



**MONITOREO CON TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE LAS VARIABLES
AGRONÓMICAS PARA MICROPARCELAS CON SUELO EROSIONADO EN PREDIOS
DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

AUTOR: YURLY VIDALES TORRES



**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

DIRECTOR: JOSÉ DEL CARMEN SANTIAGO GUEVARA

Mg. Ing. Telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
PAMPLONA-COLOMBIA**

2016

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

TÍTULO

**MONITOREO CON TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE LAS VARIABLES
AGRONÓMICAS PARA MICROPARCELAS CON SUELO EROSIONADO EN PREDIOS DE
LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

FECHA DE INCIO DEL TRABAJO: Enero de 2015

FECHA DE TERMINACION DEL TRABAJO: Noviembre de 2015

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

AUTOR

YURLY VIDALES TORRES

DIRECTOR: M.Sc JOSÉ SANTIAGO

DIRECTOR DEL PROGRAMA: Mg. WILLIAM VILLAMIZAR

JURADO CALIFICADOR:

Ing. EDWIN MAURICIO SEQUEDA

Mg. WILLIAMVILLAMIZAR

Mg. LUIS ENRIQUE MENDOZA

PAMPLONA-COLOMBIA

ENERO DEL 2016

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por fortalecer mi corazón e iluminarme mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre Nancy

Por haberme apoyado en todo momento para cumplir mis objetivos, por su motivación constante de perseverancia y constancia que la caracteriza, pero más que nada por su amor.

A mi padre Víctor

Gracias por sus consejos, valores que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos Nanvy, Leidy y Geíner

Por su apoyo incondicional, confianza y amor.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

El secreto de avanzar consiste en comenzar con algo. El secreto de comenzar con algo consiste en romper las tareas grandes y complejas en trozos pequeños y manejables, y después empezar por la primera.

“Mark Twain”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, primero que todo, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, con su protección y bendición me ha brindado la salud, fortaleza y valor para lograr mis objetivos.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida, por influir su lucha y deseo de superación, siendo mi apoyo incondicional durante mis estudios, pero más que nada por su amor y confianza.

A mis hermanos por su apoyo, les agradezco su cariño y comprensión.

A mis demás familiares ya que me brindan el apoyo y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Durante los años que he pasado en la Universidad de Pamplona, he conocido a grandes personas muy valiosas para mí, que siempre estarán en mi corazón y en mi memoria, gracias a ellas por su valioso tiempo, cariño, comprensión y sus consejos que hicieron de mí una mejor persona.

A mis amigas Nohora Delgado, Diana Carolina Flórez y Ana Carolina Minorta, gracias por brindarme su respeto y amistad, estaré siempre agradecida con Dios por haberme colocado entre ustedes.

A mis amigos y compañero quienes han estado conmigo durante el transcurso de mi carrera, compartiendo momentos de dificultad y de felicidad en nuestro proceso de formación. Gracias a ellos por ser parte de mi vida.

A mis profesores, José Santiago, Nydia Sandoval, Edwin Mauricio Sequeda y William Villamizar, gracias por su dedicación, tiempo y sus conocimientos para convertirme en una profesional.

A mi director de tesis, José del Carmen Santiago, le agradezco infinitamente por su apoyo, paciencia, su dedicación y tiempo en este proceso tan importante en nuestras vidas.

