSN, así como también métodos y formas de vuelo en los drones, para que de esta manera el sistema no sea afectado o se produzcan atenuaciones en el mismo. Los conocimientos adquiridos del tema permitirán fortalecer el desarrollo del sistema autónomo de acuerdo con los objetivos planteados.

1.2. Vehículos aéreos no tripulados

Al principio los drones fueron fabricados para usos militares y no se los podía adquirir debido a su alto costo. Pero con el paso del tiempo y los avances tecnológicos, hoy existe una gran cantidad de drones a precios accesibles.

Se dice que Jhon Stuart Foster fue el inventor de los aviones no tripulados, debido a su gran afición por el aeromodelismo, pensó que esta afición se podría aplicar al diseño de armas. La primera aeronave fue desarrollada por el ejército Austriaco en una guerra contra Venecia en la cual se implementaron globos con explosivos así como se presenta en la Figura 1-1, estos equipos fueron lanzados desde barcos Austriacos, uno de estos globos logro su cometido aunque esto dependía de muchos factores importantes como la situación climática y el viento (Cuando se inventaron los Drones, 2014).

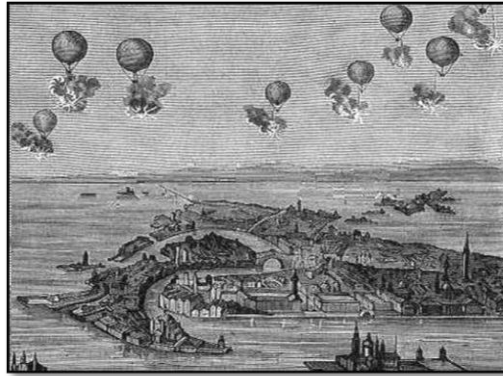


Figura 1-1: Globos auto dirigidos con explosivos

Fuente: <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

En cuanto al desarrollo de los drones se dice que en épocas remotas fueron fabricados de la mano con los misiles, o como una forma de guiar explosivos para ataques militares, poco a poco con el avance del tiempo los drones se han posesionado firmemente ya que con estos equipos se está realizando varias aplicaciones, alcanzando excelentes resultados.

1.2.1. Drone Autónomo

Un drone autónomo es un dispositivo que no necesariamente requiere de un control remoto para su movimiento, sino que se puede trazar una ruta mediante coordenadas para que el drone pueda seguirla mediante el GPS incorporado. Un drone con estas características tiene la capacidad para salir de un punto preestablecido, recorrer una trayectoria previamente programada y llegar a un punto determinado en la programación como se presenta en la Figura 2-1.

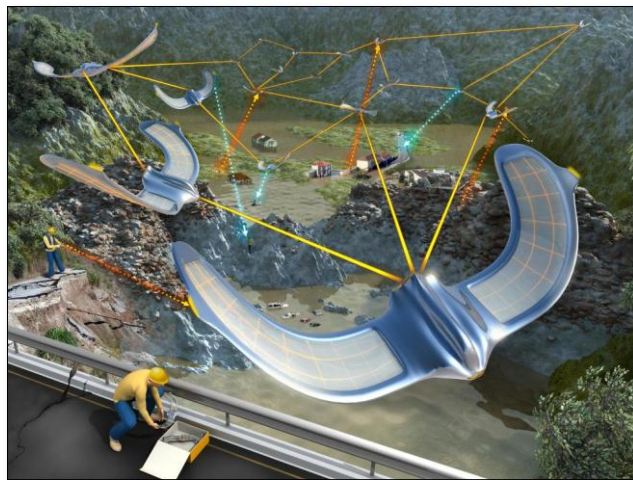


Figura 2-1: Trayectoria trazada para vuelo autónomo de un UAV

Fuente: <https://www.bbvaopenmind.com/ocho-drones-mas-alla-de-la-guerra/>

Los dispositivos autónomos permiten realizar actividades como: inspección de áreas de difícil acceso o sin vías de ingreso, recopilación de datos para la elaboración de proyectos, tener un fácil acceso a lugares para realizar fotografías o videos panorámicos. Los drones autónomos suelen estar equipados con sensores, cámaras y micrófonos, puede ser del tamaño de una mosca (como se observa en la Figura 3-1) hasta un avión grande.



Figura 3-1: Uno de los Nanodrone más diminutos del mercado

Fuente: <http://timboviejotucuman.blogspot.com/2013/12/insectos-drones-flying-machines-sigilo.html>

1.2.2. Aplicaciones de los drones

Mediante los alcances de la ciencia y tecnología se permite tener drones de usos militares y comerciales. Las bondades que estos artefactos electrónicos brindan son: velocidad, desplazamiento aéreo, tamaño, ahorro de tiempo y acceso para áreas restringidas. Los drones pueden atravesar terrenos irregulares o accidentados superando cualquier tipo de obstáculos, pueden volar a gran altitud usando fuentes de energía renovable, comunicarse con una base vía satélite, llevar a cabo misiones que requieren de una gran precisión, pasar desapercibido ante los ojos de radares por su diminuto tamaño, o volar con otros drones creando un enjambre para una tarea en común como se presenta en la Figura 4-1.



Figura 4-1: Enjambre de Drones para transportar Humanos

Fuente: https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT74iXGqxA m0KHXX_zrr544ZnsKb0noOr5Shb0i0i7dgByHzMbj9w

A continuación se exponen algunas de las aplicaciones donde los drones pueden ser utilizados debido a las características que poseen cada una de estos:

1.2.2.1. Búsqueda de personas desaparecidas

Los drones son excelentes en buscar personas desaparecidas en lugares abiertos así como se presenta en la Figura 5-1, además son usados en áreas de difícil acceso como zonas montañosas, nevados, bosques o selvas. Debido a su reducido tamaño existe la ventaja de tenerlos siempre disponibles en estaciones de rescate reduciendo considerablemente el tiempo de inicio en la búsqueda.



Figura 5-1: Rescate y búsqueda de personas con UAV

Fuente: <http://ounae.com/aplicaciones-usos-drones/>

1.2.2.2. Primeros auxilios

Son usados para transportar medicamentos y elementos de primeros auxilios hacia áreas que permanecen aisladas debido a que pueden llegar antes que las ambulancias en casos de emergencia. El programa Life Support utiliza drones para luchar contra la mortalidad infantil; poseen drones con sensores para medir los latidos del corazón o pulso cardiaco, la temperatura del cuerpo y la respiración. En la Figura 6-1 se observa uno de los drones de asistencia rápida, en algunos casos pueden recoger muestras de sangre y demás pruebas para enviarlas o llevarlas a los laboratorios y entregar medicamentos. Utilizan paneles solares para cargar sus baterías (Tempest-Uasusa-Drone, 2015).



Figura 6-1: Dron con funciones de primeros auxilios

Fuente: <http://parabuenosaires.com/adaptan-drones-capaces-de-asistir-en-emergencias-medicas/>

1.2.2.3. Vigilancia policial de traficantes y actividades ilegales

Un drone puede ser útil en misiones de reconocimiento, para planificar tácticas, observar instalaciones desde el aire como vigilancia urbana de calles y barrios conflictivos o realizar tareas de escolta a un convoy militar. La idea es que ayuden en las labores policiales que van desde la persecución de sospechosos hasta la identificación de criminales, en Europa como en Estados Unidos los drones forman parte de los servicios de policía, tanto así que en EEUU se usan para detectar la inmigración ilegal cerca de la frontera con México como se muestra en la Figura 7-1.



Figura 7-1: Vigilante de tránsito para evitar actividades ilegales

Fuente: <http://ounae.com/aplicaciones-usos-drones/>

1.2.2.4. Investigaciones arqueológicas

Debido a su capacidad para sobrevolar extensas áreas de difícil acceso, los drones se usan para buscar y estudiar restos arqueológicos ya que permiten tomar excelentes fotografías aéreas obteniendo datos que serían imposibles de obtener de otra forma. En Perú se utilizaron los drones para estudiar las ruinas de Cerro Chepén como se presenta en la Figura 8-1, obteniendo más de 700.000 fotografías en sólo diez minutos, casi 50 veces más fotos que las que se pueden obtener por otros medios (Blog LCRCOM, 2015).



Figura 8-1: Monitoreo y búsquedas arqueológicas

Fuente: <http://ounae.com/aplicaciones-usos-drones/>

1.2.2.5. Medio ambiente

Permiten la manipulación, limpieza y estudio de materiales nocivos para la salud de las personas. Por ejemplo, en la central de Fukushima en Japón fueron utilizados los drones para obtener una vista precisa del interior del reactor nuclear con el objetivo de elaborar un plan de limpieza y prevención de futuras fugas. Por lo que también pueden usarse para acceder a zonas en las que ningún ser humano podría tolerar dado el alto índice de radiación en el área (Blog LCRCOM, 2015).

Se usan para monitorear la actividad de los volcanes reuniendo datos de la ceniza y los gases expulsados, como se presenta en la Figura 9-1. La NASA envió drones sobre la nube de dióxido de azufre nocivo del volcán activo Turrialba en Costa Rica, con esto se crearon mapas de concentración de gases volcánicos y mejorar los modelos informáticos que contribuyen a nuevas predicciones del clima y riesgos ambientales para quienes viven cerca de los volcanes (Amelia Rueda, 2014).



Figura 9-1: Seguimiento de lava en una explosión volcánica

Fuente: <http://www.escalofrio.com/videos/dron-sobrevolando-rio-de-lava/>

1.2.2.6. Agricultura y ganadería

En el campo de la ganadería los drones ayudan en el pastoreo de ovejas o vigilancia del ganado, mientras que en la agricultura ayudan a la recolección de datos para determinar si los cultivos requieren de agua o fumigación, como se observa en la Figura 10-1. Otro uso es que por medio de cámaras infrarrojas o multiespectrales se pueda notar la presencia de plagas o resequedad en los cultivos.



Figura 10-1: Monitoreo de humedad en cultivos con un drone

Fuente: http://www.teinteresa.es/espana/Agricultura-precisio|n-tecnologia-aplicada- cosecha_0_1021698253.html

1.2.2.7. Geología

Con los drones dentro de este campo se trabaja en GIS (Geographic Information System por sus siglas en inglés) y Cartografía Geológica como se muestra en la Figura 11-1, mediante estos es posible adquirir imágenes actuales y en un tiempo mucho más corto para poder de esta manera actualizar y elaborar modelos tridimensionales en terrenos (GHM Consultores, 2014)

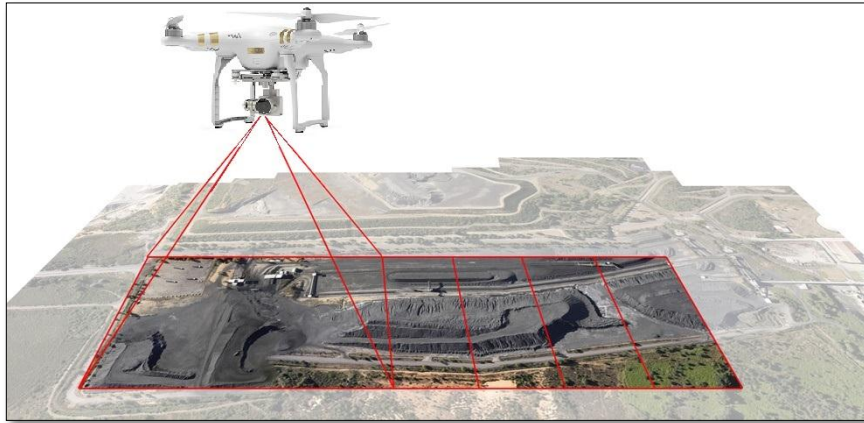


Figura 11-1: Fiscalización de instalaciones mineras

Fuente: <http://www.terranalisis.cl/es/topografia-aerea/rpas.htm>

1.2.3. Modos de vuelo y componentes de los drones

Los drones tienen varios modos de vuelo, para lo cual se analizará los métodos de control.

Drone **autónomo** es aquel que se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.

Drone **monitorizado** es aquel que un humano decide qué acción llevará a cabo, pese a no controlar los mandos directamente.

Drone **supervisado** es cuando tiene un operador que se encarga de pilotarlo.

Drone **preprogramado** es aquel que sigue un plan de vuelo diseñado y no se adapta a posibles cambios.

Drone **controlado remotamente** cuando es controlado directamente por medio de una consola o control de alta frecuencia.

Los drones pueden encontrarse de diferentes formas como son: tipo avión, tipo helicóptero o incluso de estilos diferentes (formas de animales). Los precios son muy variantes dependiendo de las características y funciones que pueden venir incorporadas o que pueden ser adaptadas.

Arturo Cadena, estudiante de Electrónica y Telecomunicaciones de la ESPOL, explica que los componentes principales de un drone son los propulsores que están conformados por un motor eléctrico y por una hélice. “La función del motor eléctrico es transformar la energía eléctrica en energía mecánica y al momento que la hélice gira genera un flujo de aire”, dice Arturo. De este flujo parte una fuerza de empuje que logra elevar el drone. Es importante que esta sea exacta para que el drone mantenga estabilidad, para esto se requiere un sistema de control de vuelo (cerebro del drone), que a través de una programación en un computador, mediante un *software*, se encarga de sistematizar la velocidad exacta de giro del motor en cada instante de tiempo. El cerebro tiene sensores, como acelerómetros y giroscopios que permiten estimar la inclinación del drone para nivelarlo”, indica Arturo. A través del desarrollo de un *software* y descarga en el cerebro se controla todas las funciones del drone, como navegación, comunicación, comandos de control, entre otras. La batería, en cambio, es la encargada de suministrar energía, lo que define qué tan lejos y alto puede volar. El GPS es importante para el regreso a casa, según refiere el Ing. Ángel Plaza, profesor investigador de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. “Es un punto que muchos de los drones que se pierden no tienen habilitado”, dice (El Universo, 2015).

1.3. Redes inalámbricas de sensores (WSN)

Se puede tener varios dispositivos distribuidos, espaciados y autónomos, que utilizan sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales, son capaces de crear una conexión para transmitir información a un coordinador de datos (Aakvaag y Frey, 2006).

La red tiene la capacidad de acoplar decenas y cientos de dispositivos o nodos e integrarlos de manera fácil, realizar transmisiones y recepciones de datos entre varios nodos o simplemente almacenarlos en una base de datos. Su consumo de energía es mínimo, lo que prolonga la duración de las baterías e incluso pueden usar energías renovables, como paneles solares.

1.3.1. Topologías de las redes WSN

Para poder apreciar las diferentes topologías es necesario identificar algunos componentes de las redes WSN como son:

Nodos Finales.- Están compuestos por sensores o actuadores son los encargados de proveer la información de la red, no se puede establecer comunicación entre ellos.

Routers.- Dan una mayor cobertura para obtener de esta manera redes muy extensas, son capaces de evitar problemas con la congestión de información debido a que se pueden comunicar entre ellos.

Puerta de Enlace.- Recopila la información de la red WSN y es el punto de interacción con el usuario.

Topología dentro de las redes WSN hace referencia al *hardware* y a la manera que estos están configurados, las diferentes topologías se pueden usar en diferentes campos según los requerimientos. Mencionado de esta manera las topologías son:

Topología de estrella.- esta topología es la más básico dentro de redes WSN por esta razón el consumo energético es mínimo, este sistema realiza únicamente un salto para la transición de información, es decir los nodos finales se comunican directamente con la puerta de enlace como se presenta en el Grafico 1-1 (Grupo de Investigación EDMANS, 2009).

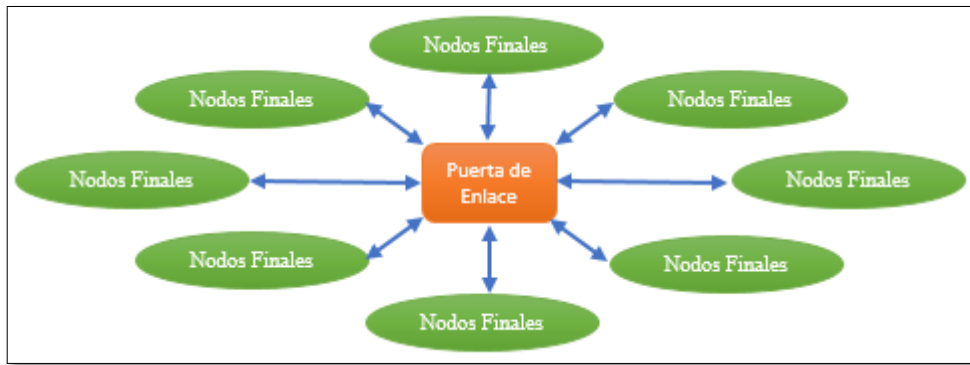


Grafico 1-1: Topología de red WSN en estrella

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo. 2016

Topología en malla.- esta topología posee una característica especial: los nodos se pueden conectar a múltiples nodos en el sistema es decir se pueden comunicar entre ellos, por tal motivo la información puede tomar diferentes caminos disponibles y por esta razón además se constituyen en las redes inalámbricas de mayor confiabilidad. Un punto en contra es que dependiendo del número de nodos y de la distancia entre ellos para que la red puede experimentar periodos de espera elevados, la conexión de esta topología se puede observar en el Grafico 2-1 (Grupo de Investigación EDMANS, 2009).

