

INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

TESIS DE GRADO

César Jácome

2013



E S P E

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA**





INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA TIPO MESH, PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE RIEGOS EN UNA AMPLIA GAMA DE SECTORES Y CULTIVOS (AGRÍCOLA O FLORÍCOLA) DEL CANTÓN PUJILÍ-BARRIO DANZAPAMBA”.



OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un prototipo de red inalámbrica tipo mesh que sea segura, confiable, fácil de usar, de bajo consumo de energía y de bajo costo, para el monitoreo y control de riegos en una amplia gama de sectores y cultivos del Cantón Pujilí-Barrio Danzapamba”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS



- Determinar las ventajas, desventajas y campo de aplicación de la tecnología zigbee ante las demás tecnologías como Bluetooth y Wi-fi.
- Analizar y determinar el tipo de control que satisface de mejor manera las exigencias de control de dicho proyecto.
- Analizar y seleccionar el actuador, los sensores y módulos zigbee que intervendrán en el sistema de riego.
- Diseñar e implementar la red inalámbrica tipo mesh y su respectiva interfaz HMI, encargada de almacenar y procesar datos, para posteriormente tomar y ejecutar decisiones sobre los dispositivos.
- Realizar pruebas de funcionamiento, para el ajuste del prototipo si lo amerita.



ANTECEDENTES

- Las tecnologías inalámbricas han adoptado con el paso del tiempo una manera más sencilla y cómoda de utilizar toda clase de dispositivos con el fin de mejorar el confort, seguridad y las comunicaciones en general.



ANTECEDENTES



- o La tecnología ZigBee, se basa en el estándar IEEE 802.15.4. Por lo que es ideal para conexiones con diversos tipos de topología.
- o ZigBee comunica una serie de dispositivos haciendo que trabajen más eficientemente entre sí. Su objetivo son las aplicaciones para redes Wireless.
- o Zigbee es la tecnología inalámbrica del futuro, ya que no tiene competencia con las tecnologías existentes, debido a que se las puede utilizar en aplicaciones industriales, médicas y científicas (ISM).





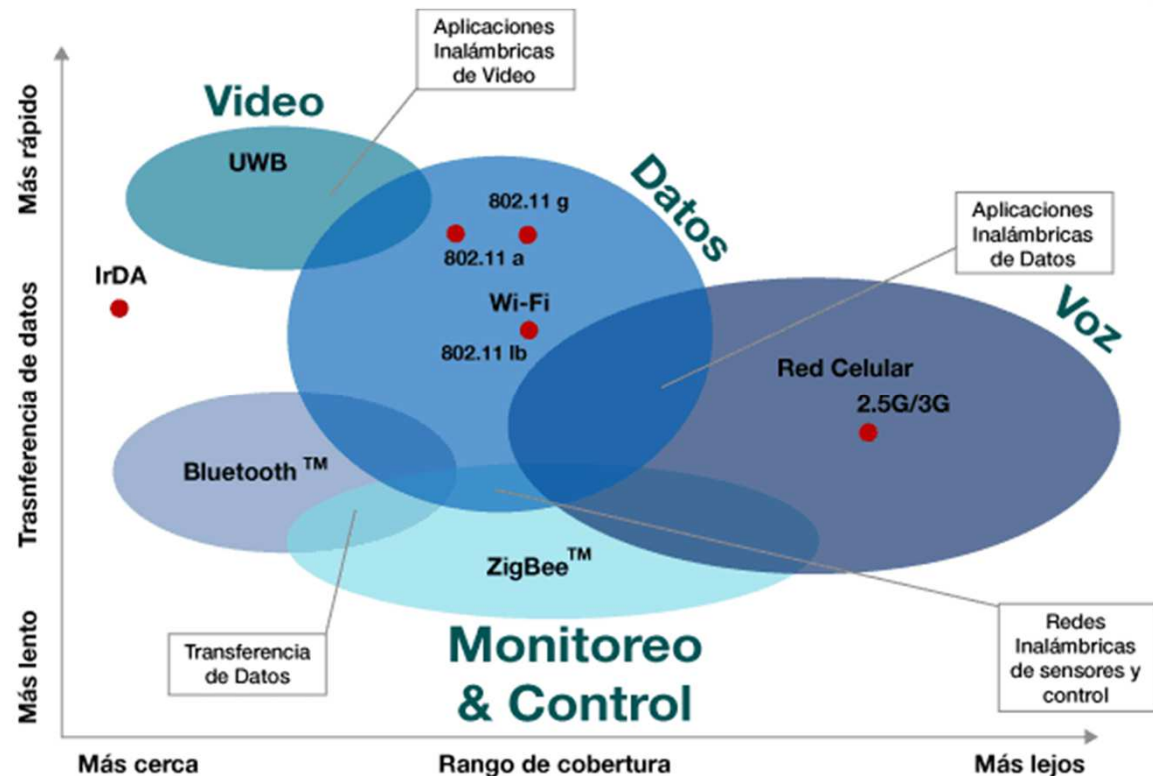
VENTAJAS DE ZIGBEE

- Opera en banda libre ISM de 2.4 GHz para conexiones inalámbricas, a nivel mundial.
- Velocidad de transmisión hasta los 250 kb/s.
- Reduce tiempos de espera, en el envío y recepción de paquetes.
- Soporta hasta 255 nodos, por red.
- Son baratos, de construcción más sencilla y de bajo consumo de energía.
- Soporta diferentes topologías de red como: Estrella, árbol y malla.

DESVENTAJAS DE ZIGBEE



- La tasa de transferencia es muy baja.
- Solo manipula textos pequeños.
- Tiene menor cobertura, ya que pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.