INDICE DE CONTENIDO

ABREVIATURAS.....	12
RESUMEN DEL PROYECTO.....	14
ABSTRACT.....	15
<i>CAPÍTULO 1</i>	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. JUSTIFICACIÓN	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<i>CAPÍTULO 2</i>	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. FERTILIDAD DEL SUELO	22
2.2. HUMEDAD DEL SUELO	22
2.2.2. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO	24
2.3. PH DE LOS SUELOS.....	25
2.4.1. Clasificación de los rangos de pH de los suelos.....	26
Denominación.....	26
Rango de pH.....	26
2.4.2. Métodos de medición del pH en los suelos	26
2.5. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN SENSOR.....	27
2.6. Sensores	28
2.6.1. Descriptores estáticos de un sensor	29
2.7. CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL.....	33
2.7.1. Divisores de tensión mediante resistencias.....	34
2.7.2. Puente de Wheatstone	35
2.8. ZIGBEE (IEEE 802.15.4).....	39
2.8.1. Las capas del protocolo ZigBee	40
2.8.2. Tecnología ZigBee	42
2.9. REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS.....	48
2.10. REDES INALÁMBRICAS.....	49
2.10.2. Funcionamiento sistema inalámbrico.....	50
2.12. Acondicionamiento de la señal del sensor (Amplificador)	62
2.14. MARCO HISTÓRICO	62
<i>CAPÍTULO 3</i>	66
3.1. METODOLOGÍA.....	67
DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	69
3.2. PRIMERA ETAPA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.....	70
3.3. CARACTERISTICADE LOS COMPONENTES DE ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL.....	77
✓ Cálculos de la fuente de poder	90
3.4. SEGUNDA ETAPA (PROCESAMIENTO).....	97

3.5. MODO TRANSPARENTE DE XBEE	98
3.6. CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR WEB EN LABVIEW	102
3.7. TERCERA ETAPA (INTERFAZ DE USUARIO).....	105
3.8. SISTEMA DE MONITOREO DE LAS VARIABLES PH Y HUMEDAD DEL SUELO	107
3.9. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	108
3.10. INTERFAZ GRÁFICA LABVIEW	109
3.11. SISTEMA DE MONITOREO DE LOS SENSORES DE PH Y HUMEDAD	110
<i>CAPÍTULO 4</i>	111
4.1. ANALISIS ECONOMICO Y ADMINISTRATIVO	112
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS	112
4.3. MARCO LEGAL.....	115
4.4. IMPACTO AMBIENTAL.....	120
4.5. PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO	121
<i>CAPÍTULO 5</i>	122
5.1. CONCLUSIONES	123
5.2. RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXO 1: MICROPARCELA Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SANIDAD VEGETAL Y BIOINSUMO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.....	128
ANEXO 2: INSTRUCCIONES Y ESPECIFICACIONES PARA INSTALAR LABVIEW.....	129
ANEXO 3: DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER	143
ANEXO 4: DISEÑO DE LA CAJA DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medición inicial de la humedad del suelo.....	23
Figura 2. Cambio en la medición de humedad del suelo.	23
Figura 3. Método de medición del tacto.....	24
Figura 4. Sonda de neutrones.....	25
Figura 5. Medición de la resistencia eléctrica.	25
Figura 6. Diagrama en bloque en bloques de un sistema de monitoreo de datos.....	28
Figura 7. Tipos de Sensores.	29
Figura 8. Sensores de humedad del suelo.	32
Figura 9. Sensores de pH.....	33
Figura 10. Proceso de acondicionamiento de la señal.....	34
Figura 11. Circuitos Acondicionadores para Sensor Mecánico.	35
Figura 12. Circuito Divisor de Tensión con Termistor.....	35
Figura 13. Circuito en puente de Wheatstone con termistor.....	36
Figura 14. Circuito acondicionador con transistor.....	37
Figura 15. Circuito acondicionador con AO.	38
Figura 16. Arquitectura general de un microcontrolador.	39
Figura 17. Capas de 802.15.4 y Zigbee.	41
Figura 18. Esquema de un Dispositivo tipo ZigBee.	42
Figura 19. Posicionamiento de la tecnología ZigBee respecto a otras tecnologías inalámbricas.	43
Figura 20. Topología de red ZigBee.	45
Figura 21. Módulo XBee PRO.....	46
Figura 22. Conexión mínima requerida para el XBee.....	47
Figura 23. Esquema de un nodo sensor o mota.....	48
Figura 24. Redes Inalámbricas.....	50
Figura 25. Punto de acceso.....	52
Figura 26. Tarjetas de red inalámbrica.....	52
Figura 27. Tarjetas de red inalámbrica.....	53
Figura 28. Diagrama de bloques de la metodología a desarrollar.....	69
Figura 29. Sonda de humedad del suelo.....	70
Figura 30. Diseño de la sonda de humedad.....	70
Figura 31. Diseño del circuito de humedad.....	73
Figura 32. Sonda de pH del suelo.....	74
Figura 33. Diseño de la sonda de pH.....	74
Figura 34. Circuito Amplificador del pH.....	76
Figura 35. Grafica del pH del suelo.	76
Figura 36. Circuito detector de pH.....	77
Figura 37. Amplificador operacional LM358.	77
Figura 38. Diagrama electrónico del LM358.....	78
Figura 39. Amplificador operacional LF353.	79
Figura 40. Circuito electrónico del LF353.....	80
Figura 41. Convertidor de voltaje ICL7660.....	80
Figura 42. Convertidor de voltaje ICL7660.....	81
Figura 43. PIC 18f2550, Encapsulado (a) y Distribución de pines (b)	81
Figura 44. Circuito en PROTEUS.....	82
Figura 45. Display LCD 2X16.....	89
Figura 46. Regulador de tensión LM7805.....	89
Figura 47. Encapsulado del regulador 7805.....	90
Figura 48. Diagrama de los componentes de una fuente de poder.....	92
Figura 49. Esquema interno del transformador.....	93
Figura 50. Transformador de 12V.....	93