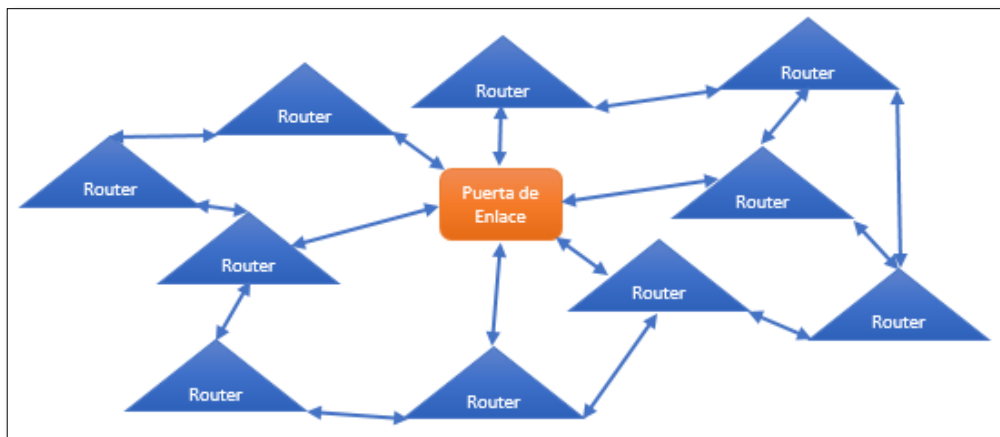


Grafico 2-1: Topología de red WSN en malla

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Topología híbrida estrella-malla.- con esta topología se busca combinar las ventajas de las otras dos topologías como son: la simplicidad y bajo consumo energético de estrella y cubrir una mayor área y evitar fallos como en la topología en malla. La topología híbrida está conformada por redes estrellas alrededor de routers pertenecientes a mallas como se ve en el Grafico 3-1 [11] (Grupo de Investigación EDMANS, 2009).

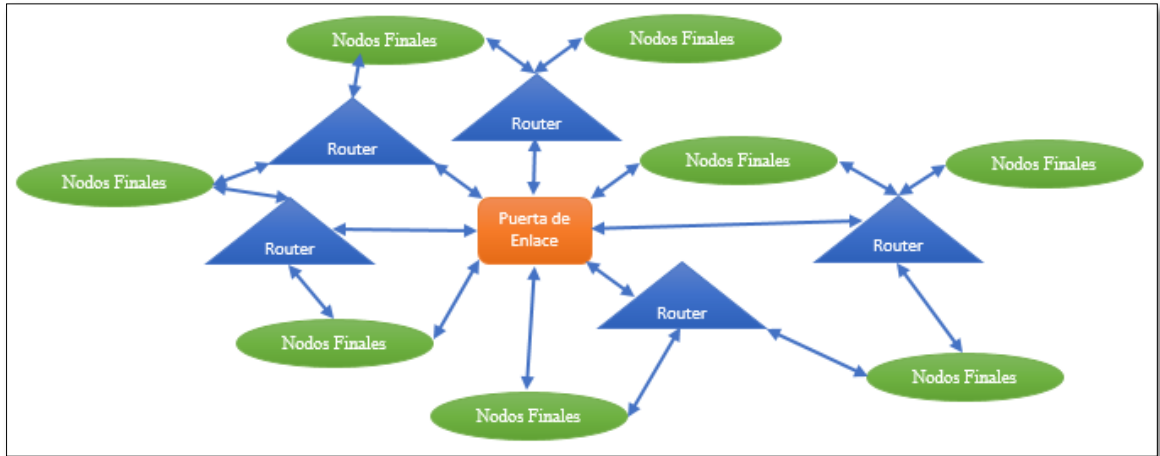


Grafico 3-1: Topología de red WSN en malla

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

1.3.2. Aplicaciones de las redes WSN

Las aplicaciones que se le puede dar a una RIS como hemos visto son altamente variadas, aunque generalmente implican conceptos de monitorización, seguimiento o control remoto. En una aplicación típica los nodos sensores se esparcen en una zona en la que recogerán información de sus sensores hasta que se les agote la fuente de energía (Escamilla y García, 2010).

1.3.2.1. Salud

Las redes de sensores pueden monitorear pacientes, diagnosticar enfermedades, administrar la medicina, monitorear el movimiento de pacientes dentro del hospital entre otras. Existen propuestas para un mecanismo basado en redes de sensores inteligentes para facilitar la monitorización de parámetros en humanos que evite su hospitalización facilitando su actividad

cotidiana. Cuando la prueba a realizar no se reduce a unos minutos de monitorización, sino que se deben recopilar información en mayor tiempo suele requerir la hospitalización del paciente, lo que implica un perjuicio para el mismo y para los servicios médicos encargados de realizar la prueba, ya que se produce una saturación de los centros hospitalarios y eleva los costos (Maroto, 2010).

1.3.2.2. Monitorización del entorno

Es la aplicación en donde se desea recoger diferentes lecturas de información de un entorno hostil en un periodo de tiempo, para detectar los diferentes cambios que dicho ambiente puede tener.

Puede tener un gran número de nodos sincronizados midiendo y transmitiendo periódicamente, el tiempo de vida en la WSN es alto y tiene una sincronización de datos muy precisa y estable y no es necesario la reconfiguración de la red frecuentemente, como ejemplos de este tipo de red podríamos mencionar el control de agricultura o control de microclimas en entornos muy extensos, incendios forestales, detección de inundaciones y exploración de animales en su hábitat natural.

Como ejemplo más visible se mencionara a un equipo de ingenieros de la Universidad de California (Berkeley), que monitorean el comportamiento de las aves en sus nidos durante ciertas temporadas. Esto mediante nodos inalámbricos que reportan la información obtenida de estas aves denominadas petrels. Con esto, es posible que biólogos del Colegio Atlántico, observen la actividad de los petrels desde el confort de sus oficinas mediante el enlace satelital (Maroto, 2010).

1.3.2.3. Monitorización de seguridad

Mediante este tipo de red se puede obtener datos de detección de anomalías u ataques en entornos monitorizados continuamente por sensores, los nodos de esta red no están continuamente enviando datos por lo cual el consumo de energía es menor. Los ejemplos más claros serian el control de edificios inteligentes, la detección y prevención de incendios forestales y las aplicaciones domóticas de hogares futuristas.

1.3.2.4. Automoción y Tracking o Rastreo

Dentro del ámbito automotriz existen aplicaciones que dan la oportunidad de controlar objetos al interior de los vehículos (ventanas, seguros de puertas). Los sensores además pueden aplicarse en las ruedas para de esta forma dar asistencia al conductor y generar mensajes de alerta en caso de pinchazos o que la presión del neumático disminuya. Otra aplicación es la recolección de información del tráfico en tiempo real. Existen proyectos implementados en este ámbito como: CAPSTONE DE FORD (Maroto, 2010).

1.4. Dispositivos XBEE

De acuerdo a Digi, los módulos XBEE son soluciones integradas que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER – TO - PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja consumo energético y una sincronización de comunicación predecible, los cuales ofrecen una gran variedad de combinaciones de hardware, protocolos, antenas y potencias de transmisión. Existen algunos tipos básicos de *hardware*:

Xbee serie 1.- No necesitan ser configurados, por lo tanto son fáciles para trabajar e ideales para empezar con comunicación punto a punto, o punto-multipunto.

Xbee serie 2 (2.5, ZB, 2B).- posee comunicación punto a punto, punto-multipunto además estos dispositivos permiten formar redes mesh (malla). Para que estos módulos se puedan interconectar es necesaria una configuración rápida.

Como aspecto de suma importancia se dirá que la comunicación entre los módulos Xbee de serie 1 y de serie 2 no es posible. Además otra característica de estos dispositivos es que pueden usar varios tipos de antenas tales como:

Antena de cable: Como su nombre lo indica es un cable que sobresale del Xbee. En él la distancia máxima de transmisión es de 100 metros según el datasheet, la transmisión será misma en todas las direcciones.

Antena de chip: La antena es un chip de cerámica plana que está al ras del cuerpo de la Xbee. Eso hace que sea más pequeño y robusto, sin embargo la señal se atenúa en muchas direcciones. Se utilizan cuando existe el riesgo que la antena de cable se rompa o se tiene poco espacio para colocarlo.

Antena PCB: La antena se imprime directamente en la placa de circuito del Xbee. La antena PCB ofrece la mayoría de las ventajas de la antena de chip con un costo menor.

U.FL y conector RPSMA: Necesitan una antena externa. Se utilizan cuando se desea orientar una antena en diversas posiciones o se requiere utilizar un tipo especial de antena, este tipo de antena es de mayor alcance cubre áreas de hasta 500 metros a la redonda según su datasheet (Hinojosa, 2012).

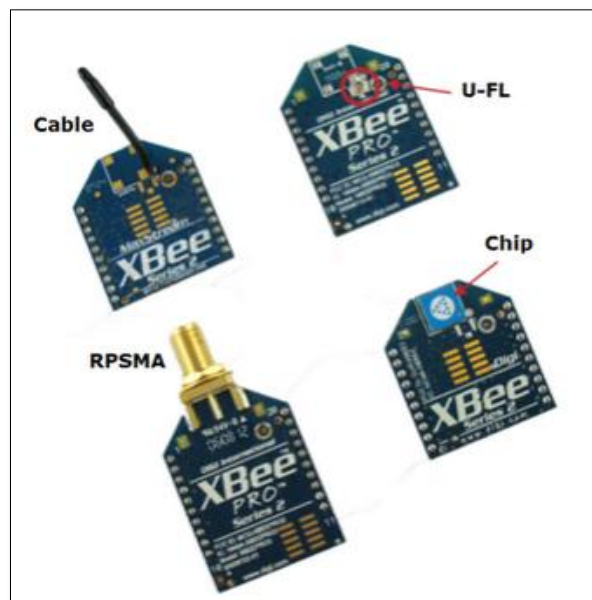


Figura 12-1: Módulos XBEE con diferentes tipos de antenas

Fuente: <http://4imedio.blogspot.com/2012/05/antenas-xbee.html>

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Introducción

En este capítulo se presenta el diseño del *hardware* del prototipo de sistema para formar una red WSN con el monitoreo por medio de un dron. Se especifica los requerimientos técnicos que debe cumplir el proyecto, se justifica la selección del sensor y componentes que integran el sistema. Al final se presenta el esquema de los módulos del sistema diseñado.

2.2. Requerimientos en el diseño del sistema

Basado en el estudio realizado para la formación de la red WSN se pueden definir los requerimientos de diseño que debe satisfacer el prototipo del sistema. Estos son:

- Ser de bajo costo, de fácil instalación y operación.
- Mantener autonomía e independencia en cada nodo.
- Que el sistema diseñado sea capaz de monitorear datos la temperatura del ambiente dentro de la ESPOCH.
- Cada nodo deberá medir entre tres y treinta grados centígrados por ser la temperatura ambiente de fluctuación de la ESPOCH con sus respectivos sobredimensionamientos.
- Que el sistema tenga factibilidad para el monitoreo de varias zonas, empleando módulos transportables e independientes, con comunicación inalámbrica.
- Realizar comunicaciones de tiempo real entre dos nodos router y el nodo coordinador.
- Permitir el almacenamiento de información de temperatura ambiente adquiridos por el nodo coordinador.
- Que el dron soporte un vuelo autónomo y a su vez mantenga estabilidad al momento de sobrevolar las rutas diseñadas por el usuario.

2.3. Diseño de la Red WSN

Una vez planteados los requerimientos del proyecto para la implementación del sistema de vuelo autónomo que se realizará con el drone dentro de la toma de información en una red de sensores inalámbrica (WSN), se elaboró en el Grafico 1-2, un prototipo de la arquitectura para la toma y transmisión de la información dentro del sistema.

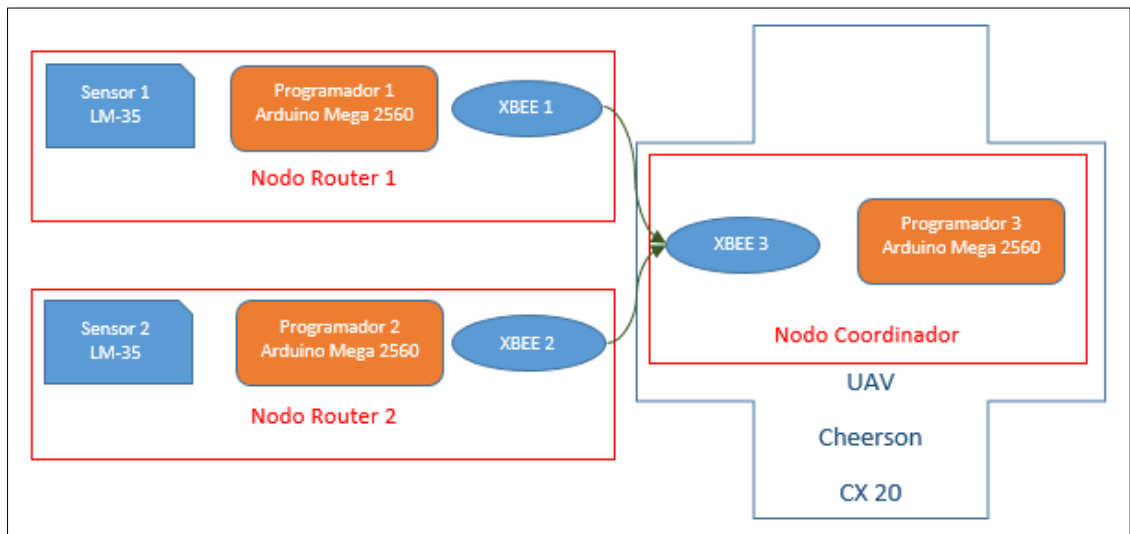


Gráfico 1-2: Diagrama de la Arquitectura del sistema

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo. 2016

Como se puede observar en el Grafico 1-2 se implementó dos tipos de nodos, el primero es fundamental en la red de sensores inalámbricos y tomara el nombre de Coordinador, mientras que los dos nodos restantes tomaran el nombre de Router 1 y 2 respectivamente, considerando que la arquitectura y funciones que cumplen dentro de la red WSN son iguales.

A continuación se detalla la constitución y el funcionamiento de los nodos que vamos a tener dentro de la investigación:

2.3.1. Nodo coordinador

Es el nodo que se encarga de regular la toma de información y a su vez gestiona el almacenamiento de la información adquiridas por los nodos routers, este nodo va a ser encajado en el drone y sobrevolara la red WSN. Este nodo está compuesto de:

- Un Arduino
- Una Shield Arduino-Xbee
- Un módulo Xbee
- Un módulo para tarjeta de memoria SD de arduino
- Una tarjeta de memoria SD.

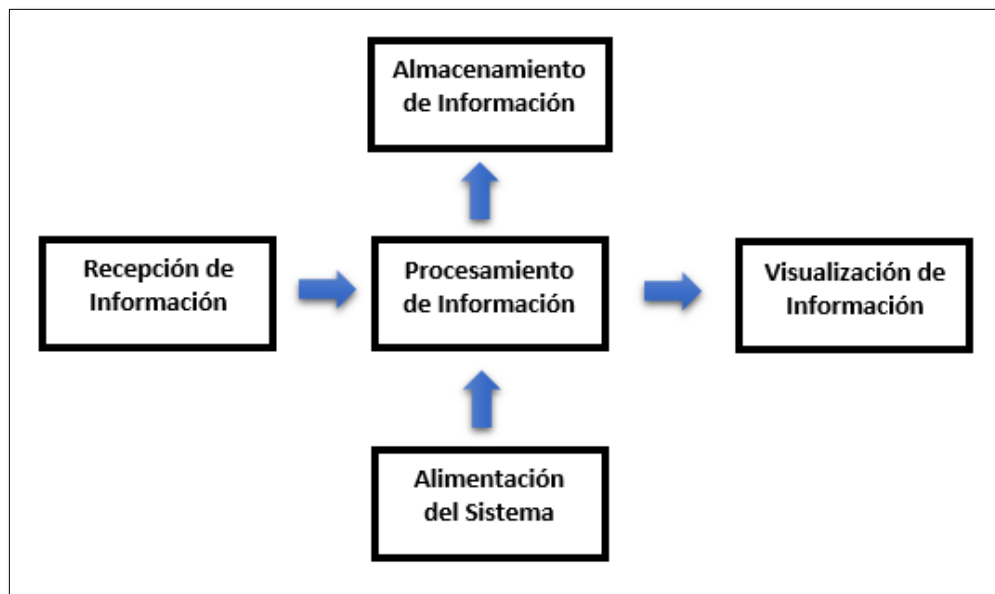


Gráfico 2-2: Diagrama de bloques del nodo coordinador de la Red WSN

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.3.2. Nodos Router

Estos nodos son los encargados de tomar la información de temperatura ambiente y a su vez autorizan la transmisión de tramas de datos al nodo coordinador para su posterior almacenamiento. Cada uno de estos nodos están implementados con:

- Un Arduino
- Una Shield Arduino-Xbee
- Un módulo Xbee
- Un módulo RTC de arduino
- Un sensor de temperatura.