TIPOS DE DISPOSITIVOS



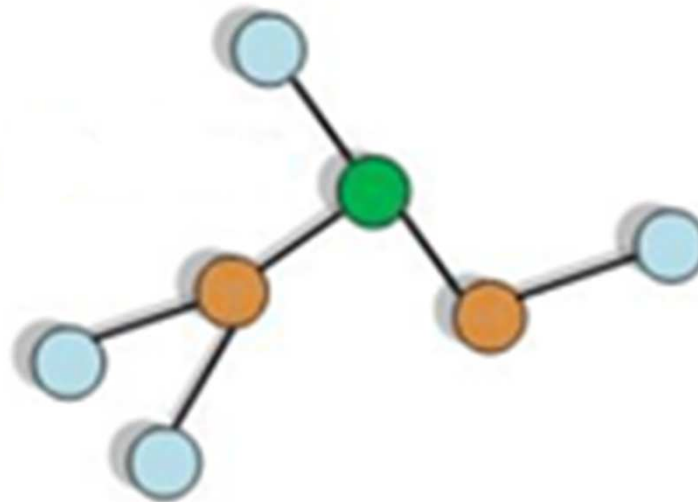
o **Coordinador ZigBee (ZC)**



o **Router ZigBee (ZR)**

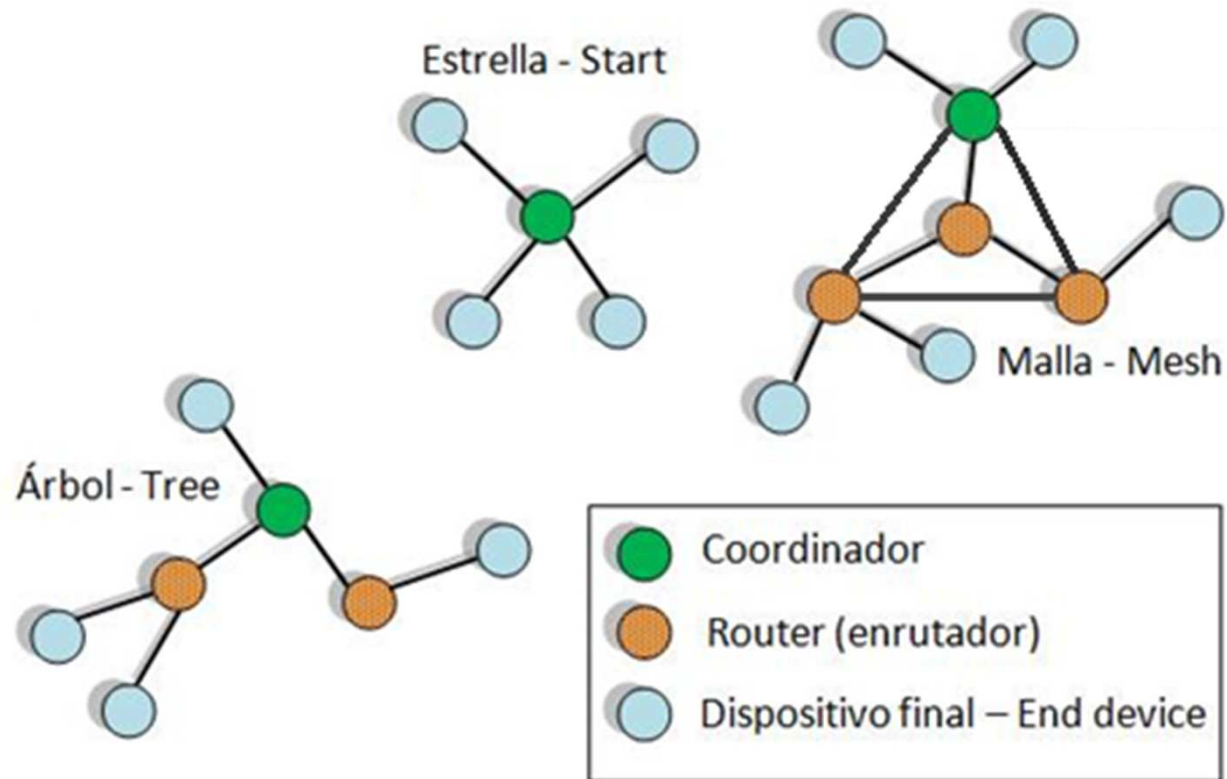


o **Dispositivo final (ZED)**





TOPOLOGÍAS DE RED ZIGBEE

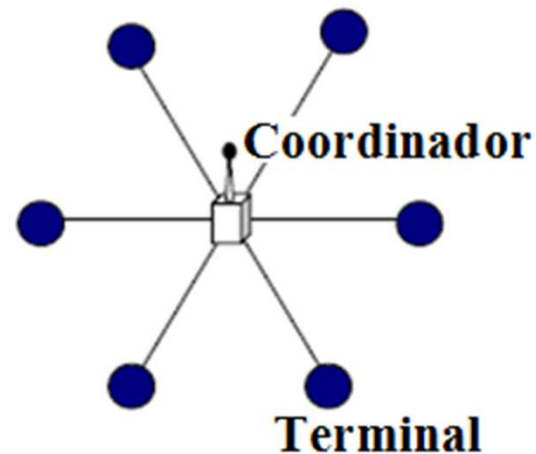




TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

- o La comunicación es centralizada.
- o Tiene un único nodo coordinador y los demás son dispositivos finales.

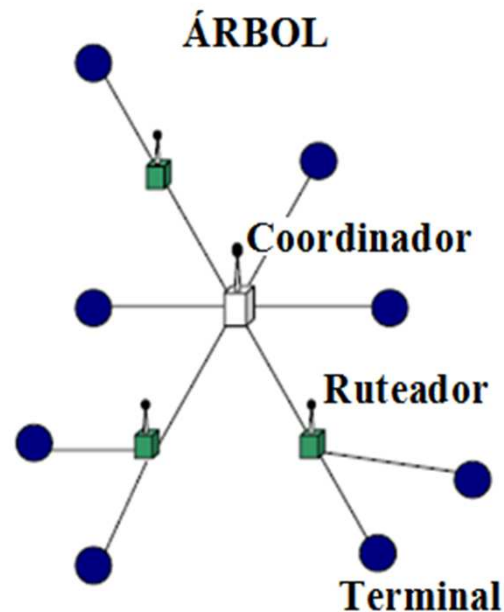
ESTRELLA



TOPOLOGÍA ÁRBOL



- El coordinador es la raíz del árbol y establece la red.
- Los routers son los encargados de formar las ramas del árbol y transmitir los mensajes.
- Los dispositivos finales actúan como hojas del árbol y pueden unirse unos con otros mediante un router.

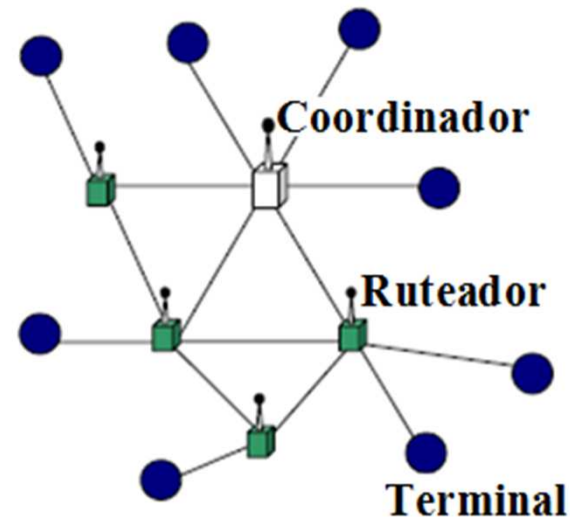


TOPOLOGÍA MESH



- Hay conectividad total de todos los FFDs que conforman la red con el coordinador.
- Los RFDs pueden también participar en la red pero hay solamente conectividad con los FFD y no puede participar en enrutamiento.

MALLA





APLICACIONES DE ZIGBEE

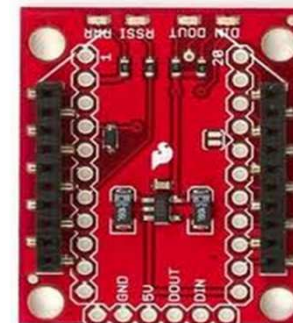




MATERIALES UTILIZADOS

○ XBEE EXPLORADOR REGULADO

Se encarga de la regulación de 5v a 3.3V, acondicionamiento de señales y de los indicadores básicos de actividad.



○ XBEE EXPLORADOR USB

Se la utiliza para la configuración de los dispositivos XBee y para establecer una base inalámbrica desde un ordenador.





MATERIALES UTILIZADOS

○ MÓDULO XBEE PRO S2B

Son dispositivos que integran un transmisor/receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.



○ XBEE SHIELD

Permite a una placa Arduino comunicarse de forma inalámbrica utilizando XBee.

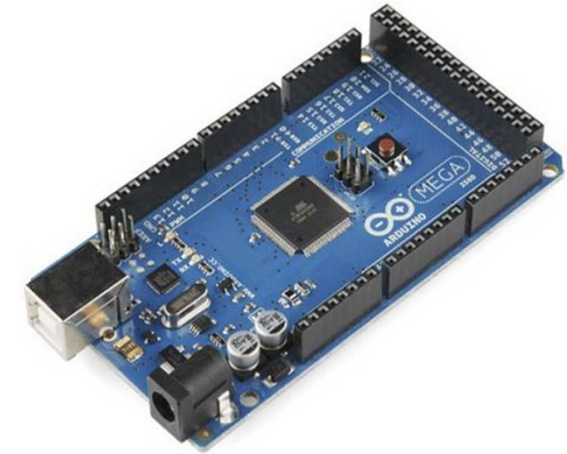




MATERIALES UTILIZADOS

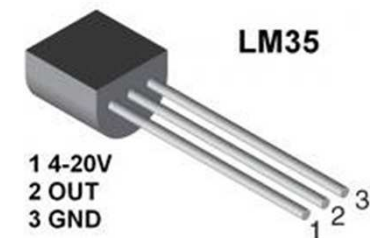
o ARDUINO MEGA 2560 R3

Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.



o LM35

Es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados.

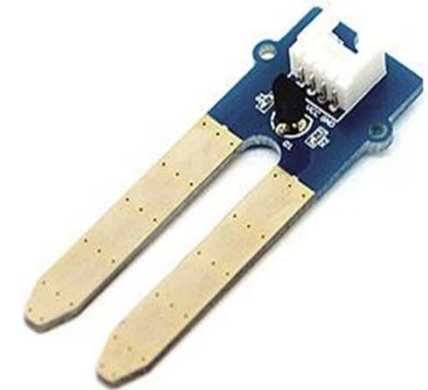




MATERIALES UTILIZADOS

○ SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO

Se lo utiliza para detectar la humedad del suelo o si hay agua alrededor del sensor.