Figura 51. Etapa del Ratificador de la fuente de poder.	94
Figura 52. Regulador de voltaje 7805 de la fuente de poder.	95
Figura 53. Circuito electrónico de la fuente.	95
Figura 54. Fuente de Alimentación en ARES.	96
Figura 55. Fuente de Alimentación terminada.	96
Figura 56. Diagrama de comunicación.	97
Figura 57. Representación global de los XBee dentro del proyecto.	98
Figura 58. XCTU reconociendo y verificando los XBEE.	98
Figura 59. XCTU Leyendo y configurando los XBEE.	99
Figura 60. XCTU velocidad de transmisión y reescribiendo el XBEE.	100
Figura 61. XCTU configuración de los dos ZigBEE.	100
Figura 62. PIC18F2550 protocolo Serial y XBEE S2.	101
Figura 63. Diseño del programa interno del PIC18F2550.	102
Figura 64. Configuración del servidor wed de LabView.	103
Figura 65. Habilitando el servidor Wed.	103
Figura 66. Habilitación del servidor Wed 2.	104
Figura 67. Habilitando servidor web 3.	105
Figura 68. Comunicación interfaz gráfica XBEE receptor y PC.	106
Figura 69. Recepcion y visualización de datos utilizando LabView.	106
Figura 70. Sistema de monitoreo de las variables pH y humedad del suelo.	107
Figura 71. Diagrama del PIC18F2550.	108
Figura 72. Interfaz gráfica de Labview.	109
Figura 73. Diagrama en bloque de la interfaz de Labview.	110
Figura 74. Sistema de monitoreo de los sensores.	110

LISTA DE TABLA

Tabla 1. Clasificación de los rangos de pH de los suelos.	26
Tabla 2. Rango de la tecnología ZigBee en función de la potencia transmitida y velocidad binaria.	43
Tabla 3. Comparación entre la tecnología ZigBee y Bluetooth.	55
Tabla 4. Tecnología Wimax.	56
Tabla 5. Tecnología Wi-Fi.	58
Tabla 6. Precio de los componentes utilizados.	112
Tabla 7. Descripción de gastos del circuito de Transmisión.	113
Tabla 8. Descripción de gastos por sostenimiento.	114
Tabla 9. Descripción de gastos de los sensores	114
Tabla 10. Software implementado en el trabajo de grado.	114