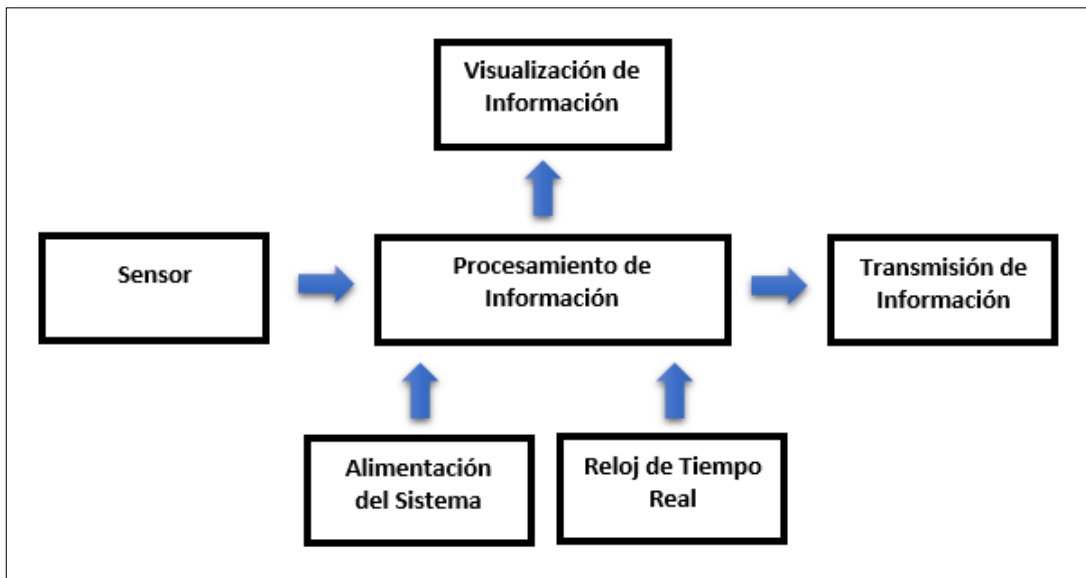


Gráfico 3-2: Diagrama de bloques de los nodos routers de la Red WSN

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.3.3. Selección de elementos para la WSN

Los elementos y dispositivos que fueron utilizados se seleccionaron en base a los requerimientos planteados al inicio de la investigación, se realizó comparaciones entre dispositivos de similares características para realizar una mejor selección, considerando su costo y evitando sobredimensionar sus características.

Para la selección de los módulos transmisores de información se consideró que son el recurso más importante dentro de la red de sensores inalámbricos, los módulos seleccionados son los Xbee Serie 2, que se muestran en la Figura 1-2. Debido a su gran estabilidad de transmisión y velocidad, por el radio de conexión que posee y como punto más importante la capacidad de

conexiones entre n módulos lo que permite incrementar el área de monitoreo en función de los requerimientos del sistema. Las características más importantes de este dispositivo son:

- Rango de transmisión en interiores (40m)
- Rango de transmisión al aire libre (120m)
- Potencia de salida de transmisión (2mW - 3dBm)
- Frecuencia de transmisión de datos (250000 bps)
- Velocidad de intercambio de datos (1200 - 230400 bps)
- Tensión de alimentación (2.8 - 3.4 V)
- Corriente de funcionamiento (40mA a 3.3 V)
- Posee 20 terminales incluyendo vcc y gnd (MaxStream, 2007).



Figura 1-2: Módulo Xbee Serie 2

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Como controlador se consideró la placa de desarrollo Arduino Mega 2560, que se muestra en la Figura 2-2. Se los seleccionó básicamente por el número de entradas / salidas analógicas y digitales que poseen respectivamente, a más de esto nos permite mediante las conexiones internas del dispositivo acceder a los puertos Mosi, Miso, Clk y CS de una manera directa mediante los terminales 50, 51, 52 y 53 permitiendo el acceso directo de otros dispositivos que también van a ser usados.

Entre sus principales características podemos encontrar:

- Cuenta con 54 terminales digitales de entrada / salida
- Posee 15 terminales que se pueden utilizar como salidas PWM
- Tiene 16 entradas analógicas y 4 puertos serie de hardware
- Está conformado por un cristal oscilador de 16 MHz
- Voltaje de funcionamiento (5V)
- Tensión de entrada (7 – 20 V)
- Corriente de funcionamiento (40 - 50 mA)
- 256 KB de almacenamiento
- Memoria EEPROM 4KB (Robot Shop, 2017).



Figura 2-2: Programador Arduino MEGA 2560

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Ahora al igual que fueron seleccionados los módulos de transmisión de datos (Xbee S2) y el controlador (Arduino Mega 2560) se debía ver la manera de conectarlos entre sí, esto se lo realiza mediante una shield de acople para nuestros dispositivos seleccionados, como se muestra en la Figura 3-2. Las funciones que posee esta shield son:

- Facilitar la conexión entre dispositivos
- Regulador de voltaje incorporado (de 5V a 3.3V)
- Botón de reseteo para el dispositivo Xbee

- Posee terminales de conexión
- Voltaje de funcionamiento (5V)
- Tensión de entrada (3.3 – 7 V)
- Corriente de funcionamiento (40 - 50 mA) (ITead Studio, 2011).

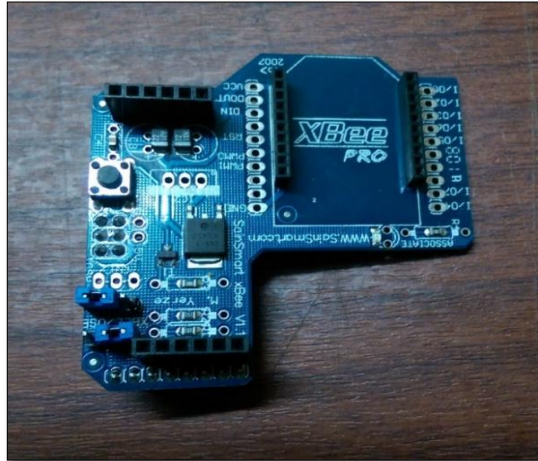


Figura 3-2: Shield de conexión entre Arduino y Xbee

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Acorde se avanzó en la selección de dispositivos fue necesario un elemento que nos brinde ayuda para programar y tener conexión con los módulos de transmisión de datos (Xbee S2), se lo conoce con el nombre de Xbee Explorer el cual se presenta en la Figura 4-2. Sus características son:

- Actúa como intermediario al momento de programar los módulos Xbee
- Acceso directo al *Software X-CTU*,
- Tiene regulador de voltaje incorporado (de 5V a 3.3V)
- Conexión mediante un puerto USB a mini micro USB hembra
- Voltaje de funcionamiento (5V)
- Tensión de entrada (3.3 – 12 V)
- Corriente de funcionamiento (40 - 50 mA) (XBee – Serial – Explorer – v12, 2009).

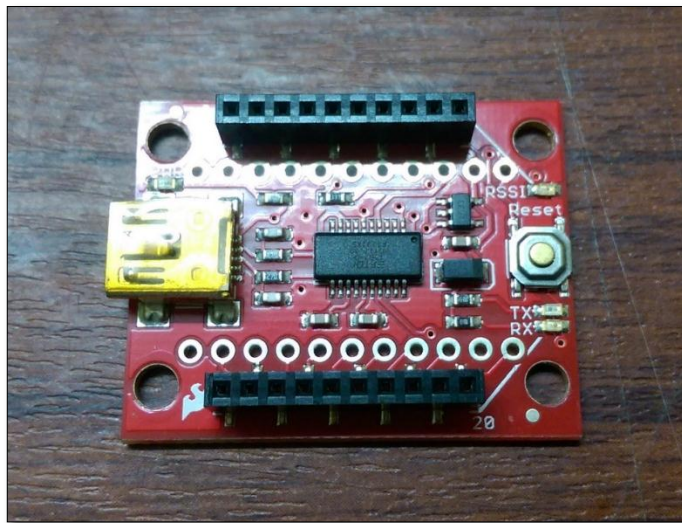


Figura 4-2: Módulo Xbee Explorer

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Para la medición de la temperatura se consideró que se debe usar los Sensores LM – 35, que se muestra en la Figura 5-2, debido a que cumple los rangos de medición de temperatura establecidos en los requerimientos del proyecto, la facilidad al momento de su conexión y además la precisión que brinda al momento de tomar las muestras de datos requeridos. El acoplamiento que este brinda es relativamente eficiente al momento de la visualización de los datos tanto en el monitor serial de Arduino como al momento de abrir el archivo creado en la memoria SD para guardar los mismos. Las características de este son:

- Esta calibrado directamente para grados centígrados
- Factor de escala lineal de 10 mV por cada ° C
- Error máximo de 0.5 ° C
- Calibrado para temperaturas de -55 ° C a 150 ° C
- Bajo costo
- Tensión de entrada (4 - 30 V)
- Corriente de funcionamiento inferior a 60 μ A
- Salida de baja impedancia, 0,1 Ω para carga de 1 mA (Texas Instrumen, 2016).

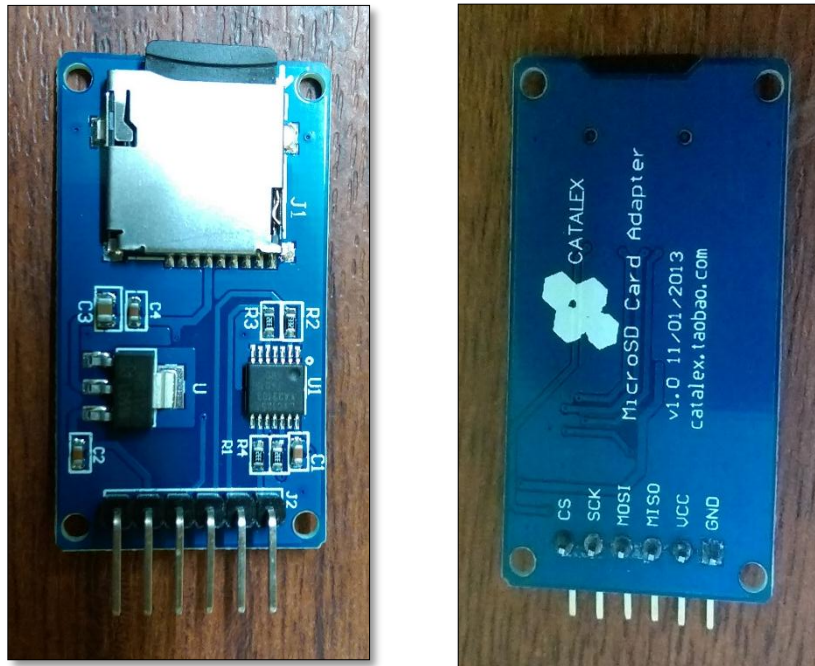


Figura 6-2: Módulo SD Car para Arduino

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Para poder implementar la fecha y hora actualizada en el sistema se utilizó un módulo de reloj para Arduino denominado RTC como se presenta en la Figura 7-2, de esta manera se puede visualizar junto con las tramas de datos tomadas y transmitidas. Este dispositivo se encuentra integrado con una pila debido a que siempre se encuentra activo para no perder datos o desigualar su fecha y hora. Las características que este posee son:

- Tiene incorporado una pila
- Es de fácil conexión ya que tiene seis terminales
- Se comunica mediante los terminales SCL y SDA
- Tensión de entrada (3.3 – 7 V)
- Voltaje de funcionamiento (5V)
- Corriente de funcionamiento (40 - 50 mA) (Adafruit Industries, 2016).

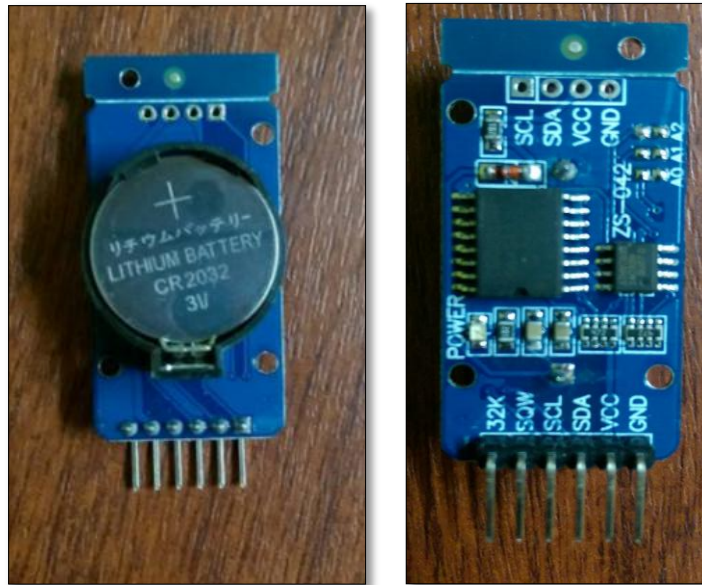


Figura 7-2: Módulo RTC para Arduino

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

La selección del drone se la realizó considerando las características más apropiadas para el proyecto y son:

- Puede realizar una reprogramación en el modo de vuelo
- Posee varios modos de vuelo
- Puede realizar vuelos autónomos durante un determinado tiempo
- Permitirá la recolección de los datos dentro de la WSN
- Trabaja con una batería de 11.1V
- Una potencia de 30Wh
- Su corriente es de 2700 mAh

Se ha seleccionado un drone Cheerson CX – 20 como se observa en la Figura 8-2, debido a la facilidad que presenta este para la reprogramación de su tarjeta de vuelo ya que nos permite incorporar en Él rutas previamente trazadas (Christian dve, 2015).



Figura 8-2: Drone Cheerson CX – 20

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.4. Esquema de conexión de los nodos de la red WSN

Una vez seleccionados los diferentes componentes electrónicos y el sensor a usar en el sistema, lo siguiente es presentar los diagramas de conexión de los nodos coordinador y router.

2.4.1. Esquema de conexión del nodo coordinador

En el Grafico 4-2 se muestra el esquema de conexión del nodo coordinador, el cual se constituye de un controlador Arduino Mega 2560 al cual se conectan otros dispositivos como:

- Una shield para Xbee Serie 2 conectada entre los terminales analógicos del cero al cinco, además se encuentra en los terminales de comunicación RX0 y TX0, a más de estos se ensambla con los terminales digitales del dos al siete y por ultimo utiliza los terminales ICSP del centro del controlador.
- Un Receptor de información Xbee Serie 2 que se encuentra ubicado en los veinte terminales de conexión que posee la shield Arduino-Xbee.
- Una tarjeta de adaptación para micro SD que ayudara para el correcto almacenamiento de la información y presenta la siguiente conexión:

Tabla 1-2: Indicativo de terminales para conexión de Sd Card de Arduino

SD Card	Terminal Arduino MEGA
MISO	50
MOSI	51
SCK	52
CS	53

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

La alimentación que poseen los dispositivos mencionados es directamente del controlador Arduino MEGA 2560.