○ ELECTROVÁLVULA

Es una válvula solenoide, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.



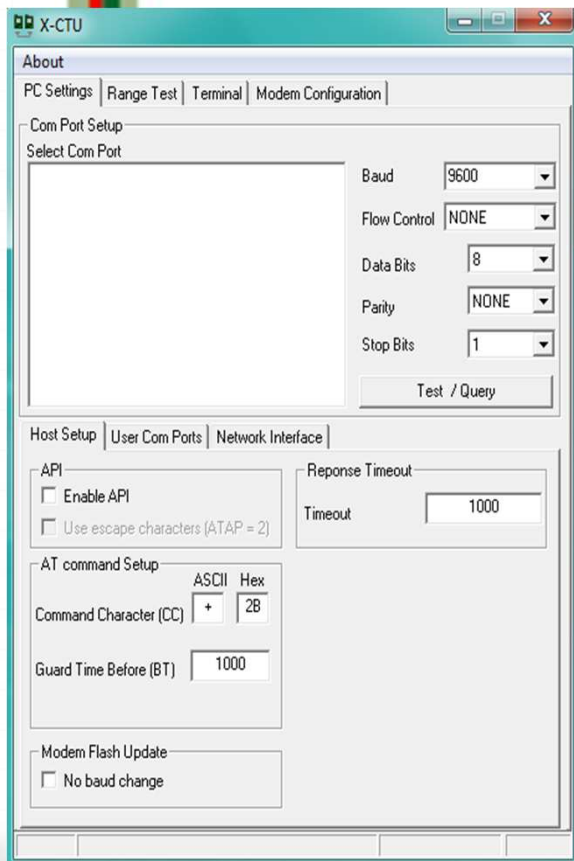
MATERIALES EXTRAS



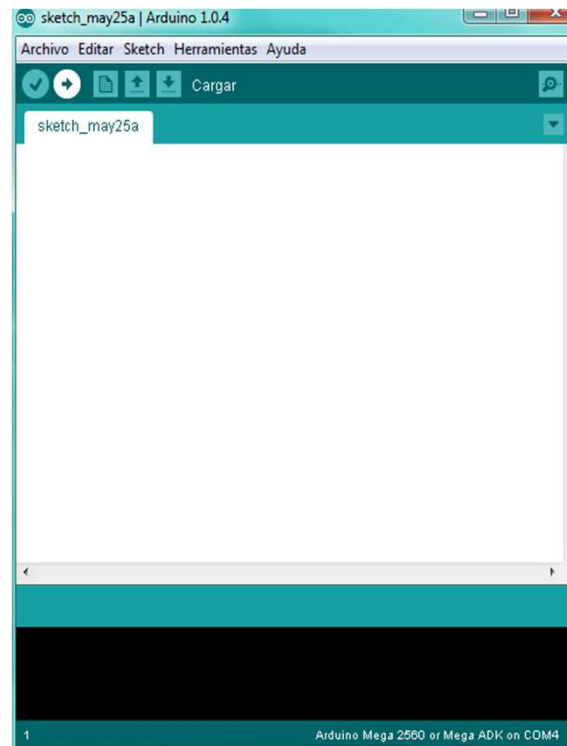
SOFTWARES UTILIZADOS



X-CTU



ARDUINO



LABVIEW





DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

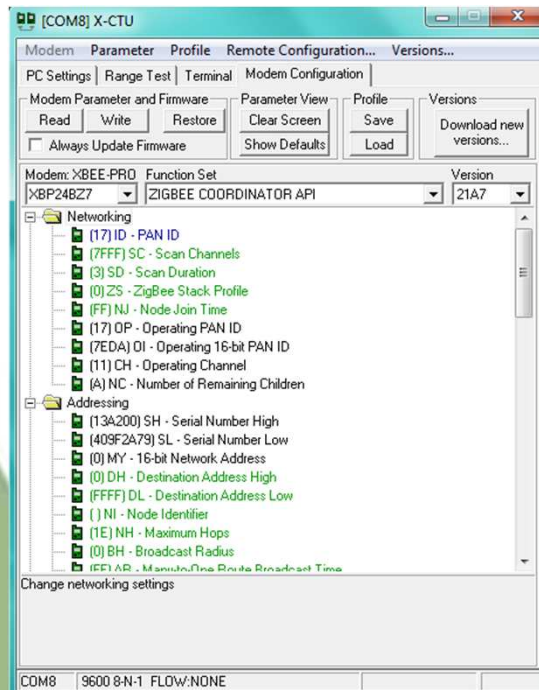
NODO COORDINADOR



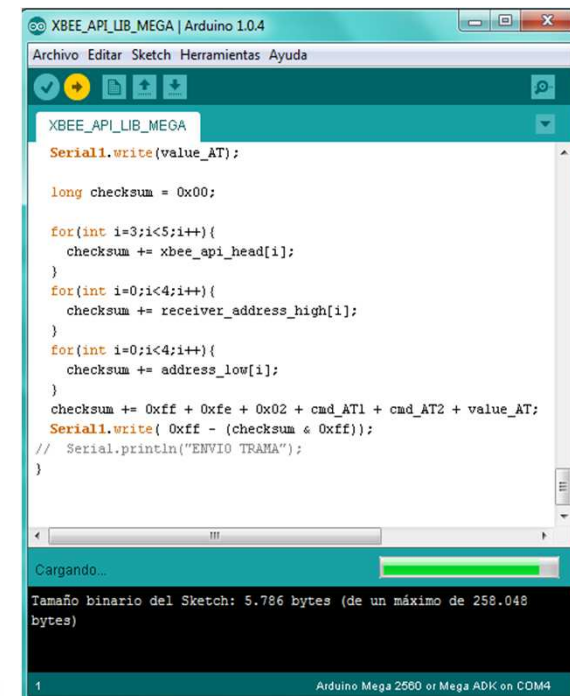
DIAGRAMA DE BLOQUES



CONFIGURACIÓN DEL XBEE



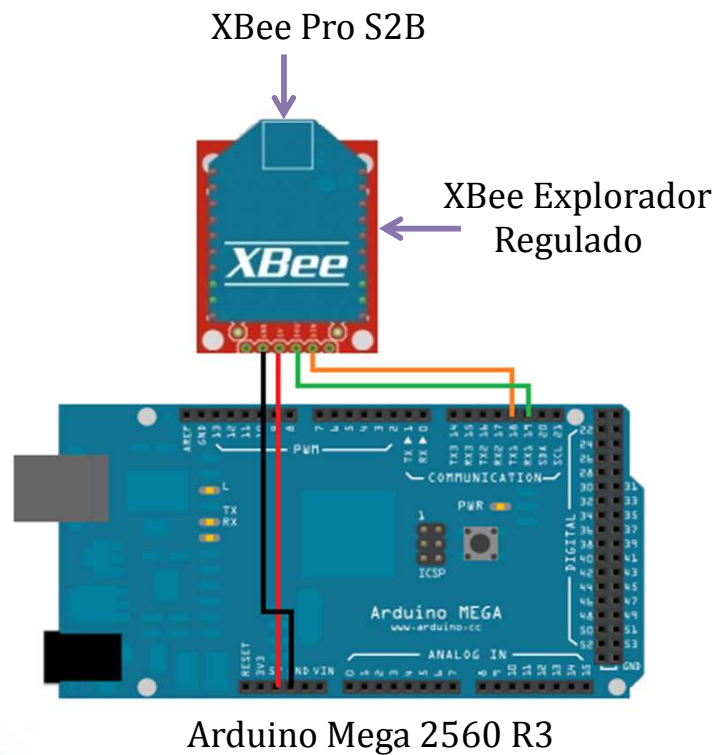
PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO