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Resistencia Total	71
Ecuación 2 Ley de ohm	71
Ecuación 3 Tensión de caída R1	72
Ecuación 4 Tensión de caída en R2	72
Ecuación 5 Divisor de tensión	72
Ecuación 6 Voltaje de salida	72
Ecuación 7 rectificador de onda completa	90
Ecuación 8 Periodo	90
Ecuación 9 Voltaje de rizado	90
Ecuación 10 Corriente del diodo	91

ABREVIATURAS

CISVEB	Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos
pH	Medida de acides o alcalinidad de una sustancia.
mm	Milímetro
LCD	pantalla de cristal líquido
Mbps	Megabit por Segundo
MHz	Megahercio
ISM	Bandas Industriales, Científicas y Médicas
GHz	Gigahercio o mil millones de ciclos por segundo
Kb	Kilobit
M	Metro
dBm	Decibelio-milivatio
CO₂	Dos átomos de oxígeno y uno de carbono
NH₃	Un átomo de nitrógeno y tres átomos de hidrógeno
RFD	Dispositivo de función reducida
V	Voltaje
R	Resistencia
I	Corriente
VCC	Voltaje de Corriente directa
NTC	Coefficiente de temperatura negativo
LDR	Resistor dependiente de luz
AO	Amplificadores operacionales
WPAN	Red Inalámbrica de Área Personal
ZC	Coordinador ZigBee
ZR	Router ZigBee
ASP	Soporte de Aplicaciones
ZED	Dispositivo final
SAP	Punto de acceso de servicio
OSI	Interconexión de sistemas abiertos
NWK	Capas de Red
PHY	Capa física
MAC	Control de acceso a medios
PAN	Redes de administración personal
Vs	Versus
mW	Megavatio
DSSS	Espectro ensanchado por secuencia directa
SSP	Proveedor de servicios de seguridad
ZDO	Objetivos dispositivos ZigBee
APS	Subcapa soporte de aplicación
APL	Capa de aplicación
LLC	Control de enlace lógico.
DSP	Procesador digital de señales
AT	Atención
UART	Transmisor-Receptor Asíncrono Universal
VNP	Red privada virtual
PC	Computador personal
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IP	Protocolo de internet
Bps	Bits por segundo
TXD	Transmisor de datos
RXD	Receptor de datos
RF	Radiofrecuencia
RF IC	Circuito integrado de radio frecuencia
VoIP	Voz sobre Protocolo de Internet o Voz sobre IP
VPN	Red privada virtual
WI-FI	Fidelidad inalámbrica
IR	Radiación infrarroja

TX	Trasmisión
RX	Recepción
SPI	Interfaz paralela síncrona
OFDM	Multiplexión por división ortogonal de frecuencia
WSN	Red de sensores inalámbrica
LAN	Red de área local
WLAN	Red de área local inalámbrica
WMAN	Red de área metropolitana
NesC	Red de sistemas embebidos C
PDA	Asistente digital personal
GFSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana
DHSS	Espectro Disperso por Secuencia Directa
FHSS	Espectro ensanchado por salto de frecuencia
CCK	Manipulador de código complementario
BPSK	Modulación de fase por desplazamiento binario
QPSK	Modulación por desplazamiento cuadrafásica
PSK	Modulación por desplazamiento de fase
AP	Punto de acceso
IBSS	Conjunto básico de servicios independientes
BSS	Conjunto básico de servicios
STA	Estaciones
DS	Sistema de distribución
ESS	Conjunto de servicio extendido
P2P	Red de pares, Red entre iguales o Red entre pares
EE.UU	Estados Unidos
ROHS	Restricción de Sustancias Peligrosas
LM	Gestión de enlace
L2CAP	Protocolo de control y adaptación del enlace lógico
RFCOMM	Comunicación por radio frecuencia
SDP	Protocolo de descubrimiento de servicio
HCI	interfaz de la Controladora de la Máquina
ASK	Modulación por desplazamiento de amplitud
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura
COFDM	Multiplexado por division de frecuencia ortogonal codificada
QoS	Calidad del servicio
OQPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura co
DPSK	Modulación por desplazamiento diferencial de fase
DQPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto “Monitoreo con Tecnologías Inalámbricas de las variables agronómicas para microparcelas con subsuelo erosionado en predios de La Universidad de Pamplona”, se desarrolla como herramienta de trabajo de campo para la problemática planteada por el CISVEB (Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos): esterilización progresiva del subsuelo de Universidad de Pamplona. Para ello se utiliza un sistema de monitoreo inalámbrico diseñado e implementado con tecnología XBEE cuyo objetivo primordial es el de adquirir los datos para luego transmitirlos a un lugar de procesamiento (PC). Este trabajo se convierte en un nuevo proyecto para el área de telecomunicaciones, enfocado a los sistemas telemáticos en la medición de campo de variables agronómicas necesarias para el estudio en las microparcelas. Como resultado el proyecto proporciona información precisa que es y será evaluada por un especialista de agronomía siendo las variables de PH y humedad las más relevantes para el análisis del suelo. Además, el sistema de comunicación inalámbrico transmite desde los sensores hasta el PC (nodo principal) donde se encuentra el software LabVIEW y con su propio servidor hace posible transmitir estos resultados a internet y visualizarlo en cualquier computador que esté dentro del campus.