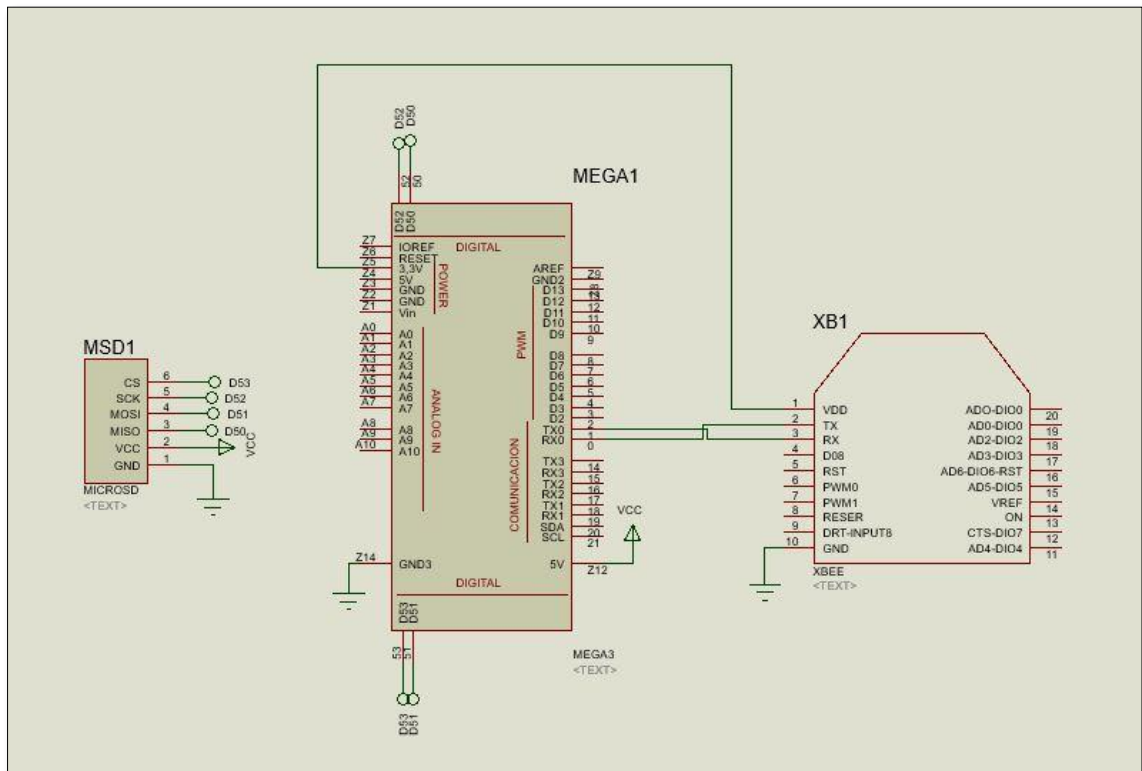


Gráfico 4-2: Esquema de conexión del nodo coordinador en el software Proteus

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.4.2. Esquema de conexión de los nodos routers

En el Grafico 5-2 se presentan los esquemas de conexión que pertenecen a los nodos routers de la red WSN. El dispositivo de mayor relevancia para este nodo es el controlador, por lo que se ha seleccionado un Arduino MEGA 2560, por lo que es el encargado de la comunicación con cada uno de los demás componentes, de la manera siguiente:

- Una shield Arduino-Xbee, la cual tiene un sistema de conexión similar al epígrafe anterior por lo que no se la detallara.
- Un transmisor de información Xbee Serie 2 que se encuentra ensamblado directamente con la shield Arduino-Xbee.
- Un sensor de temperatura LM35 el cual se encuentra acoplado al sistema mediante el terminal analógico número quince.
- La conexión del módulo RTC para Arduino se muestra a continuación:

Tabla 2-2: Indicativo de terminales para conexión del RTC de Arduino

RTC	Terminal Arduino MEGA 2560
SCL	21
SDA	20

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

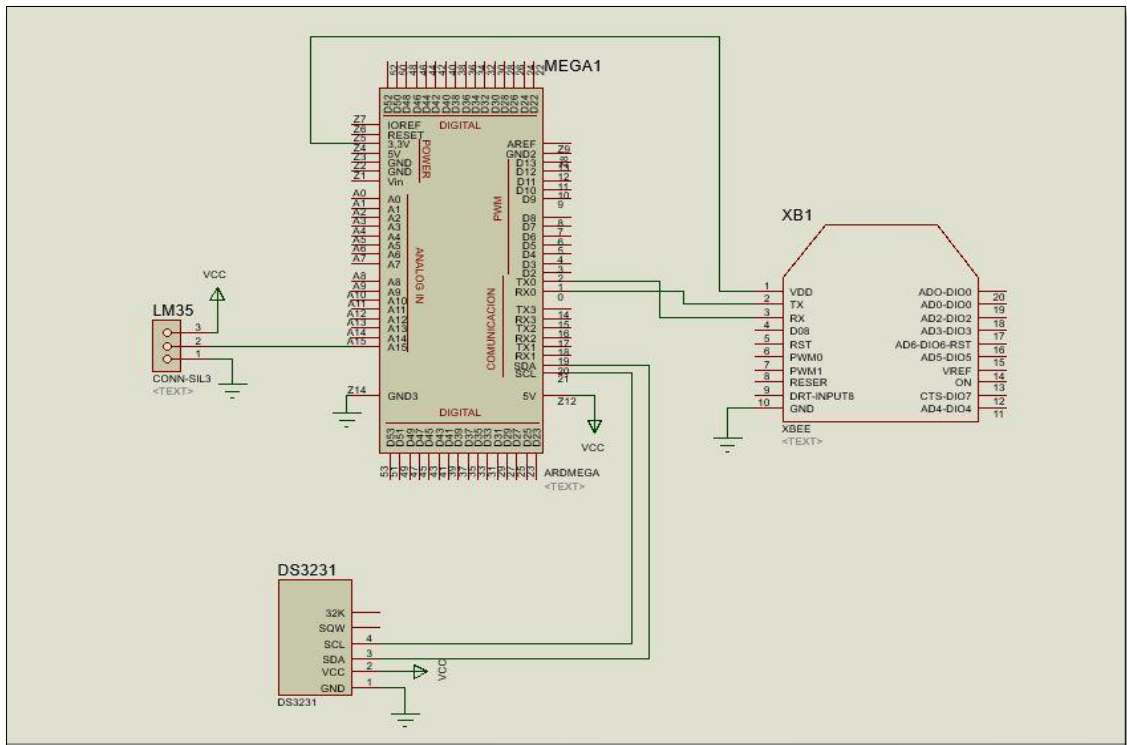


Gráfico 5-2: Esquema de conexión de los nodos routers en el software Proteus

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5. Configuración de dispositivos

Fue necesario realizar varias simulaciones y cálculos pertinentes para ver el desempeño óptimo y la eficiencia que presta la utilización del drone al momento de la toma de datos en la red de sensores inalámbricos, además se ha realizado algunos diseños para la ubicación de los diferentes nodos y para el trazo de la trayectoria autónoma que tuvo el drone para recopilar la información. Para el presente prototipo se decidió realizar las pruebas pertinentes a campo abierto debido a que el espacio debe ser despejado y de área considerable para realizar el diseño de rutas como se puede observar en el Gráfico 6-2.

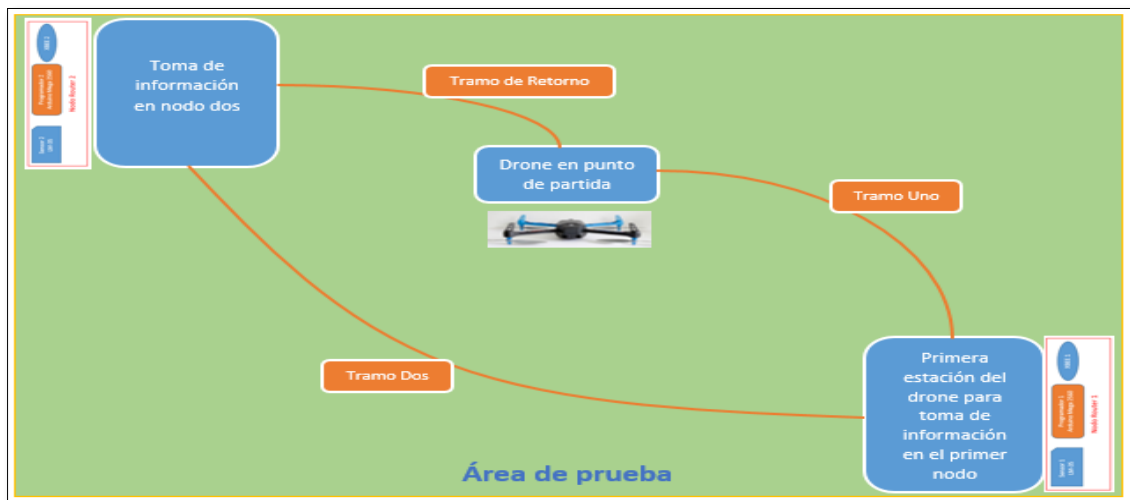


Gráfico 6-2: Plano realizado para la ubicación de nodos de la Red WSN

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5.1. Configuración del controlador Arduino MEGA 2560

Para poder configurar este dispositivo es necesario la instalación del *Software* Arduino, mismo que ofrece el entorno para el desarrollo de programación del controlador Mega 2560, posee un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing, sin embargo se pueden emplear otros lenguajes y aplicaciones en Arduino (librerías), en el *software* se emplea transmisión serial para la conexión con la tarjeta de trabajo Arduino.

Las configuraciones del nodo coordinador y de los nodos routers es de manera diferente por lo que se los detallara por separado:

2.5.1.1. Configuración del controlador para el nodo coordinador

El Diagrama de flujo presentado en la Figura 9-2 muestra la configuración realizada en el nodo coordinador.

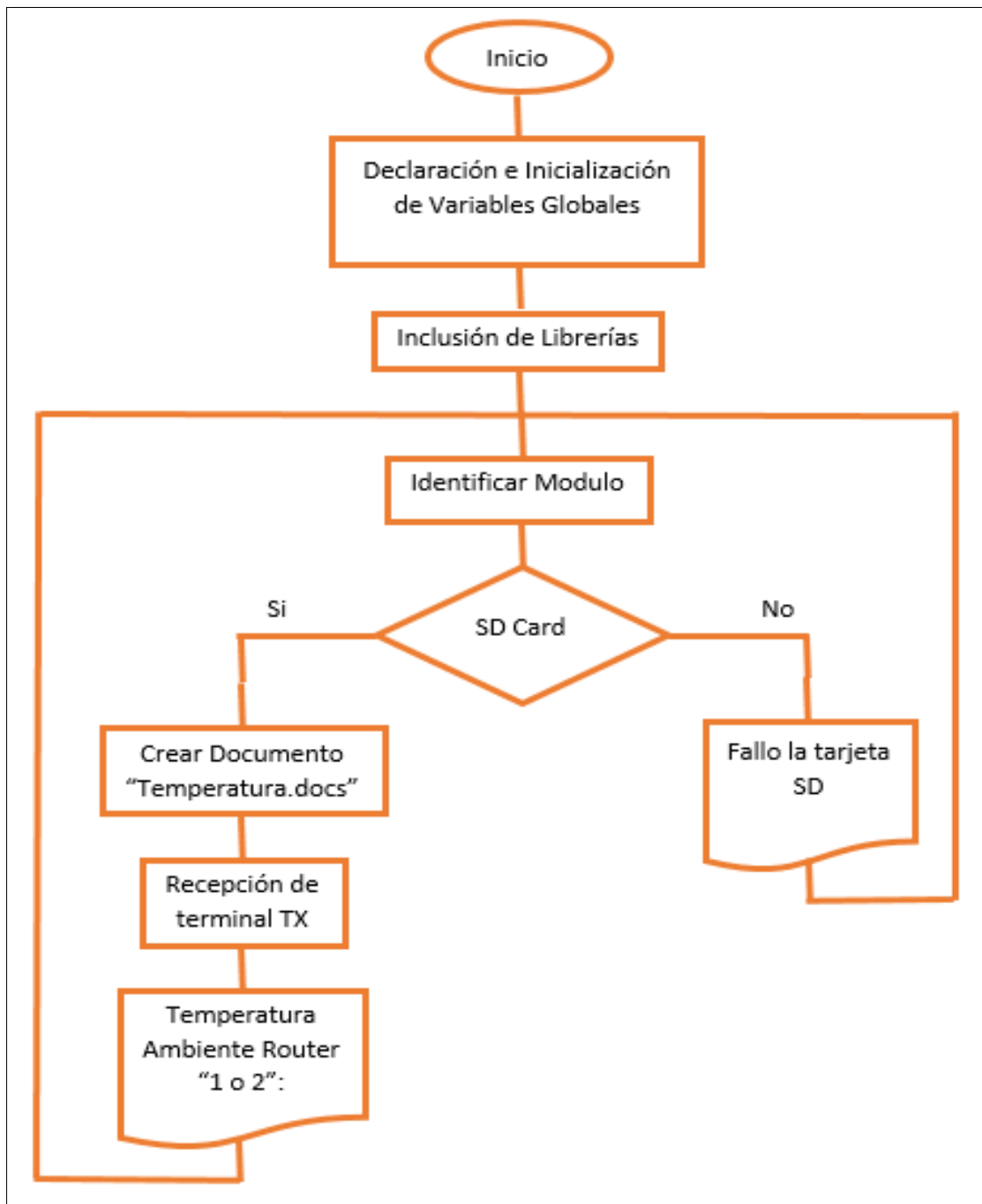


Figura 9-2: Diagrama de flujo del nodo coordinador

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5.1.2. Configuración del controlador para los nodos routers

Para la configuración de los nodos routers se realizó una programación similar a lo expresado en el diagrama de flujo presentado a continuación:

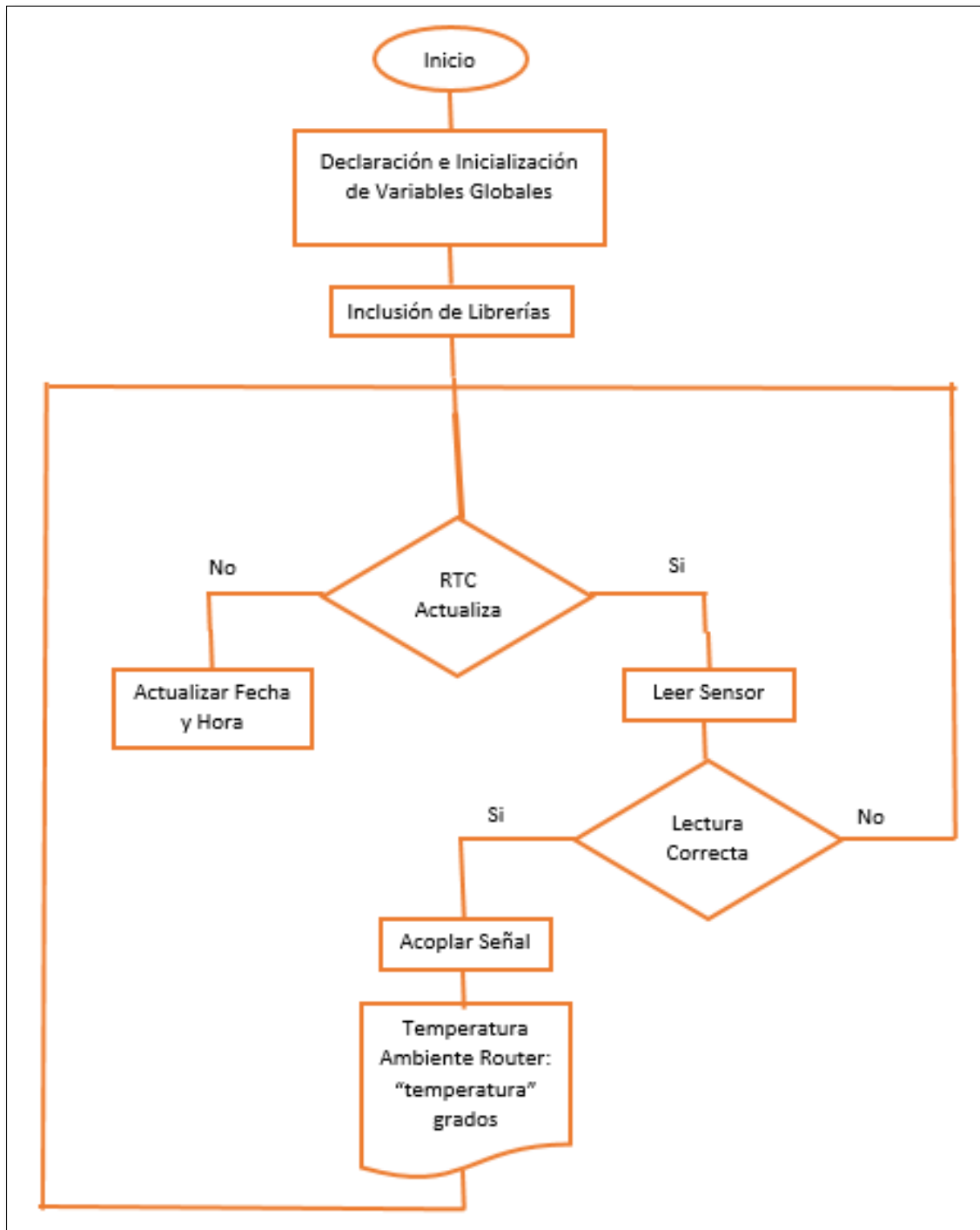


Figura 10-2: Diagrama de flujo de los nodos routers

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5.2. Configuración de los módulos de transmisión Xbee Serie 2

Para realizar las comunicaciones entre módulos Xbee se utiliza el *Software X-CTU*, mediante este es permitido seleccionar la función que va desempeñar el dispositivo (coordinador, router o dispositivo final), además podemos hacer un análisis completo del dispositivo Xbee conectado, ayuda además a entrelazar los Xbee mediante las direcciones únicas que poseen estos dispositivos.