NODO COORDINADOR



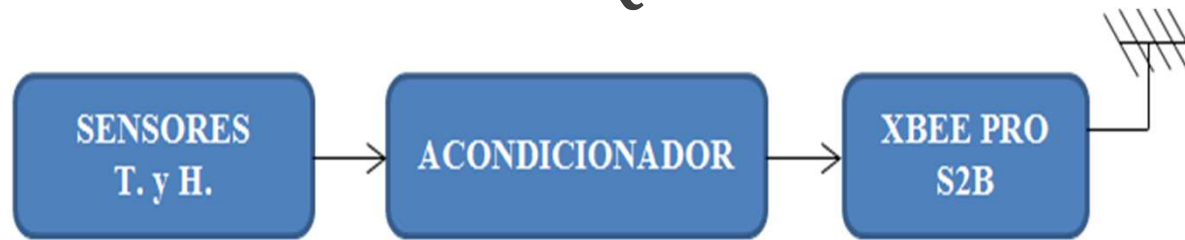
CONEXIÓN



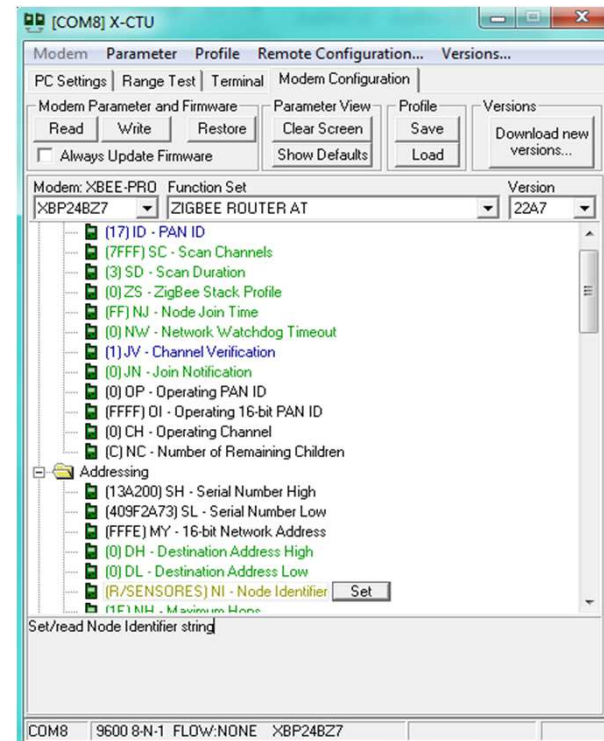
NODO ROUTER/SENSOR



DIAGRAMA DE BLOQUES



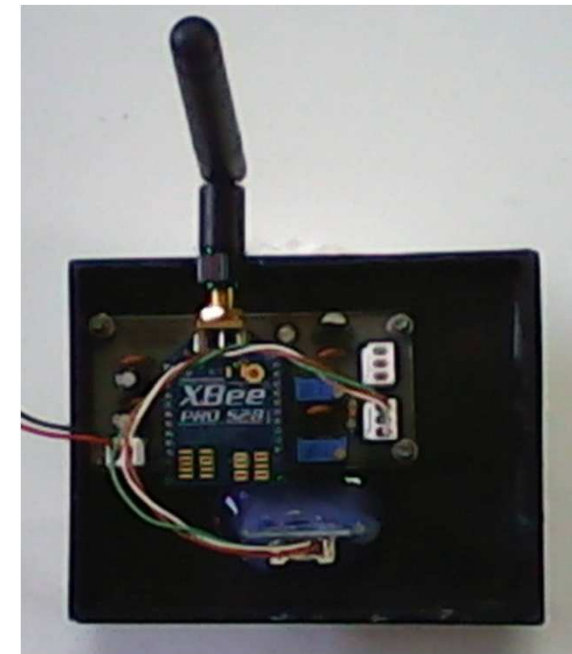
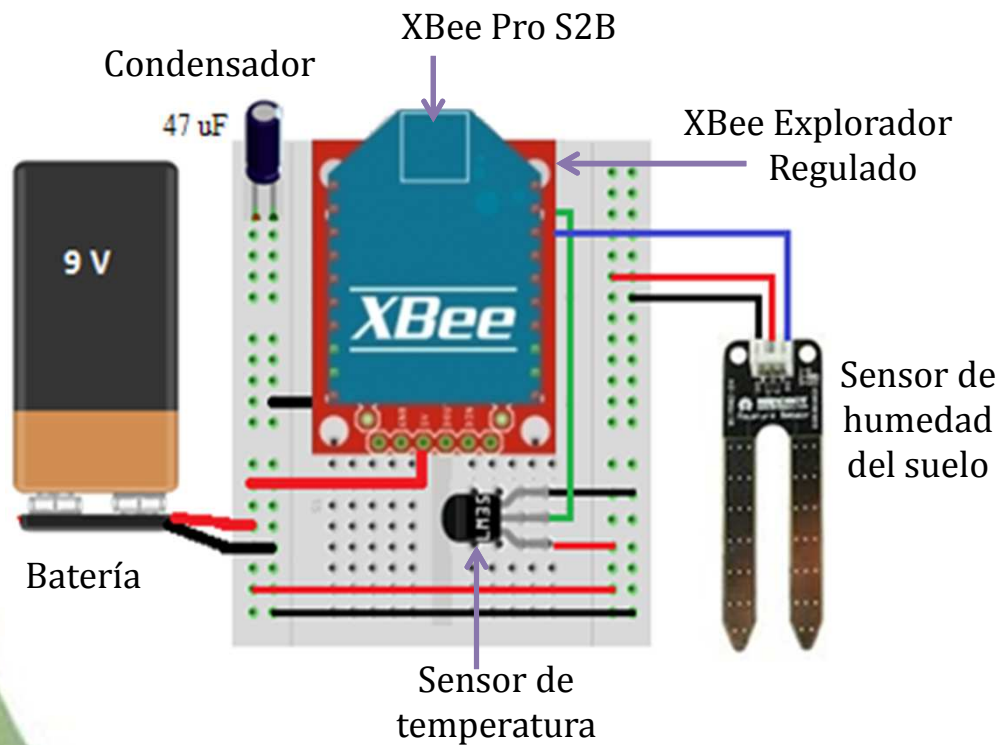
CONFIGURACIÓN DEL XBEE