ABSTRACT

The Project “Monitoring with Wireless Technologies of the agronomic Variable for microplots with subsoil eroded in lands of The University of Pamplona”, it is developed as tool of fieldwork for the problematics raised by the CISVEB (Center of Investigation in Vegetable Health and Bioi-impuls) progressive sterilization of the subsoil of University Pamplona. For that reason, there is in use a system of wireless monitoring designed and implemented with XBEE technology whose main aim is to acquire the information then to transmit them to a place of (PC) processing. This work turns into a new project for the area of telecommunications, focused on the telematic system in the field measurement of agronomic variables necessary for the study in the microplots. As a result the project provides precise information which will be evaluated by an agronomist, being PH and dampness the most relevant variables for the analysis of the soil. In addition, the wireless communication system transmits from the sensors up to the PC (principal node) where is located the LabView software and with his own server, it makes possible to transmit these results to internet and to visualize it in any computer inside the campus.

CAPÍTULO 1

Todo proyecto de ingeniería busca sobresalir por ello cautiva al ente evaluador realizando excelentes soportes en la descripción de la introducción, planteamiento y justificación del problema y las delimitaciones. En este capítulo se ven reflejados estos ítems.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Pamplona son múltiples los factores que inciden en la degradación de las capas del suelo dando origen a procesos erosivos que influyen en el arrastre del suelo, ya sea por la acción del agua o por efecto del viento. Esto determina la existencia de dos elementos que participan en el proceso: el suelo (pasivo), el agua y/o el viento (activo); el papel que cumple la vegetación es como regulador de la relación entre ambos elementos.

En el primer capítulo reposa la introducción, justificación, planteamiento del problema y objetivo de este trabajo, así como la importancia de éste en su contribución a otras áreas, en este caso la agronomía, como herramienta desarrollada en la Universidad de Pamplona (desde la Ingeniería) y aplicada a un entorno real dentro de la misma institución.

En el segundo capítulo se explican todos los fundamentos teóricos; empezando por describir aquellos de naturaleza física, como el pH y Humedad en el subsuelo, así mismo los diferentes sensores de pH y Humedad, empleados para la medición del terreno, continuando con la descripción de algunos sistemas de acondicionamiento, que hace que la señal de los sensores sea válida, para ser procesada por circuitos o por equipos de instrumentación, y luego una breve explicación del protocolo de alto nivel de comunicación inalámbrica ZigBee y el módulo XBee. Por último se describen y definen las redes de sensores inalámbricos.

En el tercer capítulo, se expone todo lo relacionado a redes inalámbricas, sus componentes, equipos y un cuadro comparativo entre las diferentes tecnologías de transmisión inalámbrica. Además se explica la metodología del sistema de monitoreo con tecnología inalámbrica y resultados.