El software X-CTU presenta algunas funciones las cuales se detallan a continuación:

PC Settings, permite realizar un test del dispositivo Xbee que va a ser usado, en el resultado de dicho test se puede observar:

- Si existe o no comunicación del Xbee con el computador
- El tipo de comunicación que nos permite realizar el modulo
- La versión del firmware que está usando el dispositivo Xbee
- El número de serie o código único que posee cada Xbee

Como se puede apreciar en la Figura 11-2.

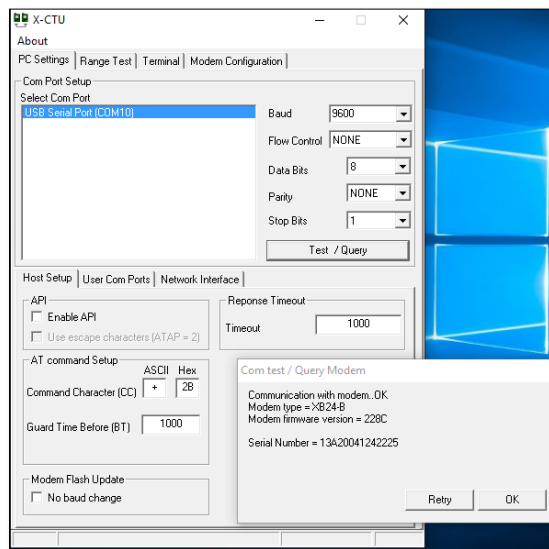


Figura 11-2: Resultado del test de un Xbee realizado en el software X-CTU

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Range Test, cuya pantalla se muestra en la Figura 12-2, mediante esta es posible enviar una cadena de información que permita probar el alcance de la señales que emite cada módulo Xbee, para el caso de este sistema se tienen tres módulos Xbee Serie 2 y poseen un rango de transmisión de 40 metros según sus características específicas.



Figura 12-2: Pestaña Range Test del software X-CTU

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Terminal, es un escritorio de comunicación serial el cual indica las recepciones de información del dispositivo Xbee conectado en el momento, mediante este es posible enviar o recibir información dentro de la red WSN como se muestra en la Figura 13-2.

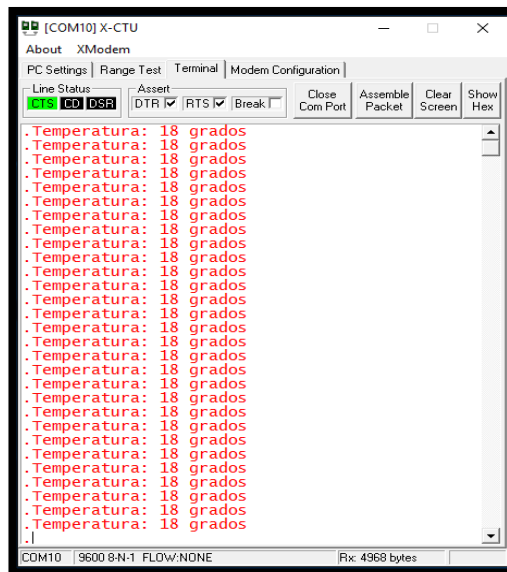


Figura 13-2: Recepción de datos en el Terminal del software X - CTU
 Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Modem Configuration, permite leer, guardar o cargar cierta configuración predeterminada así como nuevas programaciones o enlaces que se realicen en los módulos Xbee. Además se puede observar la última programación que fue realizada en el dispositivo como se presenta en la Figura 14-2.

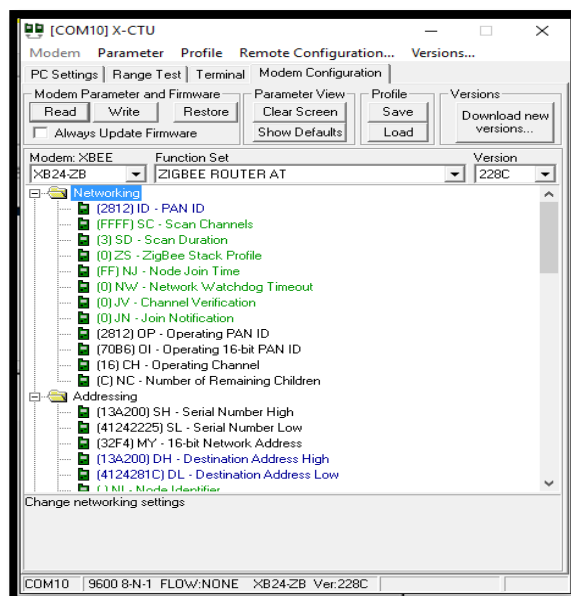


Figura 14-2: Programación de un módulo Xbee mediante el software X - CTU
 Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5.3. Configuración del drone Cheerson CX-20

Para la configuración del drone Cheerson CX – 20 se tuvo que analizar los modos de vuelo que este presentaba, a continuación se detallara uno a uno las formas o modos en los que el drone se puede mantener en vuelo:

0-0 TAKE – OFF es el primero de los modos de vuelo y nos permite realizar un vuelo totalmente manual es decir manipulado por la persona que lo está controlando sin intervención alguna de lo que viene a ser GPS.

0-1 GPS HOLD es un modo de vuelo asistido por el GPS incorporado, este nos permite guardar la posición en la que nos encontramos o simplemente estabilizar al UAV en el punto en el que se encuentra en ese momento.

0-2 RETURN HOME como su nombre lo indica en este modo de vuelo el Cheerson CX - 20 retorna al lugar en el cual realizó su despegue gracias a la ubicación de la posición que nos va a brindar el sistema de posicionamiento global que posee.

1-1 ORIENTATION es una posición en la que nos permite que nuestro Drone se poseione en dirección al radio control sin importar que se desee mover a este.

1-2 ALTITUDE HOLD mediante este modo de vuelo el UAV Cheerson CX – 20 se mantiene en la altura en la que se encuentra programado ya que este parámetro lo podemos variar desde el software mission planner, evitando de esta manera descensos bruscos en el Drone.

Ahora en la Figura 15-2 se presenta el controlador remoto del Cheerson CX-20, el cual contiene dos switch de selección: SWB y SWA, estos a su vez permiten seleccionar cualquier opción de las cinco formas de vuelo que presenta el drone.



Figura 15-2: Switch selectores y modos de vuelo del Drone Cheerson CX - 20

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Para realizar las calibraciones del Cheerson CX-20 se debe descargar el *software* que permitirá realizar las configuraciones previas al primer vuelo, para que de esta manera queden calibrados los giroscopios, acelerómetros y la brújula incorporada en el drone.

El *software* el cual se va a usar es Mission Planner se encuentra de manera open source, la primera impresión que presenta es amigable como se puede observar en la Figura 16-2, permite realizar calibraciones antes de realizar un vuelo y más aún si va a ser de forma manual, es decir sin utilizar los beneficios que nos brinda el modulo GPS incorporado en el drone.



Figura 16-2: Entorno de Usuario del Software Mission Planner

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Para la configuración que se puede dar en los acelerómetros del drone, se direcciona a la pestaña llamada INITIAL SETUP y dentro de esta a la opción Wizard, la cual abrirá una nueva pantalla para seleccionar el tipo de drone, en este caso será un cuadro rotor como se puede observar en la Figura 17-2.

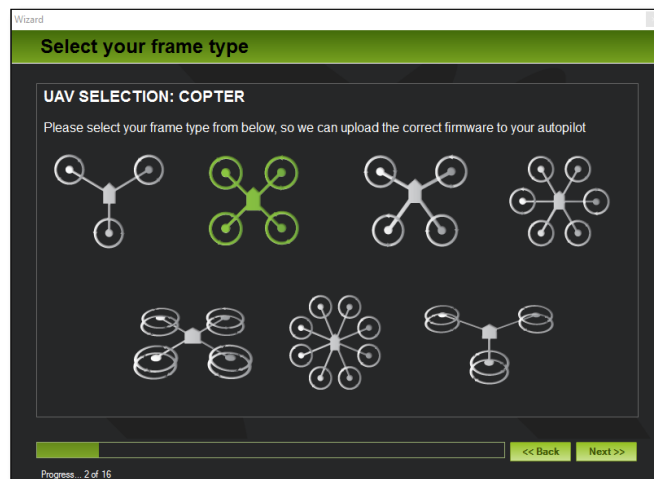


Figura 17-2: Pestaña para seleccionar que tipo de UAV es el Cheerson CX - 20

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

A continuación se debe conectar el drone al computador para que se seleccione el puerto serial (COM) mediante el cual se va a realizar la comunicación. Una vez seleccionado el puerto serial se realizara un test el cual se da de manera automática para saber los componentes y el Firmware con el que está trabajando el CX – 20, este proceso se presenta mediante la Figura 18-2.

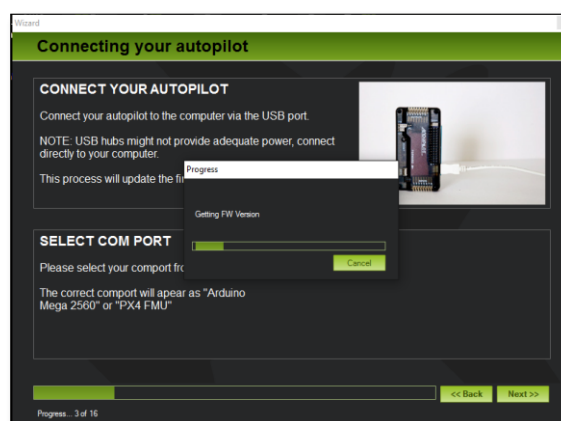


Figura 18-2: Test de componentes y Firmware del Cheerson CX - 20

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Después de tener comunicación serial con el drone este se configurara para colocarlo en diferentes posiciones como se puede observar en el collage de la Figura 19-2, estas posiciones del drone ayudaran a encerrar los acelerómetros y de esta manera se podrá ganar estabilidad cuando se desee realizar vuelos sean manuales o autónomos.

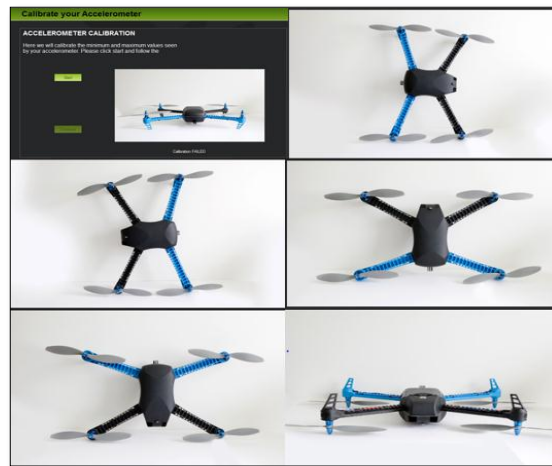


Figura 19-2: Calibración de acelerómetros en el UAV Cheerson CX-20

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

La configuración a realizar al momento toma el nombre de prueba del compás, consiste en dar vueltas al drone en diferentes ángulos y con diferentes grados de inclinación en cada una de las posiciones anteriormente mostradas, como se especifica en la Figura 20-2.

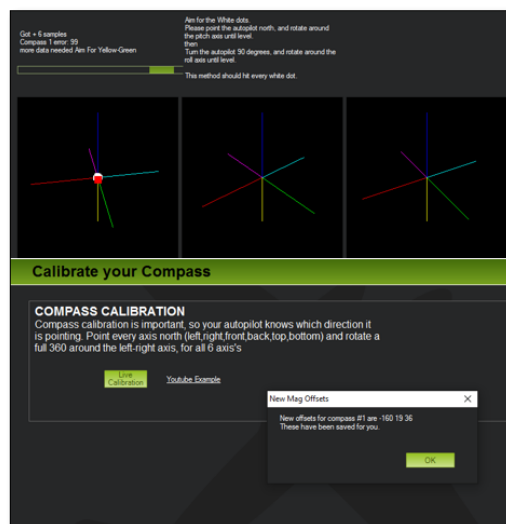


Figura 20-2: Configuración de la prueba del compás en el Cheerson CX - 20

Fuente: TRUJILLO, Ricardo; 2016

2.5.4. Ruta autónoma del Drone Cheerson CX-20

Para realizar las rutas autónomas a seguir por el drone Cheerson CX – 20 se tomó como referencia el *software* Mission Planner mencionada anteriormente, mediante la ayuda de este se puede tener la ubicación dentro de un mapa global.

Si no se dispone de una conexión a internet es necesario saber las coordenadas en las cuales van a estar ubicados los nodos de la red WSN, ya que en base a ellas se podrá realizar la ruta que recorrerá el drone, los pasos a realizar para la planificación del vuelo autónomo son:

- Se debe localizar el área la cual va a sobrevolar el drone.
- Localizar las coordenadas para la ubicación del drone.
- Localizar las coordenadas para localización de los nodos routers.
- Elaborar la ruta autónoma a seguir como se presenta en la Figura 21-2.

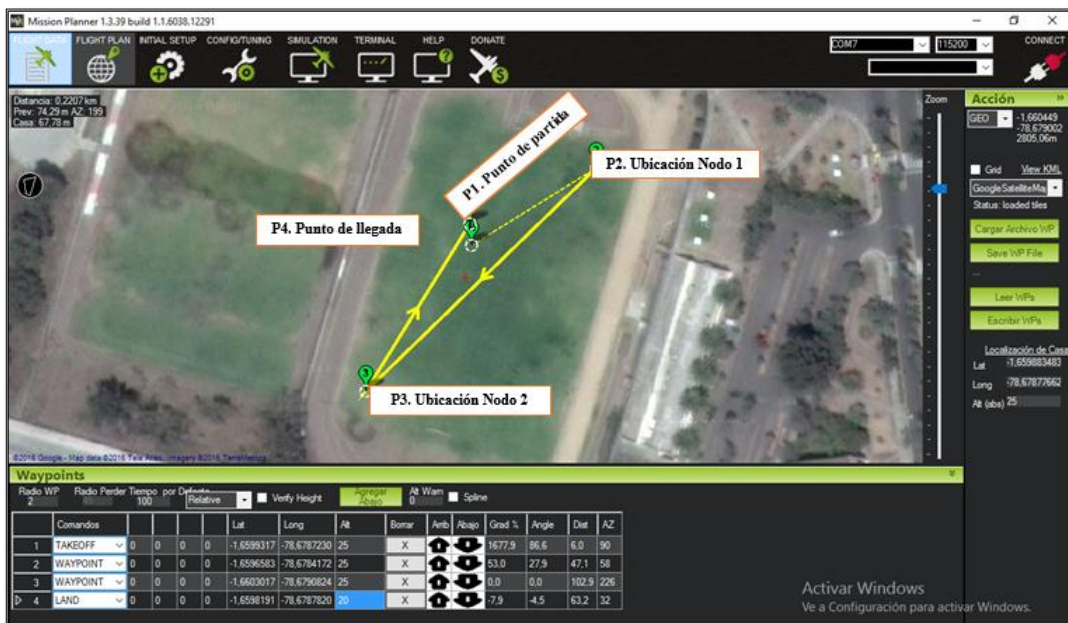


Figura 21-2: Ubicación de la zona de prueba del proyecto

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

De esta manera se encuentra realizada la ruta a seguir por el drone, lo siguiente es realizar la conexión del drone al computador para la comunicación que se dará entre el drone y el *software*

Mission Planner, para darnos cuenta que se encuentran conectados veremos el icono del recuadro rojo de la esquina superior derecha en la Figura 22-2, además se deberá guardar la ruta con cada waypoints realizado anteriormente, mediante el botón “Escribir WPs” como se indica en el recuadro rojo restante de la Figura 22-2.

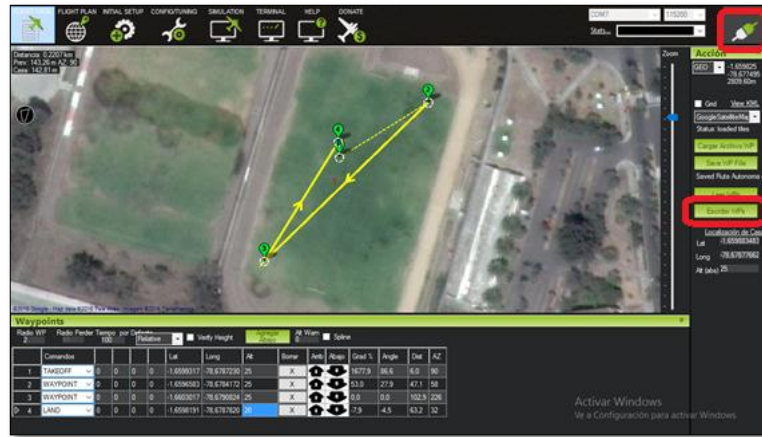


Figura 22-2: Sincronización de los waypoints al UAV Cheerson CX-20

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Una vez guardada la ruta a seguir con cada waypoints es necesario cambiar uno de los modos de vuelo del Cheerson CX-20, en este caso será el AltHold como se muestra en el recuadro pintado de celeste de la Figura 23-2.