NODO ROUTER/SENSOR



CONEXIÓN



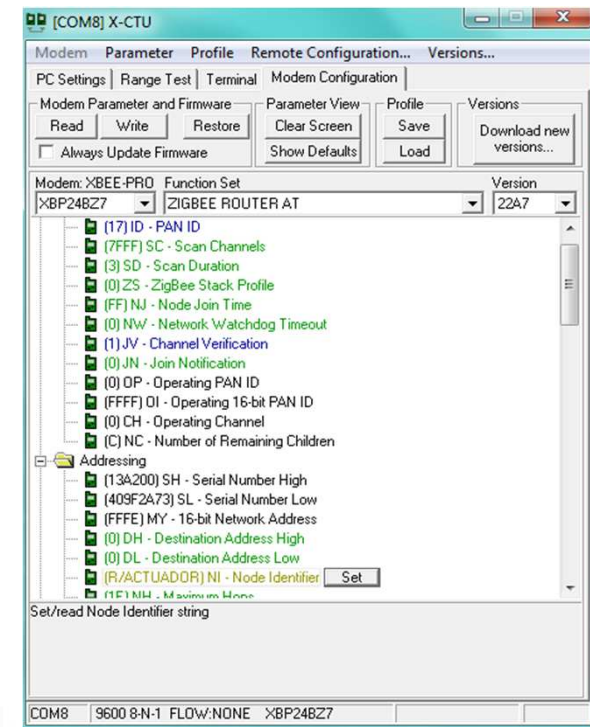
NODO ROUTER/ACTUADOR



DIAGRAMA DE BLOQUES



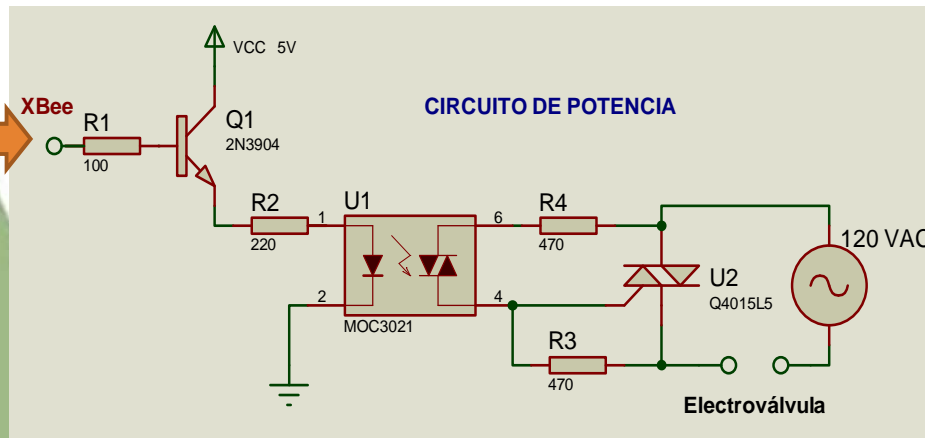
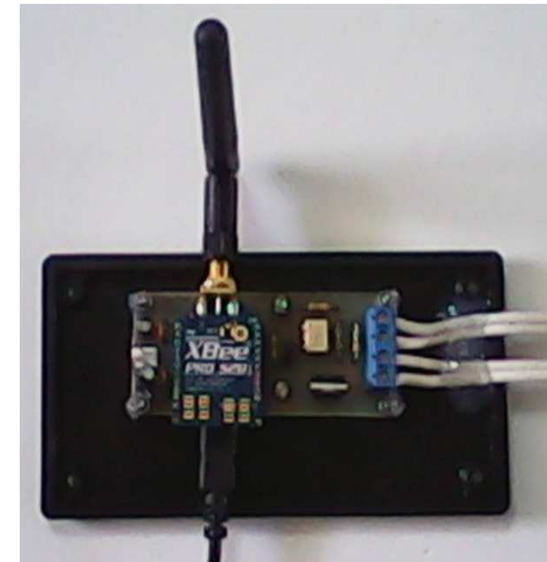
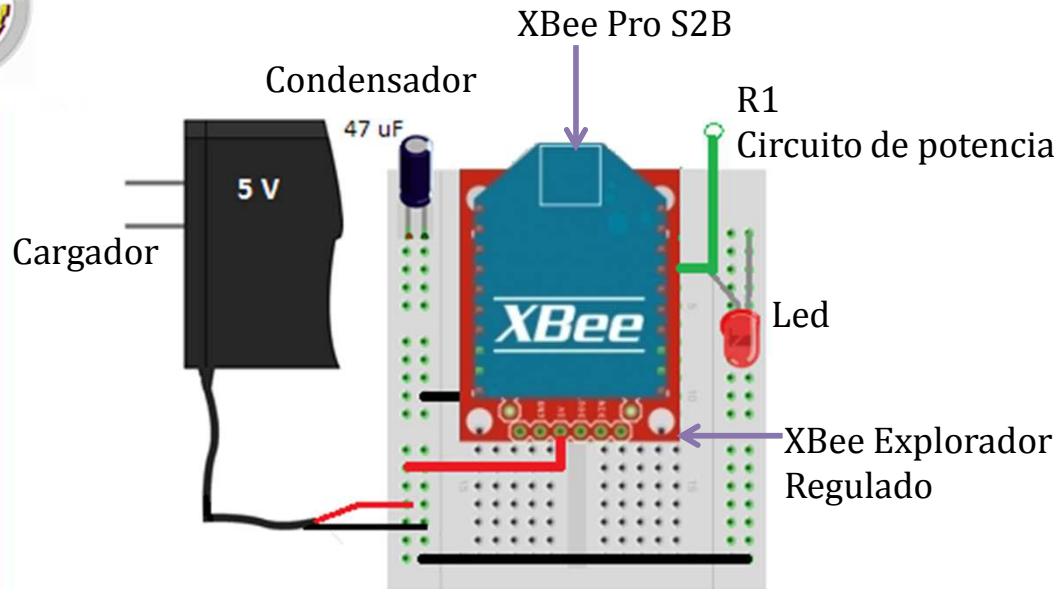
CONFIGURACIÓN DEL XBEE



NODO ROUTER/ACTUADOR



CONEXIÓN



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI



○ PANTALLA DE INICIO

MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO
MEDIANTE UNA RED ZIGBEE TIPO MESH

César Jácome



E S P E
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



LOGIN

Usuario

PASSWORD

OK

Cancelar/Salir



SISTEMA

UNIDAD DE CONTROL

LabView



Coordinador

RED MESH

Sensores



Dispositivo Final

Router

Aspersor

Electroválvula

RIEGO POR ASPERSIÓN



CULTIVOS



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI



○ PANTALLA DE MONITOREO Y CONTROL

MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE UNA RED ZIGBEE TIPO MESH
César Jácome

ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

LOGIN
Usuario:
PASSWORD:
OK Cancelar/Salir

FECHA
09/05/2013
HORA
10:25:09
PORT NAME
COM4
START STOP

TEMPERATURA °C 17,7
Amplitud vs Time (386-486)

HUMEDAD cB 0,00
Amplitud vs Time (386-486)

Termómetro
T. Alta T. Baja

Higrómetro
H. Alta H. Baja

MODO
AUTOMÁTICO (seleccionado) MANUAL

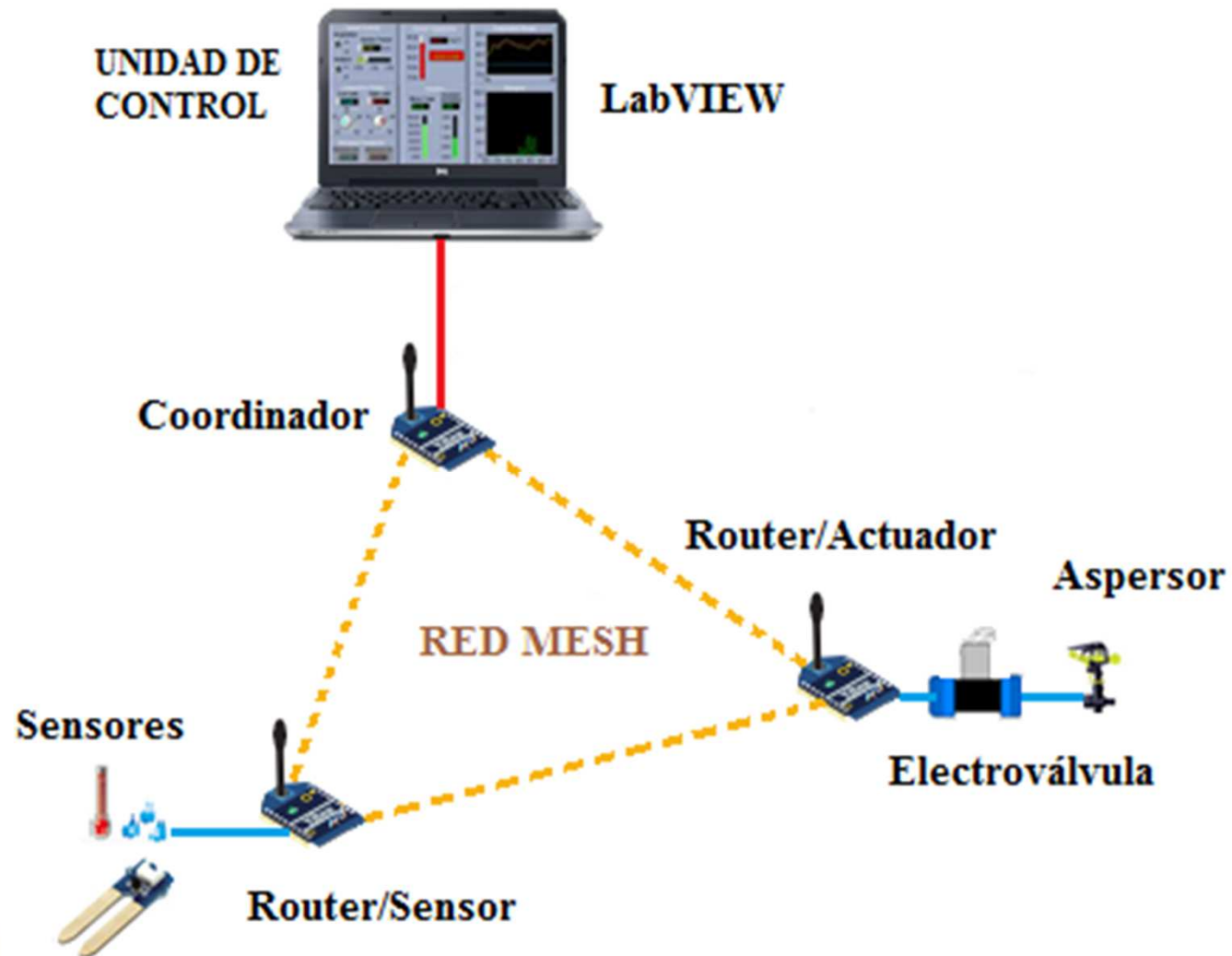
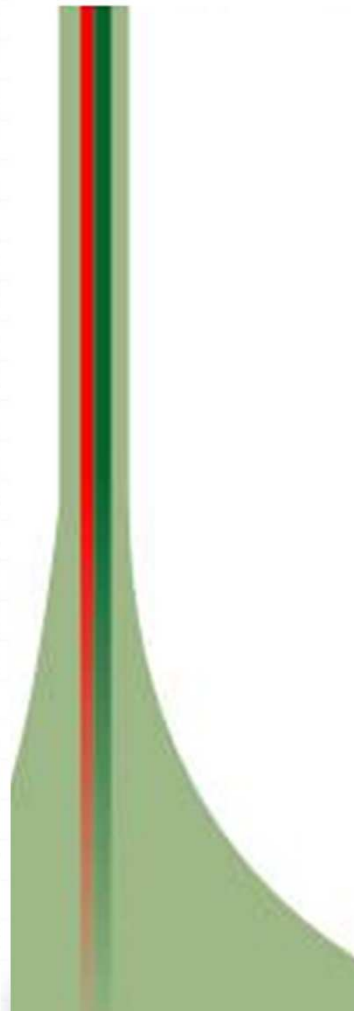
SET POINT
HUMEDAD TEMPERATURA
20-10 (Humedad) 30-10 (Temperatura)