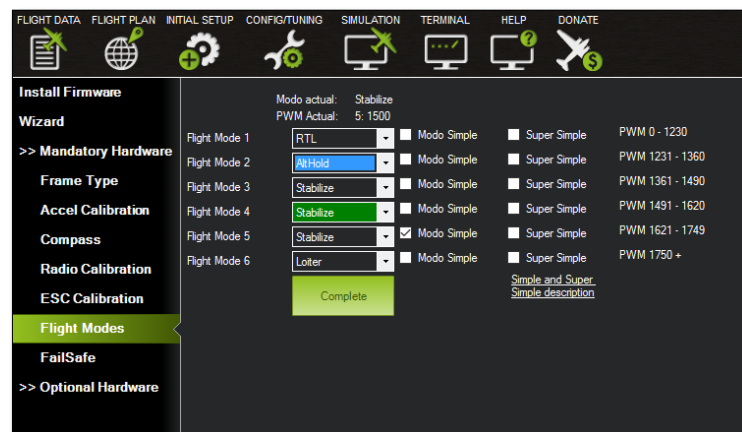


Figura 23-2: Cambio de modo de vuelo (AltHold)

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Ahora para finalizar el recuadro celeste se lo pondrá en modo auto como se muestra en la Figura 24-2, ya que es necesario poder sincronizar la ruta automática con este modo de vuelo del mando, es decir cuando nuestras palancas de control SWB se encuentre en 1 y la SWA se encuentre en la posición 2, de esta manera cuando se coloque nuestros indicadores en dicho modo de vuelo se realizará el recorrido autónomo de la ruta antes planteada en el Mission Planner.

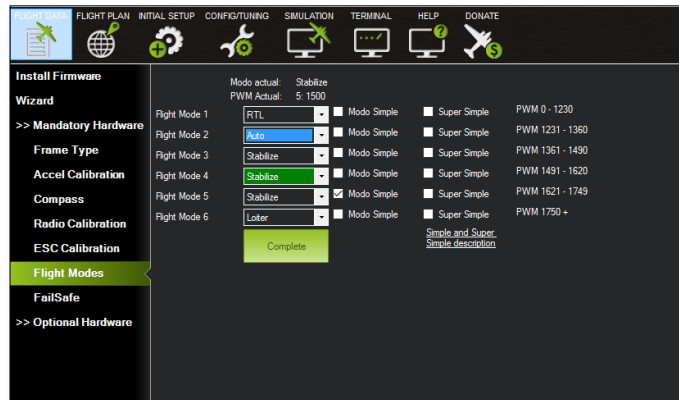


Figura 24-2: Posición SWB 1 y SWA 2 para realización de ruto autónoma del UAV

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS DE PRUEBAS.

3.1. Introducción

En el presente capítulo se detalla los mecanismos implementados y los sistemas electrónicos montados, la adquisición de datos desde los sensores, así como su calibración y acondicionamiento, los resultados obtenidos y cómo interaccionan unos con otros para el correcto funcionamiento de cada uno de los procesos del sistema inalámbrico realizado, además se describe las pruebas realizadas a lo largo del proyecto y los resultados obtenidos dentro de las mismas.

3.2. Pruebas de comprobación de estabilidad en el sistema

Se inició con pruebas específicas para poder observar la estabilidad de los sensores de temperaturas LM-35 previamente calibradas y acondicionadas acorde a la realidad del proyecto.

La toma de datos de temperatura realizadas en el nodo router 1 se muestra mediante la Figura 1-3, y el nodo router 2 mediante la Figura 2-3, las tomas realizadas se dan con un tiempo de separación de 4 segundos por lo cual las pruebas tomarán un tiempo aproximado de 2 minutos. La verificación de la estabilidad que poseen los sensores ubicados en cada uno de los puntos de prueba es necesaria ya que mediante está, comprobamos que la variable considerada (temperatura) para este proyecto no es muy variable en el tiempo al momento de la toma de datos, cabe recalcar que las pruebas realizadas en las figuras siguientes son para fines netamente estadísticos.

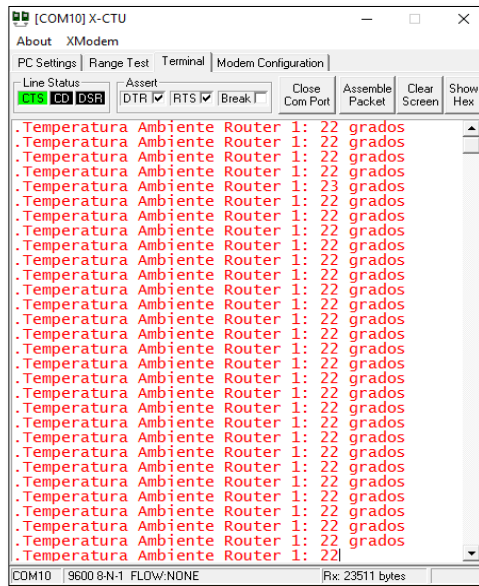


Figura 1-3: Toma de datos del sensor uno mediante el terminal de X-CTU

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

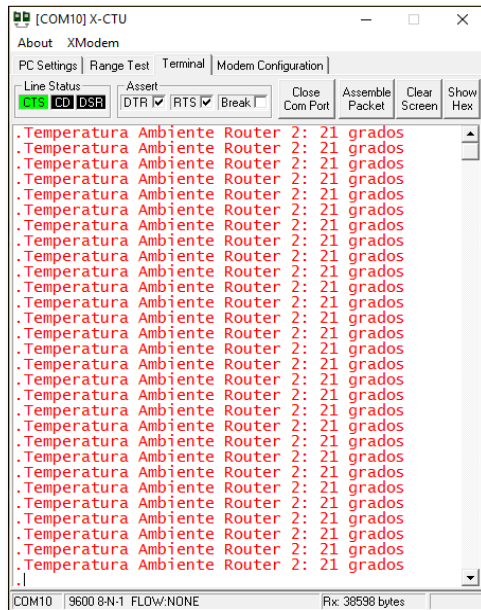


Figura 2-3: Toma de datos del nodo router dos mediante el terminal de X-CTU

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

3.2.1. Prueba del Nodo Roter Uno

En la pantalla del terminal de X-CTU Figura 1-3, se pueden observar claramente que fueron tomadas 30 tramas de datos, las cuales han llegado completas por lo cual se puede afirmar la estabilidad y eficiencia del sistema al momento de enviar y recibir datos, ahora podemos observar que de entre las 30 tramas de datos que fueron enviadas 29 coinciden con la trama “Temperatura Ambiente Router 1: 22 grados” y en tan solo 1 de las tramas se dio “Temperatura Ambiente Router 1: 23 grados”, Lo cual nos indica que el porcentaje de estabilidad para el sensor incorporado en el nodo router uno es de 96,7% mientras que el error que presento el sensor para dictaminar su estabilidad es de solo el 3,3%. Para una explicación más clara se puede observar la Tabla 1-3, en la que se puede observar los datos numéricos y mediante la cual también se elaboró un gráfico porcentual (Grafico 1-3) que muestre la misma.

Tabla 1-3: Datos de temperatura y porcentaje de estabilidad del sensor 1

No.	Temperatura	%
1	22	3,3
2	22	3,3
3	22	3,3
4	22	3,3
5	23	3,3
6	22	3,3
7	22	3,3
8	22	3,3
9	22	3,3
10	22	3,3
11	22	3,3
12	22	3,3
13	22	3,3
14	22	3,3
15	22	3,3
16	22	3,3
17	22	3,3
18	22	3,3

19	22	3,3
20	22	3,3
21	22	3,3
22	22	3,3
23	22	3,3
24	22	3,3
25	22	3,3
26	22	3,3
27	22	3,3
28	22	3,3
29	22	3,3
30	22	3,3

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

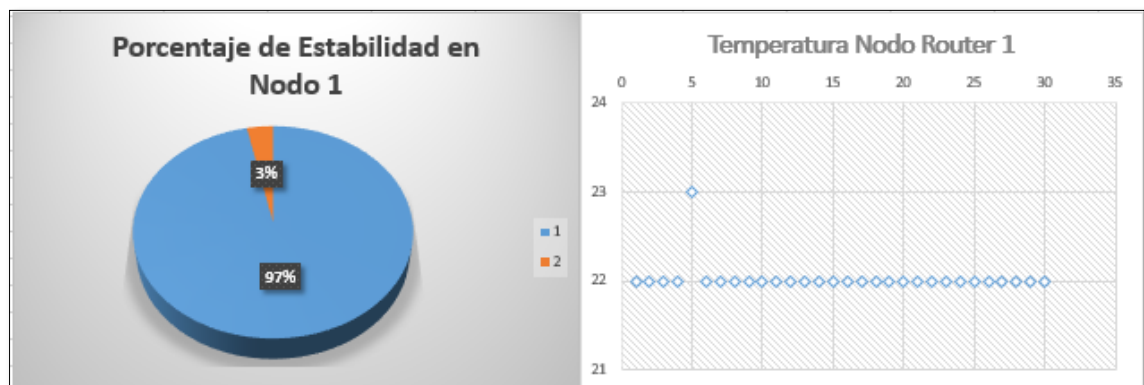


Gráfico 1-3: Porcentual y estabilidad del nodo router 1

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Con referencia a lo mostrado en el Gráfico 1-3, se puede mencionar que la estabilidad del sensor es bastante aceptable ya que al momento de presentar el dato erróneo se dio bajo el rango de tolerancia lo cual nos indica que el sensor está calibrado y que también tiene buena estabilidad dentro del sistema que se está manejando.

3.2.2. Prueba del Nodo Roter Dos

Dentro del terminal de X-CTU y en lo referente al sensor de nuestro segundo nodo Figura 2-3, se pueden visualizar de manera precisa que las tramas de datos obtenidas son 29, las cuales han llegado completamente por lo que se aprecia que tenemos buena comunicación entre los nodos router y el nodo coordinador ratificando también de esta manera que el sistema que se presenta es confiable, como se puede observar todas las tramas presentan el mismo valor de temperatura el cual nos muestra “Temperatura Ambiente Router 2: 21 grados”, esto nos indica que la estabilidad que nos brinda el sensor del nodo dos es del 100%. De esta manera se presenta la Tabla 2-3, la misma que nos presenta los datos tomados en el nodo router dos.

Tabla 2-3: Datos de temperatura y porcentaje para ver la estabilidad del sensor 2

No.	Temperatura	%
1	21	3,44
2	21	3,44
3	21	3,44
4	21	3,44
5	21	3,44
6	21	3,44
7	21	3,44
8	21	3,44
9	21	3,44
10	21	3,44
11	21	3,44
12	21	3,44
13	21	3,44
14	21	3,44
15	21	3,44
16	21	3,44
17	21	3,44
18	21	3,44
19	21	3,44
20	21	3,44

21	21	3,44
22	21	3,44
23	21	3,44
24	21	3,44
25	21	3,44
26	21	3,44
27	21	3,44
28	21	3,44
29	21	3,44

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

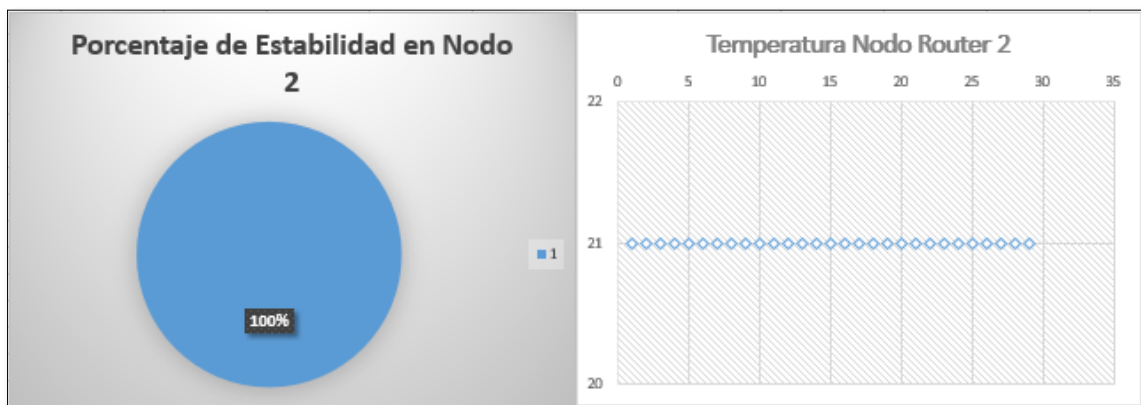


Gráfico 2-3: Porcentaje de estabilidad del nodo 2

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

3.3. Análisis realizado para el consumo energético del sistema

Otra prueba que se realizó fue la de eficiencia energética para que el sistema pueda ser más fiable y determinar el tiempo de duración de la fuente de energía, para lo cual se tomó en consideración cada elemento de los que está compuestos un nodo router y que generan un consumo de energía como se muestra en la Tabulación 3-3.

Tabla 3-3: Datos para consumo energético de los nodos router

Elemento	Tensión V	Corriente mA	Consumo mW
Arduino Mega 2560	5	85 – 93	425 – 465
Xbee serie 2	3,3	35 – 45	115,5 - 148,5
Sensor LM35	4	60	0,24

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Como se presenta en la Tabla 3-3, encontramos diferentes ítems que son los que van a realizar en consumo sea este de tensión, corriente que se va a disipar por hora y la potencia de cada elemento que compone cada nodo router.

Para calcular el consumo energético del sistema se sumaran las tensiones, potencias y corrientes de cada elemento como se puede observar a continuación:

$$TTS = TA + TXbee + TS$$

$$TTS = (5 + 3,3 + 4) V$$

$$TTS = 12,3 V$$

En donde:

TTS es la tensión total del sistema

TA es la tensión que ocupa el Arduino

TXbee es la tensión que requiere el módulo Xbee

TS es la tensión que utilizará el sensor

Ahora para el cálculo de la corriente que será usada por el sistema, requerimos sumar las corrientes que cada elemento va a usar para ello usaremos los datos antes expuestos en la Tabla 3-3.

Es preciso resaltar que por motivos de cálculos se va a proceder a realizar un promedio previo de los valores de corriente usados por cada elemento ya que el dato que se obtuvo no es exacto sino más bien va en un rango de corriente.

$$ITS = IA + IXbee + IS$$

$$ITS = (89 + 40 + 0,06) mAh$$

$$ITS = 129.06 mAh$$

En donde:

ITS es la intensidad total del sistema

IA es la intensidad que ocupa el Arduino

IXbee es la intensidad que requiere el módulo Xbee

IS es la intensidad que utilizara el sensor

Ahora una vez realizado los cálculos de la tensión y la intensidad no nos queda más que resolver las ecuaciones para la obtención del valor de la potencia total de consumo dentro del sistema para lo cual de la misma forma que se realizó en la corriente se obtendrá un dato promedio de la potencias de los elementos que son usados dentro del nodo router.

$$PTS = PA + PXbee + PS$$

$$PTS = (445 + 132 + 0,24) mW$$

$$PTS = 577,24 mW$$

En donde:

PTS es la potencia total del sistema

PA es la potencia que ocupa el Arduino

PXbee es la potencia que requiere el módulo Xbee

PS es la potencia que utilizará el sensor

3.4. Calculo del tiempo de uso del sistema

Una vez determinado el consumo total de la energía que va a tener el sistema se determinará el tiempo de trabajo con las baterías que se están usando.

La alimentación que recibe el sistema está dado por 4 baterías recargables como se muestra en la Figura 3-3, están formadas de li-ion y su modelo es AX 18650 que posee 3.3V y 4800mAh (cada una), se encuentran conectadas en serie entregando un voltaje total de 14,8 V y en cuanto a la corriente tendremos 19200 mAh.



Figura 3-3: Batería de li-ion usada para alimentar

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Por lo cual el tiempo de autonomía es de:

$$TDS = ITB / ITS$$

$$TDS = 19200 \text{ mAh} / 129.06 \text{ mAh}$$

$$TDS = 148,76 \text{ h}$$

En donde:

TDS es el tiempo total de duración del sistema

ITB es la corriente total de la batería para consumir por hora

ITS es la corriente total de consumo del sistema por hora

Del cálculo anterior se puede observar que para el agotamiento de la batería tendremos 148.76 horas de consumo de energía ininterrumpida por parte del sistema implementado, o lo que es lo mismo planteando en formato de tiempo:

148 h 45 m

3.5. Distancia de transmisión de los nodos router

Se realizó una prueba para la medición de la distancia en la que la transmisión de datos mediante los Xbee es cien por ciento efectiva, es decir que no hay fallos ni atenuación en lo que es el envío y la recepción de las tramas de datos.

La manera en la que se realizó esta prueba está representado en la Figura 4-3:

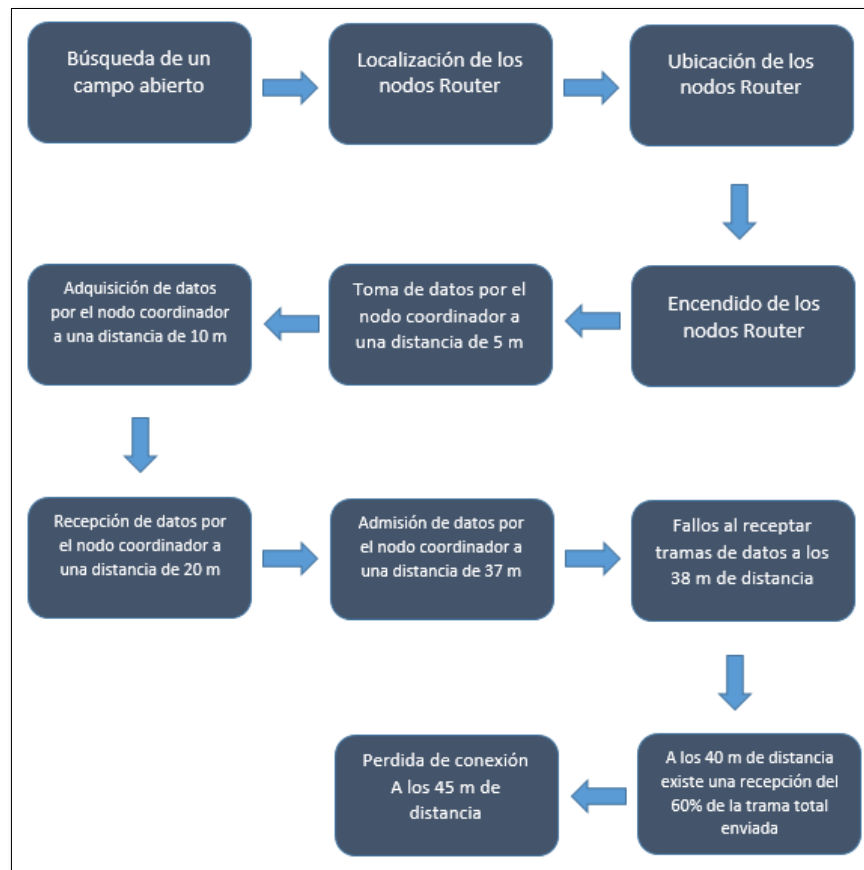


Figura 4-3: Sistematización de las distancias de tomas de datos

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Como se puede observar en la Figura 4-3, se realizó la toma de datos en distancias progresivas para ver el comportamiento de los módulos al momento de la transmisión y recepción de las tramas de datos.

A continuación se presenta la Tabla 4-3 la cual nos guiara para tener una mejor idea al momento que fue realizada la toma de datos.

Tabla 4-3: Tabulación de la toma de datos a distancias reales

Distancia (m)	Datos Exitosos	Datos Fallidos	Tiempo de Transmisión (s)	Porcentaje de Transmisión (%)
5	60	0	60	100
10	60	0	60	100
15	60	0	60	100
20	60	0	60	100
25	60	0	60	100
30	60	0	60	100
35	60	0	60	100
36	60	0	60	100
37	60	0	60	100
38	57	3	60	95
39	49	11	60	82
40	36	24	60	60
41	32	28	60	53
42	18	42	60	30
43	12	48	60	20
44	4	56	60	7
45	0	60	60	0
46	0	60	60	0
47	2	58	60	3
48	0	60	60	0
49	0	60	60	0
50	0	60	60	0

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Como se puede observar en la Tabulación 4-3, las medidas resultantes de las pruebas son muy coherentes y estables hasta los 37 m de distancia, a los 38 metros inician algunos problemas en la recepción de las tramas ya que tres de ellas no llegaron completas, a partir de los cuarenta metros

de distancia inician las atenuaciones con mayor frecuencia ya que el resultado son 36 tramas completas y a medida que aumenta la distancia a 43 metros disminuye la llegada de tramas de datos buenas ya que solo se obtuvieron 12 tramas, teniendo en consideración que a los 45 metros se pierde total comunicación de los dispositivos ya que no se pudo obtener ninguna trama de datos.

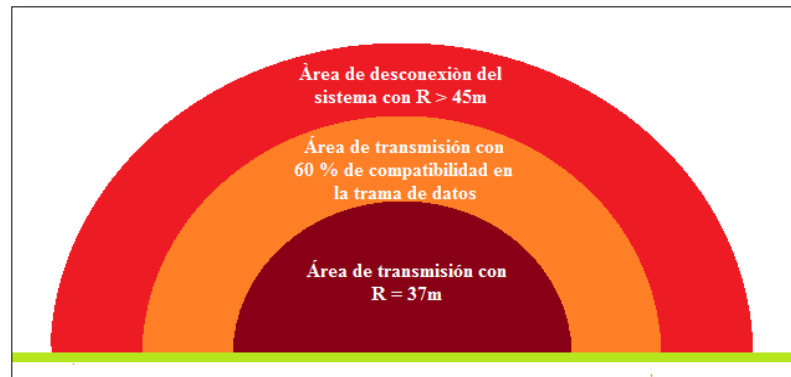


Gráfico 3-3: Interpretación grafica de la transmisión de datos de módulos Xbee
Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Como un resumen de la prueba de la distancia de transmisión se muestra en el Grafico 3-3, en la cual se puede observar que los dispositivos que están siendo usados dentro de este proyecto permiten hacer la toma de datos seguros hasta los 37 metros alrededor de cualquiera de los nodos router, esto se da para que la recepción de las tramas de datos enviados sean óptimas.

3.6. Análisis de resultados

Inicialmente se realizó la toma de datos de la red inalámbrica de sensores meteorológicos manualmente, Tabla 5-3, en la que se puede observar 10 repeticiones del proceso de toma de datos de temperatura ambiente y que nos permitirá hacer una comparativa con la Tabla 6-3, que se encuentra elaborada con los datos tomados del mismo número de procesos pero esta vez realizados con el vuelo autónomo del dron.

Tabla 5-3: Interpretación de datos tomados personalmente

Toma de datos manualmente			
Proceso	Datos Exitosos en el Nodo 1	Datos Exitosos en el Nodo 2	Tiempo de realización de trayectoria (s)
1	30	30	217
2	30	30	231
3	30	30	236
4	30	30	219
5	30	30	226
6	30	30	228
7	30	30	235
8	30	30	234
9	30	30	232
10	30	30	223

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Tabla 6-3: Interpretación de información tomada con el sistema autónomo

Toma de datos con la ruta autónoma del drone			
Proceso	Datos Exitosos en el Nodo 1	Datos Exitosos en el Nodo 2	Tiempo de realización de trayectoria (s)
1	30	30	118
2	30	30	130
3	30	30	135
4	30	30	121
5	30	30	123
6	30	30	125
7	30	30	131
8	30	30	132
9	30	30	130
10	30	30	123

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

Ahora como ya se presentan los datos obtenidos en cada caso, se procederá a realizar una comparación para poder ver la eficiencia del proyecto con la utilización del dron, ya que mediante esta comparación se podrá observar el ahorro de tiempo que se va a dar en el proceso con la utilización del dron.

Para esto se puede observar la Tabla 7-3, misma que presenta los tiempos de las tomas de datos tanto manualmente como con el sistema elaborado con el dron, a más de esto se presenta el porcentaje de la eficiencia que presenta el sistema con una ruta autónoma para la recolección de datos de una red inalámbrica de sensores meteorológicos.

Tabla 7-3: Comparación para observar la eficiencia del sistema

Resultado de Eficiencia en los Procesos			
Proceso	Tiempo de toma de datos personalmente (s)	Tiempo de toma de datos con el dron autónomo (s)	Porcentaje de eficiencia (%)
1	217	118	184
2	231	130	178
3	236	135	175
4	219	121	181
5	226	123	184
6	228	125	182
7	235	131	179
8	234	132	177
9	232	130	178
10	223	123	181
Promedio de eficiencia de los procesos			180

Realizado por: TRUJILLO, Ricardo; 2016

El proceso de porcentajes ha sido tomado de manera entera para que se pueda apreciar de mejor manera el ahorro de tiempo notable que se efectúa con el sistema presentando este una mejora del 180 %.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó una red WSN de sensores meteorológicos utilizando dispositivos xbee para transmisión y un drone para la recopilación de información de temperatura en la ESPOCH.
- Se comprobó que la técnica de lazo cerrado en la trayectoria realizada por el drone nos ayuda para que el dispositivo volador retorna al lugar de salida después de cumplir el objetivo de la recopilación de información dentro de la red WSN.
- La creación de rutas para el vuelo autónomo del drone demuestra notablemente la optimización del proceso de recolección de datos de la red WSN, ya que la eficiencia que brinda el sistema es del 180%.
- Con la conexión, transmisión y recepción de datos se mejora el proceso de toma de información dentro de la red WSN, logrando una mayor agilidad en el sistema implementado, debido a que este entrega un archivo con la información para poder realizar una base de datos.
- Con los dispositivos Xbee Serie 2 se observó que existe una alta velocidad y exactitud al transmitir información en la red WSN, debido a que la estabilidad que brinda el sistema con estos dispositivos es del 98.35%.
- Se comprobó que la información que puede transmitir la red WSN puede ser de carácter numérico o alfabético debido a que la información que se ha utilizado en el sistema es el envío de una cadena de 58 bits.
- Se evidenció que la comunicación entre nodos coordinar y router ambos utilizando dispositivos Xbee S2, tiene un alcance de transmisión de 37 metros de radio al ser alimentados con 3.3 voltios.
- Fue necesario algunos estudios en lo referente a la energía, y se obtuvo que las baterías en serie brindaban una mayor efectividad energética al sistema, brindando una duración en el sistema de 148 horas con 45 minutos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar la tecnología implementada en el sistema en lo referente al sistema de alimentación de energía de los nodos dispersos que son los encargados de tomar los datos de temperatura, para que de esta manera se pueda tener un trabajo más autónomo y prolongado.
- Conocer teórica y físicamente las funciones que brinda el sistema para de esta manera conseguir una aplicación adecuada al momento de usar el mismo.
- Se puede ampliar la duración de vuelo del drone para de esta manera brindar una mayor cobertura con el sistema.
- Debido a que el drone es un acople al sistema se recomienda la elaboración de un dispositivo de vuelo con características específicas y que permita realizar o mejorar las funciones que brindan estos dispositivos.
- Se encarga la implementación de sistemas impermeables tanto para los nodos de la red WSN como para el drone ya que como dispositivos electrónicos no son resistentes al agua y pueden sufrir daños al momento de trabajar a la intemperie.
- Es necesario hacer un diagnóstico y análisis de los resultados obtenidos dentro del archivo creado en la toma de información, para poder considerar el óptimo funcionamiento de cada uno de los nodos encargados de tomar los datos de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **Aakvaag N., Frey J. E.;** “Redes de sensores inalámbricos, Nuevas soluciones de interconexión para la automatización industrial”; *Revista ABB*; [En línea]; (2006); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: http://www.materialelectrico.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631_SPA72dpi.pdf

- 2.- **Adafruit Industries;** *Micro SD Card Breakout Board Tutorial*; [En línea]; (2017-01-09); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-micro-sd-breakout-board-card-tutorial.pdf>

- 3.- **Adafruit Industries;** *DS1307 Real Time Clock Breakout Board Kit*; [En línea]; (2016-09-07); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/ds1307-real-time-clock-breakout-board-kit.pdf>

- 4.- **Arduino;** *Guia Arduino Mega 2560*; [En línea]; (2017); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoMega2560>

- 5.- **Arellano Aucacela, A., Avila Pesántez, D., Erazo Peña, J., & Hervas Parra, C.;** “Evaluación de una red de sensores inalámbrica para detección de incendios forestales”; *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*; [En línea]; (2015); Ecuador Vol.28 N.3; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/381/265>

- 6.- **Asensio, J. L., Pérez, F., & Morán, P.;** U.A.V. Beneficios y Límites (Aviones no tripulados) (Paper); I.E.S. LEONARDO DA VINCI; Madrid – España; (2008); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.cursoleo.aulaleonardo.com/raul.banos/IASS/IASS.htm>

- 7.- **Axis System;** *CX-20 Auto-Pathfinder 6 – USER MANUAL*; [En línea]; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.christiandve.com/wp-content/uploads/2015/08/Cheerson-CX-20-user-manual.pdf>

8.- **Digi International INC.;** *Product Manual v1.xEx - 802.15.4 Protocol For RF Module Part Numbers: XB24-A...-001, XBP24-A...-001*; [En línea]; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

9.- **El Universo, Cecilia Guevara;** “Drones surcando el cielo”; [En línea]; (22-10-2015); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/10/22/nota/5197007/pequenos-surcando-cielo>

10.- **Escamilla López J. V. & García A. E.;** *Redes Inalámbricas de Sensores: Sistema Integral de monitorización de estructuras metálicas*; (Tesis); Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática; Valencia – España (2010). [Citado en: enero de 2017]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10182/PFC.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

11.- **Fernández Martínez R., & Ordieres Meré J.;** *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*; (Tesis); Universidad de la Rioja, Grupo de Investigación EDMANS; España; (2009); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/377564.pdf>

12.- **Funky Marketing;** *Usos y aplicaciones de los drones*; [Blog]; (09-09-2015); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://blog.lcrcom.net/usos-y-aplicaciones-de-los-drones/>

13.- **GHM Consultores;** *Drones y Geología*; [Blog]. (07-07-2014). [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.ghmconsultores.es/2014/07/07/drones-y-geologia/>

14.- **Gonzales, J.;** *Drones y su Historia*; [En línea]; Argentina; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://es.slideshare.net/JorgeGonzalez276/drones-historia-y-utilizacion-argentina>

15.- **Grupo de Robótica y Cibernética;** Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones; (Paper); Universidad Politécnica de Madrid; España; [Citado en: enero de 2017]. Disponible en: <http://kimerius.com/app/download/5783722030/Veh%C3%ADculos+a%C3%A9reos+no+tripulados+para+uso+civil.+Tecnolog%C3%ADa+y+aplicaciones.pdf>

16.- **Guerra Jara, G. S.;** Sistema de diseño de drones (Tesis); Universidad del Azuay, Facultad de Diseño; Cuenca - Ecuador; (2016); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6016>

17.- **Hausdorf Delgado J.;** Prototipo de interface safety for firefighters con módulos xbee sobre android y sqlite (Tesis); Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil en Informática; Valdivia - Chile (2013); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcih376p/doc/bmfcih376p.pdf>

18.- **Hinojosa, O. J.;** *ANTENAS - XBEE*; [Blog]; (19-05-2012); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://4imedio.blogspot.com/2012/05/antenas-xbee.html>

19.- **ITead Studio make innovation easter;** *XBee module to Serial Port Module Shield*; [En línea]; (15-08-2011); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-shd005.pdf>

20.- **Maroto Cantillo S. R.;** Desarrollo de aplicaciones basadas en WSN.; (Tesis); Universidad Politécnica de Valencia, PFC Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática; Valencia – España; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8592/PFC%20-%20DESARROLLO%20DE%20APLICACIONES%20BASADAS%20EN%20WSN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

21.- **Mundo Drone;** *Cuando se inventaron los Drones?, Historia de los Drones*; [Blog]; (2014); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://mundrone.blogspot.com/p/historia-de-los-drones.html>

22.- **Robot Shop robotics at your serviciel.;** *Arduino Mega 2560 Datasheet*; [En línea]; [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.robotshop.com/media/files/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf>

23.- **Rueda, A.;** *Imágenes de la nasa muestran extensa columna de gas volcánico sobre Costa Rica*; [Blog]; (01-11-2014); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.ameliarueda.com/nota/imagenes-de-la-nasa-muestran-columna-de-gas-volcanico-de-8-km-sobre-costa-r>

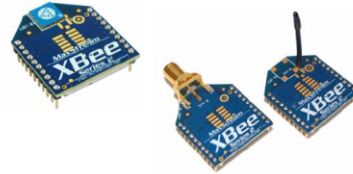
24.- **Texas Instruments.;** *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*; [En línea]; (08-2016); [Citado en: enero de 2017]; Disponible en: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Datasheet Xbee