ENVÍO COMANDO
B
ELECTROVÁLVULA

ARCHIVO
C:\Users\Administrador\Desktop\Datos del sistema\DATA_SENSOR.lvm

TRAMA DE COMUNICACIÓN
<<<ESPEL&0&0&177&4&5&>>

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL PROYECTO



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



○ Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo de red inalámbrica tipo mesh, para el monitoreo y control de riegos, se utilizó el sector agrícola con cultivos de maíz y tomate de árbol.

○ Para lo cual se presenta los siguientes pasos:

1. Preparación del terreno.
2. Sembrado del maíz.
3. Sembrado de las plantas de tomate de árbol.
4. Instalación del riego por aspersión.
5. Colocación de los módulos XBee en la zona a controlar.
6. Implementación de la red.
7. Ejecución de la interfaz HMI.

EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



1. PREPARACIÓN DEL TERRENO



2. SEMBRADO DEL MAÍZ



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



3. SEMBRADO DE LAS PLANTAS DE TOMATE DE ÁRBOL



4. INSTALACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



5. COLOCACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE

o Módulo Coordinador

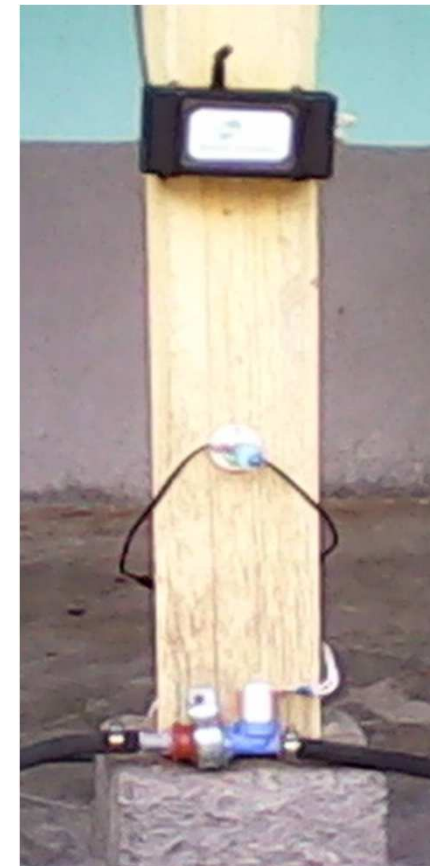


EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



5. COLOCACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE

o Módulo Router/Actuador



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



5. COLOCACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE

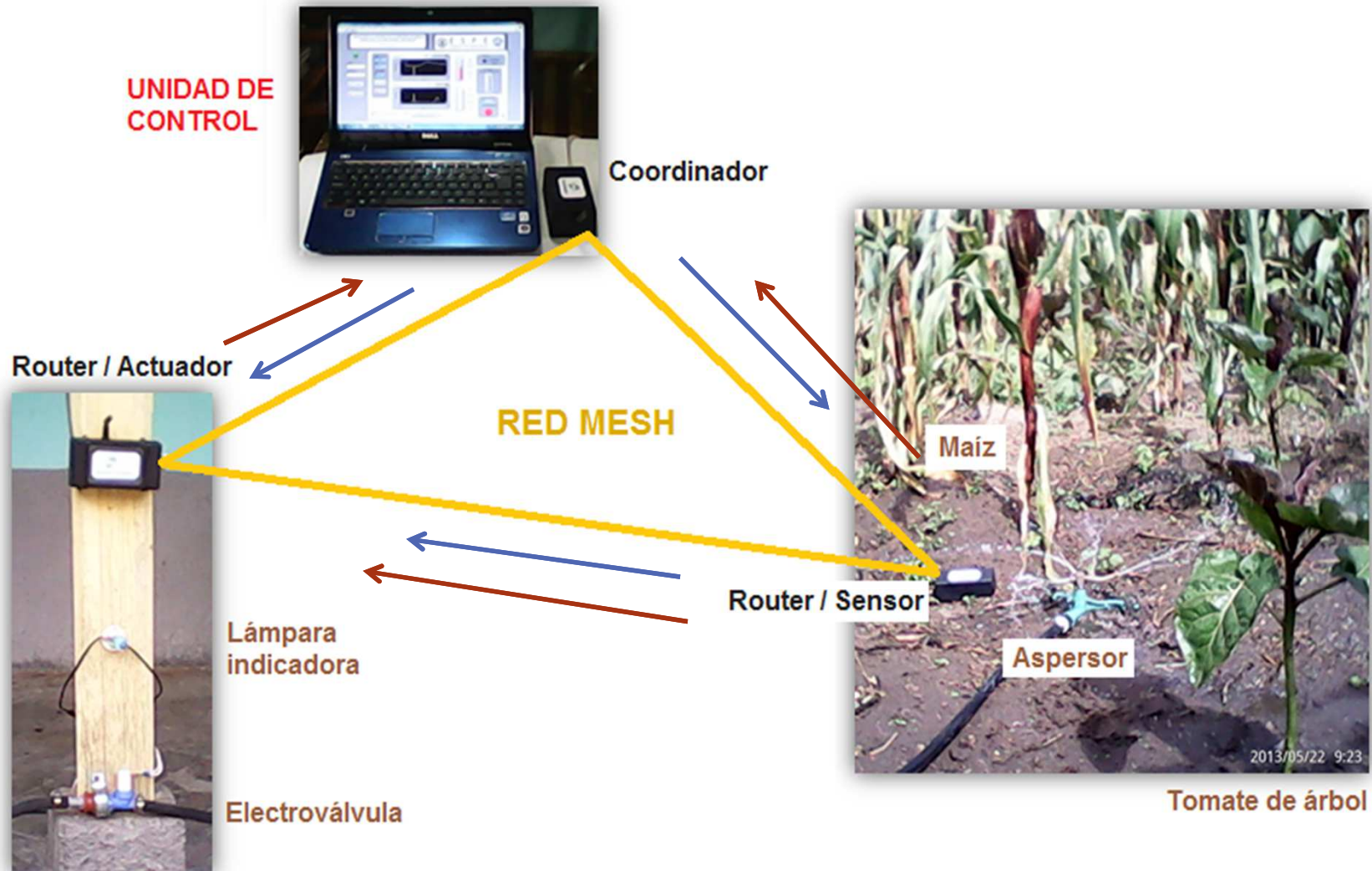
o Módulo Router/Sensor



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



6. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED



EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



7. EJECUCIÓN DE LA INTERFAZ HMI DESDE LABVIEW

o Modo Automático

**MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO
MEDIANTE UNA RED ZIGBEE TIPO MESH**
César Jácome

ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

LOGIN
Usuario

PASSWORD

OK

Cancelar/Salir

FECHA: 09/05/2013
HORA: 10:25:09
PORT NAME: COM4

START

STOP

TEMPERATURA °C 17,7

TEMPERATURA

Amplitud vs Time

HUMEDAD cB 0,00

HUMEDAD

Amplitud vs Time

Termómetro

T. Alta

T. Baja

Higrómetro

H. Alta

H. Baja

MODO

AUTOMÁTICO

MANUAL

SET POINT

HUMEDAD

TEMPERATURA

ENVÍO COMANDO

B

ELECTROVÁLVULA

ARCHIVO
C:\Users\Administrador\Desktop\Datos del sistema\DATA_SENSOR.lvm

TRAMA DE COMUNICACIÓN
<<<ESPEL&0&0&177&4&5&8>>>

EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



7. EJECUCIÓN DE LA INTERFAZ HMI DESDE LABVIEW

o Modo Manual

**MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO
MEDIANTE UNA RED ZIGBEE TIPO MESH**
César Jácome

ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

LOGIN
Cesar
PASSWORD

OK
Cancelar/Salir

FECHA
26/05/2013
HORA
17:06:05
PORT NAME
COM4
START
STOP

TEMPERATURA °C 21,4
Amplitude vs Time graph

HUMEDAD DEL SUELO cB 23,49
Amplitude vs Time graph

Termómetro
T. Alta
20
T. Baja

Higrómetro
H. Alta
20
H. Baja

MODO
AUTOMÁTICO
MANUAL (selected)

CONTROL MANUAL

ENVÍO COMANDO
A
ELECTROVÁLVULA

ARCHIVO
C:\Users\Administrador\Desktop\Datos del sistema\DATA_SENSOR.lvm

TRAMA DE COMUNICACIÓN
<<<ESPEL&8228;8228;214&4&5&>>

EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO



7. EJECUCIÓN DE LA INTERFAZ HMI DESDE LA WEB

MONITOREO Y CONTROL DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE UNA RED ZIGBEE TIPO MESH - Windows Internet Explorer

http://cesar8000/RED%20MESH.html

ESPEL César Jácome

LOGIN: Cesar
PASSWORD: ***

FECHA: 26/05/2013
HORA: 17:03:37
PORT NAME: %COM4

TEMPERATURA: °C 43,7
HUMEDAD DEL SUELO: cB 0,00

Termómetro: T. Alta, T. Baja
Higrómetro: H. Alta, H. Baja

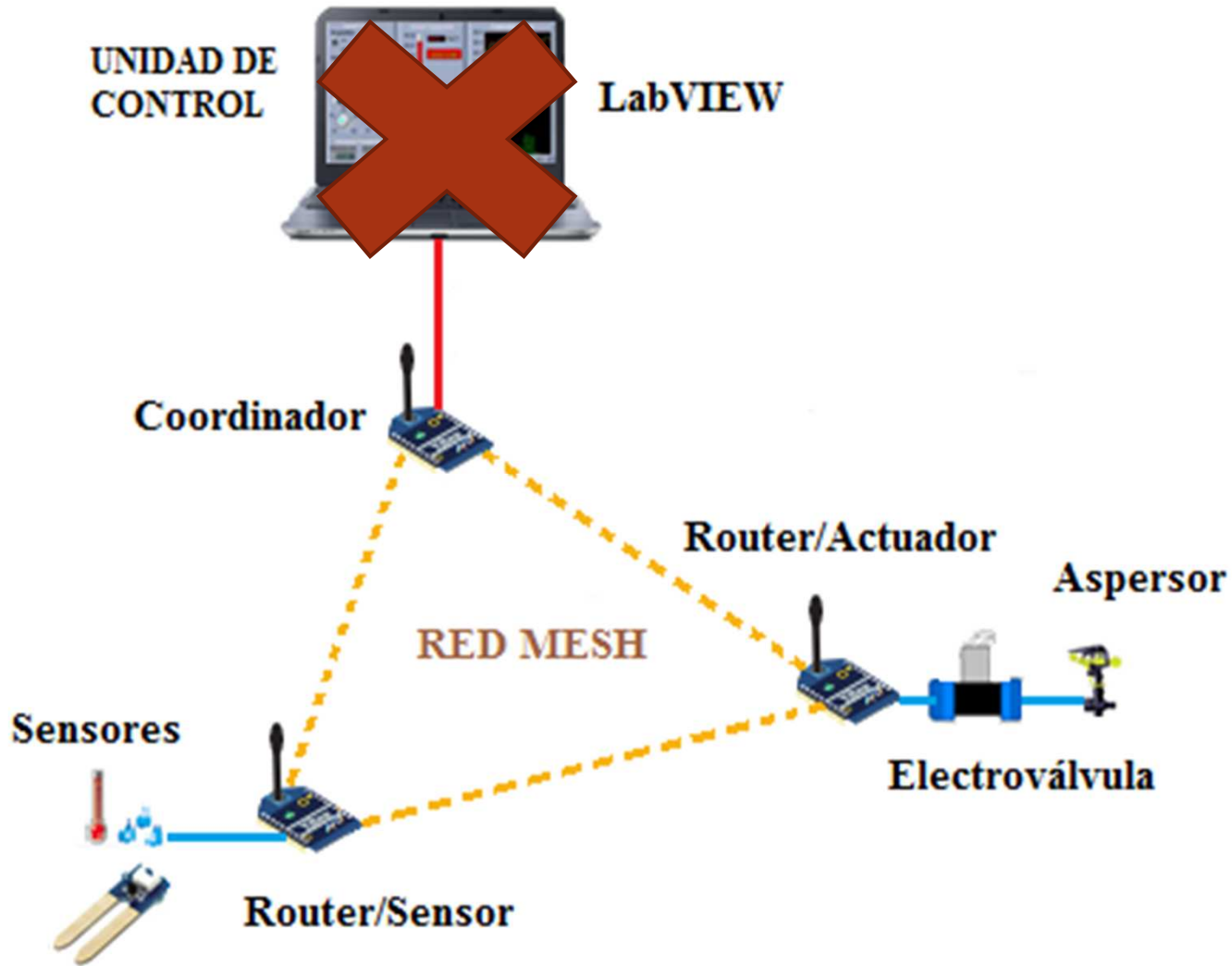
MODO: AUTOMÁTICO, MANUAL

CONTROL MANUAL

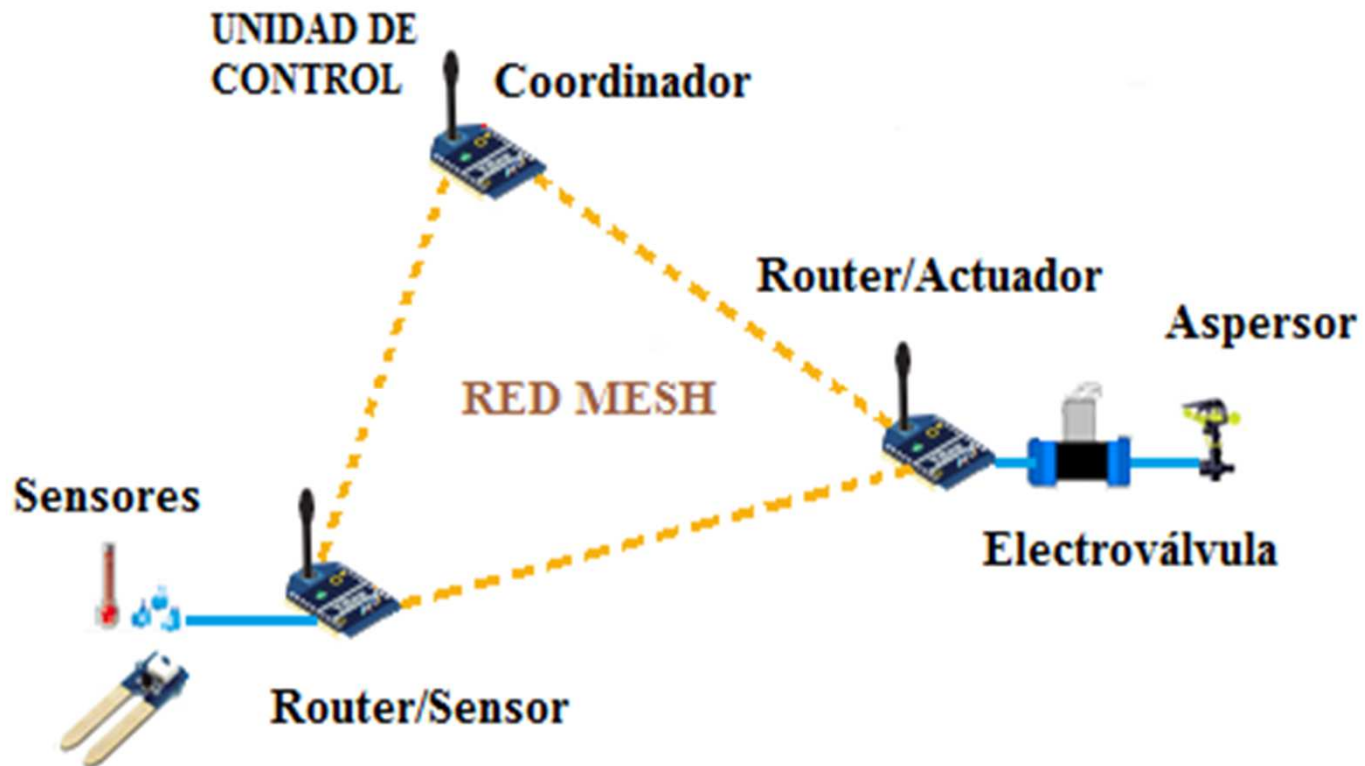
ENVIO COMANDO: B
ELECTROVÁLVULA



MEJORA DEL SISTEMA



MEJORA DEL SISTEMA



RESULTADOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA



- De acuerdo a los resultados de las pruebas efectuadas, se puede afirmar que la realización del proyecto, para el monitoreo y control del sistema de riego, fue todo un éxito; ya que cumple satisfactoriamente con lo requerido por el mismo.



CARACTERÍSTICA PRINCIPAL



- Este proyecto se diferencia de otros por el área a controlar, ya que el mismo no posee un cultivo o tipo de terreno específico donde deba ser implementado un sistema de riego, y más bien busca brindar una amplia gama de posibilidades para su uso.

APLICACIONES POSIBLES DEL SISTEMA DE RIEGO





VENTAJAS DEL PROYECTO

- Fácil de utilizar.
- Es accesible, económicamente.
- Tiene bajo consumo de energía.
- No tiene ningún impacto ambiental.
- Evita el desperdicio innecesario de agua.

CONCLUSIONES



- Se diseñó e implementó un prototipo de red inalámbrica tipo mesh segura, confiable, fácil de usar, de bajo consumo de energía y de bajo costo, para el monitoreo y control de riegos en una amplia gama de sectores y cultivos, a fin de contribuir al mejoramiento de la producción de los mismos.
- Al utilizar la topología mesh se logró que los módulos XBee Pro S2B generen automáticamente la red entre ellos, sin intervención humana alguna, permitiendo así la reparación de la red en caso de que algún nodo falle. Al mismo tiempo la red por sí sola resuelve la mejor ruta para acceder a un punto remoto, utilizando o no un módulo intermedio (router).
- Se diseñó una interfaz HMI muy amigable e intuitiva, para que el usuario pueda tener toda la información necesaria del funcionamiento del sistema de riego de una forma rápida, fácil y sencilla.

CONCLUSIONES



- El uso de aparatos tales como teléfonos inalámbricos, celulares y redes Wi-Fi, entre otros no afectan el desempeño del sistema, por lo que no se presentan pérdidas de datos o información.
- Se determinó que el control On-Off satisface de mejor manera las exigencias presentes en dicho proyecto, ya que su lógica de funcionamiento es muy fácil y sencilla.