XBee™ Series 2 OEM RF Modules

XBee Series 2 OEM RF Modules
ZigBee™ Networks
RF Module Operation
RF Module Configuration
Appendices



Product Manual v1.x.1x - ZigBee Protocol
For OEM RF Module Part Numbers: XB24-BxIT-00x

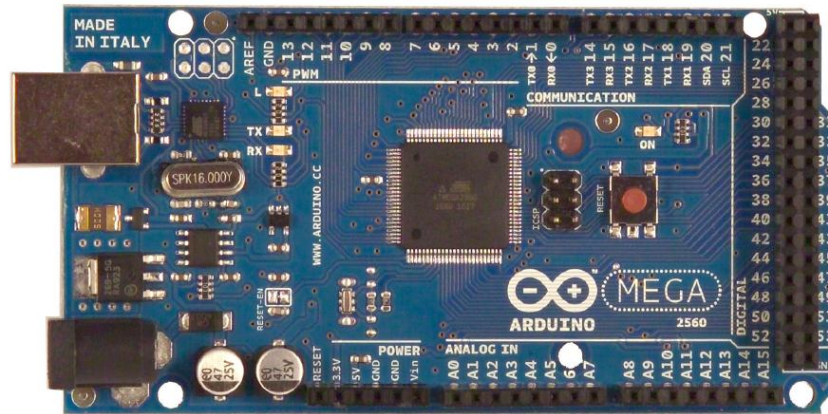
ZigBee OEM RF Modules by MaxStream, Inc. - a Digi International brand
Firmware Versions: 1.0xx - Coordinator, Transparent Operation
1.1xx - Coordinator, API Operation
1.2xx - Router, End Device, Transparent Operation
1.3xx - Router, End Device, API Operation

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Window

Contents

1. XBee Series 2 OEM RF Modules	4	5. XBee Series 2 Command Reference Tables	29
1.1. Key Features	4	6. API Operation	35
1.1.1. Worldwide Acceptance	4	6.0.1. API Frame Specifications	35
1.2. Specifications	5	6.0.2. API Types	36
1.3. Mechanical Drawings	6	7. Examples	45
1.4. Mounting Considerations	6	7.0.1. Starting an XBee Network	45
1.5. Pin Signals	7	7.0.2. AT Command Programming Examples	46
1.6. Electrical Characteristics	8	8. Manufacturing Support	47
2. RF Module Operation	9	8.1. Interoperability with other EM250 Devices	47
2.1. Serial Communications	9	8.1.1. XBee Data Transmission and Reception	47
2.1.1. UART Data Flow	9	8.1.2. Customizing XBee Default Parameters	47
2.1.2. Serial Buffers	9	8.1.3. XBee Series 2 Custom Bootloader	47
2.1.3. Transparent Operation	11	Appendix A: Definitions	48
2.1.4. API Operation	11	Appendix B: Migrating from the 802.15.4 Protocol	50
2.2. Modes of Operation	12	Appendix C: Agency Certifications	51
2.2.1. Idle Mode	12	Appendix D: Development Guide	52
2.2.2. Transmit Mode	12	Appendix E: Additional Information	60
2.2.3. Receive Mode	13		
2.2.4. Command Mode	13		
3. ZigBee Networks	15		
3.1. ZigBee Network Formation	15		
3.1.1. Starting a ZigBee Coordinator	15		
3.1.2. Joining a Router	15		
3.1.3. Joining an End Device	16		
3.2. ZigBee Network Communications	17		
3.2.1. ZigBee Device Addressing	17		
3.2.2. ZigBee Application-layer Addressing	17		
3.2.3. Data Transmission and Routing	18		
4. XBee Series 2 Network Formation	20		
4.1. XBee Series 2 Network Formation	20		
4.1.1. Starting an XBee Series 2 Coordinator	20		
4.1.2. Joining an XBee Series 2 Router to an existing PAN	20		
4.1.3. Joining an XBee Series 2 End Device to an Existing PAN	20		
4.1.4. Network Reset	21		
4.2. XBee Series 2 Addressing	22		
4.2.1. Device Addressing	22		
4.2.2. Application-layer Addressing	23		
4.2.3. XBee Series 2 Endpoint Table	25		
4.3. Advanced Network Features	26		

Arduino Mega 2560 Datasheet



Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

XBee Shield V1.1

-XBee module to Serial Port Module Shield

Overview



Features

- Double shield interfaces compatible with Arduino or IFlat-32 for easy cascading
- 3 indicator (ON/SLEEP, RSSI, ASS)* LED for XBee
- Provide maximal 500mA under 3.3V
- Full 2.54mm break out for XBee
- Switchable of communication with FTDI-USB or Arduino with HardwareSerial or SoftwareSerial

*RSSI: Receiver Signal Strength Indication

ASS : Association

Specifications

PCB size	54.9mm X 58.8mm X 1.6mm
Indicators	PWR State, DI, DO, RSSI, ON, ASS
Power supply	5V DC
Communication Protocol	UART/XBee
RoSH	Yes

Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	4.5	5	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Current Consumption	-	20	40	mA

Anexo E. Datasheet LM35

SNIS159G – AUGUST 1999 – REVISED AUGUST 2016

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

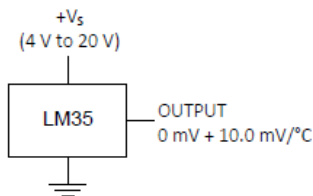
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full -55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a -55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a -40°C to 110°C range (-10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information⁽¹⁾

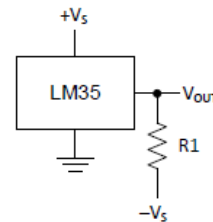
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

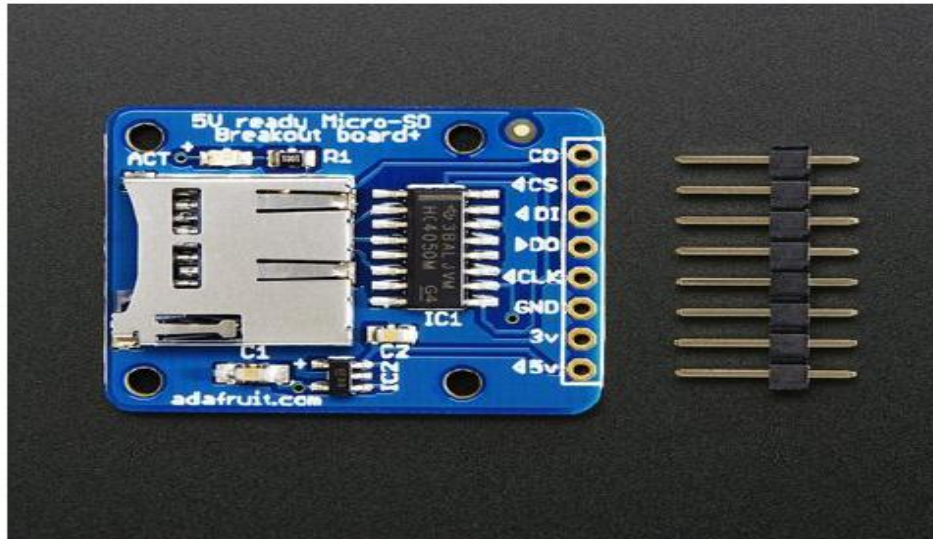
Pin Functions

NAME	PIN				TYPE	DESCRIPTION
	TO46	TO92	TO220	SO8		
V_{OUT}	—	—	—	1	O	Temperature Sensor Analog Output
N.C.	—	—	—	2	—	No Connection
	—	—	—	3		
GND	—	—	—	4	GROUND	Device ground pin, connect to power supply negative terminal
N.C.	—	—	—	5	—	No Connection
	—	—	—	6		
	—	—	—	7		
$+V_S$	—	—	—	8	POWER	Positive power supply pin

Anexo F. Datasheet SD Card

Micro SD Card Breakout Board Tutorial

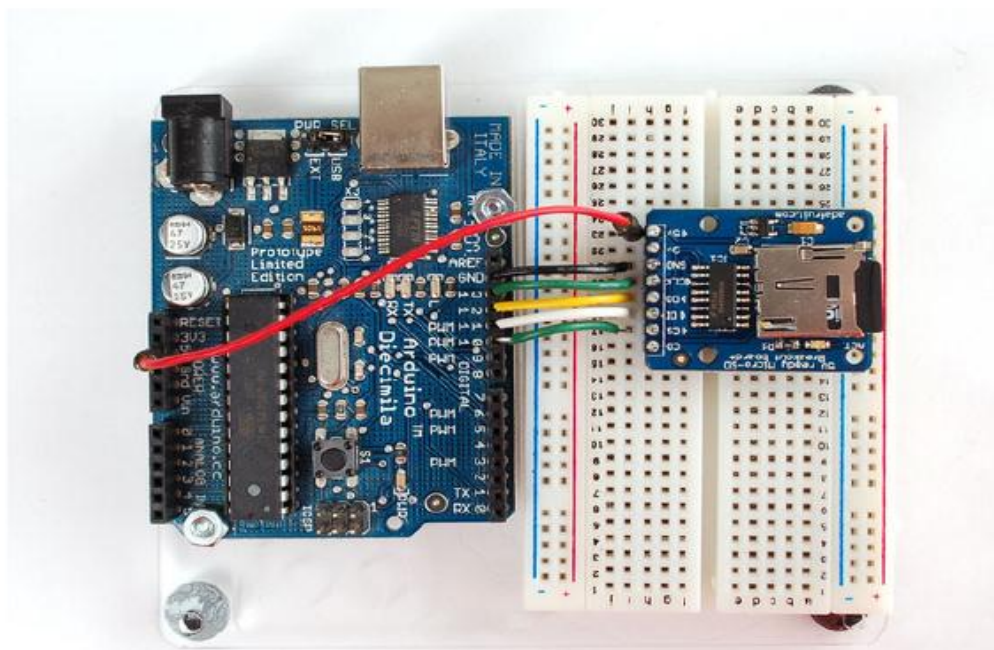
Created by lady ada



Last updated on 2017-01-09 05:39:14 PM UTC

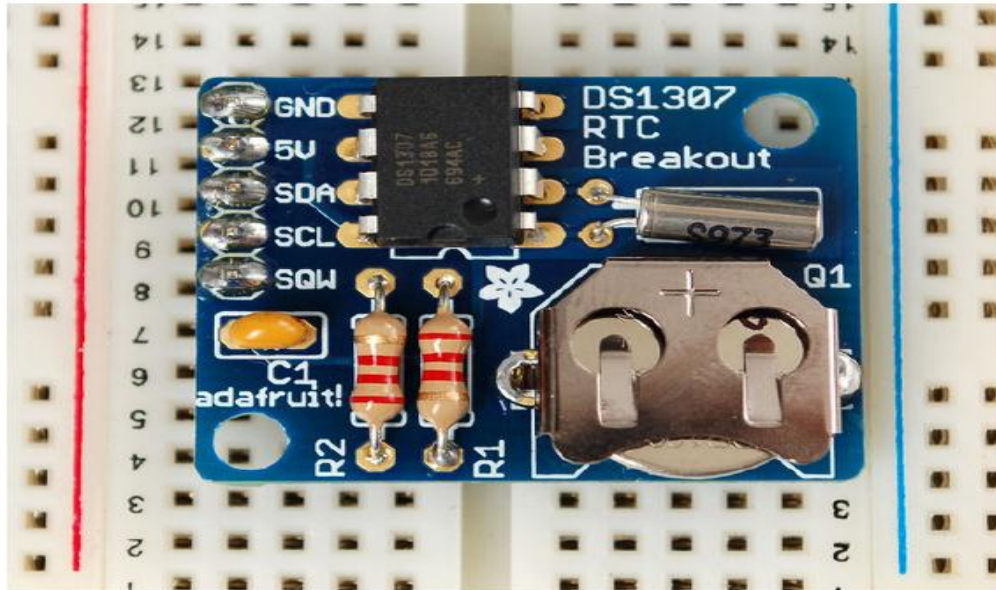
- Connect the **5V** pin to the **5V** pin on the Arduino
- Connect the **GND** pin to the **GND** pin on the Arduino
- Connect **CLK** to pin **13** or **52**
- Connect **DO** to pin **12** or **50**
- Connect **DI** to pin **11** or **51**
- Connect **CS** to pin **10** or **53**

There's one more pin **CD** - this is the Card Detect pin. It shorts to ground when a card is inserted. You should connect a pull up resistor (10K or so) and wire this to another pin if you want to detect when a card is inserted. We won't be using it for now.



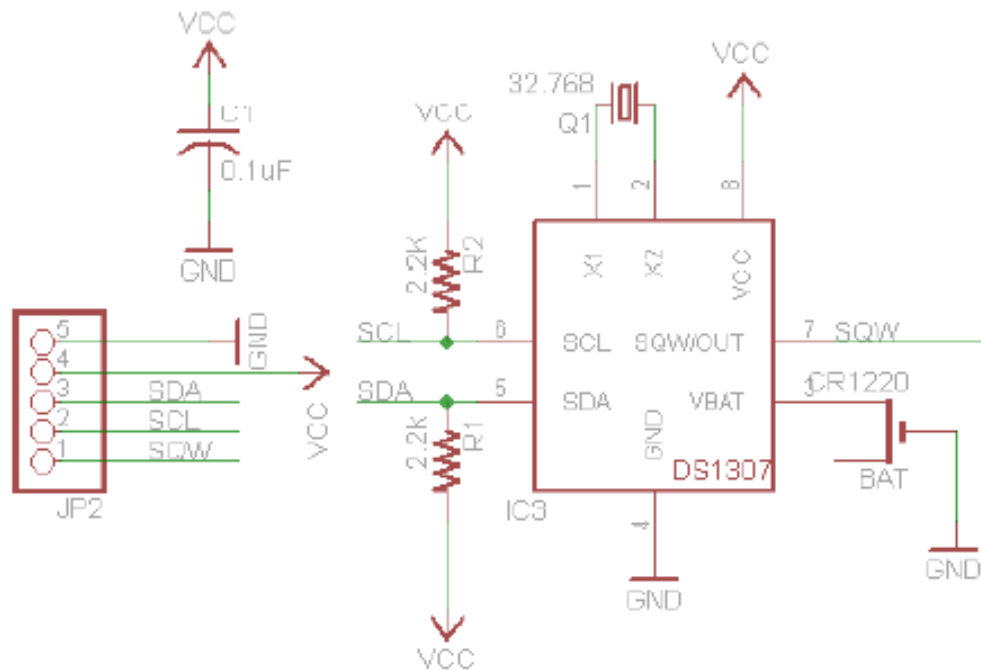
Anexo G. Datasheet RTC

Overview



This is a great battery-backed real time clock (RTC) that allows your microcontroller project to keep track of time even if it is reprogrammed, or if the power is lost. Perfect for datalogging, clock-building, time stamping, timers and alarms, etc. The DS1307 is the most popular RTC, and works best with 5V-based chips such as the Arduino.

Schematic



CX-20

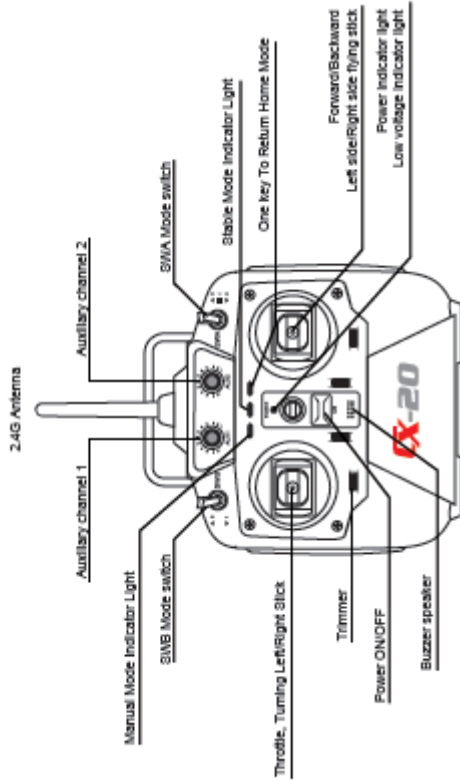
Auto-Pathfinder 6 - Axis System

USER MANUAL



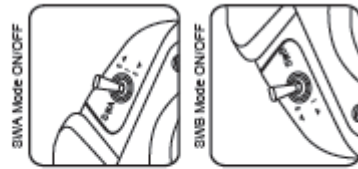
3 The transmitter functions and general settings (Mode 2)

1 The transmitter introduction



2 Transmitter Mode setting. (the CX-20 the example)

Mode type	SWA Setting	SWB Setting
Manual Mode	0	0
Stable Mode	1	0
Flight Direction Locked Mode	1	1
Altitude Sensor Mode	2	1
One Key To Return Home Mode	2	0



NOTE: No matter indoor or outdoor , to set the transmitter in Manual Mode before flying.