- Se comprobó que el tiempo de respuesta también depende del número de nodos y el camino que tome un dispositivo XBee para llegar a su destino dentro de la red mallada.

RECOMENDACIONES



- Se debe ubicar los dispositivos XBee tratando que tengan la mayor línea de vista posible, para garantizar que las comunicaciones sean eficientes. Además estos elementos electrónicos se deben colocarlos en una caja impermeable para protegerlos de agentes externos como lluvia, polvo, etc.
- Para un trabajo a futuro se puede realizar una ampliación y mejora de este sistema, por ejemplo aumentar sensores, actuadores o dependiendo de las necesidades del usuario.



ANEXOS



REVISIÓN DEL PROYECTO

○ MONITOREO Y CONTROL DESDE LA UNIDAD CENTRAL



REVISIÓN DEL PROYECTO



0 DISTANCIA Y FUNCIONAMIENTO EN MODO AUTOMÁTICO Y/O MANUAL



REVISIÓN DEL PROYECTO



○ FUNCIONAMIENTO DE LA RED MESH



PARTICIPACIÓN EN EL CONCURSO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA





CERTIFICADO POR LA PARTICIPACIÓN EN EL VI CONCURSO DE CREATIVIDAD E INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA – INNÓVATE 2013



LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD



CONFIERE EL PRESENTE
CERTIFICADO

CÉSAR AUGUSTO JÁCOME COMINA

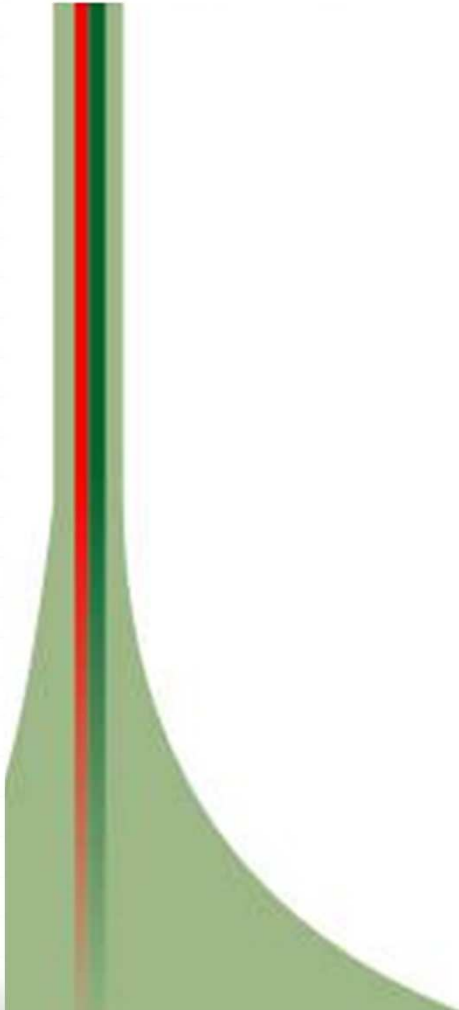
A:

Por su valiosa participación en el "VI CONCURSO DE CREATIVIDAD E INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA - INNÓVATE 2013"
realizado el 5 de junio de 2013, dentro del VIII CONGRESO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA - ESPE 2013

Latacunga, 7 de junio de 2013


Crnl. E.M.C. Mauricio Chávez
RECTOR DE LA ESPE

ENTREGA DEL CERTIFICADO AL SEGUNDO LUGAR EN PROYECTOS DE GRADO



CERTIFICADO POR HABER OBTENIDO EL SEGUNDO LUGAR EN EL VI CONCURSO DE CREATIVIDAD E INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA – INNÓVATE 2013



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Confiere el presente

CERTIFICADO

A César Augusto Jácome Comina

Por haber obtenido el Segundo Lugar en el “VI Concurso de Innovación Científica, Tecnológica y Empresarial – Innóvate 2013”, en la categoría Proyectos y trabajos de graduación y tesis, efectuado como parte del VIII Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE - 2013 (ISSN 1390-4663).

Sangolquí, 7 de junio de 2013

Cmtl. E.M.C. Mauricio Chávez
RECTOR DE LA ESPE

GRACIAS!..