En el capítulo cuarto se muestra el análisis económico, marco legal, impacto ambiental y protección e higiene del trabajo.

En el quinto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones de este trabajo

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto social y ambiental, los suelos de la ciudad de Pamplona se ven altamente afectados en las temporadas de lluvia, presentándose desprendimientos de terreno en diferentes lugares de la ciudad. Además en dichos terrenos se generan cárcavas que son socavones producidos en lugares con pendientes causadas por de agua de las precipitaciones; para esto es necesario hacer un estudio de dichos suelos.

A nivel investigativo, en la Universidad de Pamplona actualmente se está desarrollando el proyecto “recuperación de la fertilidad natural del suelo erosionado en predios de la Universidad de Pamplona” que se basa en la distribución de microparcels para realizar diferentes pruebas en terreno erosionado en dichos predios, teniendo en cuenta que este fenómeno no ha sido estudiado localmente y los mecanismos de medición utilizados actualmente para el estudio de las variables no se centran en la temática del problema. Lo anterior sustenta la idea de implementar un sistema de monitoreo digital para medir las variables pH y Humedad del terreno; ya que estas características del suelo son de las más importantes a tener en cuenta para interpretar las condiciones del terreno.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente se necesitan diversas herramientas para realizar las mediciones enfocadas al monitoreo de las variables agronómicas (pH y humedad); esta herramienta sustituye los métodos tradicionales de medición haciendo que el trabajo sea más sencillo, preciso y realizado en corto tiempo.

Los factores específicos que motivan ésta propuesta son la disminución de tiempo a nivel de adquisición de datos, ya que al momento de ejecutar la medición, instantáneamente se obtendrán valores puntuales que permitirán al especialista elaborar una mejor lectura e interpretación de dichos valores. A nivel tecnológico la integración de diferentes herramientas de adquisición de datos en el sistema de captura y transmisión de los mismos, permitirá realizar una medición más rápida del terreno en una zona específica evitando el contacto directo con los predios. En cuanto a la precisión, se puede decir que es muy importante al momento de obtener cualquier medida, ya que actualmente los procesos manuales, inducen un considerable error, dependiendo del especialista que manipule dichas herramientas.

Finalmente a nivel económico se pretende hacer una reducción de costos en cuanto a la compra de los instrumentos de medición actuales que dan el valor de la medición de la variable de interés; el sistema que se va a desarrollar permite la medición de las variables las veces que sea necesario en tiempo real. La reducción de los desplazamientos por parte del especialista o persona encargada de la medición, debido a que no habrá la necesidad de estar en contacto directo con los predios para obtener los resultados de la medición.

1.3. DELIMITACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Monitorear pH y humedad del suelo en una microparcela con suelo erosionado en predios de la Universidad de Pamplona, utilizando Sistemas Telemáticos.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Implementar un sistema de adquisición de variables agronómicas (pH y humedad) para su respectiva transmisión.
- 2.** Diseñar un sistema de comunicación inalámbrica (topología de red) entre los sensores y el nodo principal (coordinador) encargados de la detección (toma de lecturas) de las variables agronómicas.
- 3.** Desarrollar un software que permita la captura y visualización de datos, en donde el usuario pueda realizar un fiable monitoreo del sistema.
- 4.** Realizar pruebas de funcionamiento al sistema.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se revisa el fundamento teórico de cada uno de los temas necesarios para llevar a cabo la elaboración del proyecto y se muestran unos antecedentes sobre los cuales se pueden establecer un punto de referencia para el proyecto. En palabras más exactas lo que busca este capítulo es dar a conocer una base teórica sobre características del suelo (humedad, pH) y las técnicas de medición de las mismas, sensores, circuitos acondicionadores, protocolos de comunicación, redes inalámbricas y el estado del arte.

2.1. FERTILIDAD DEL SUELO

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica interrelación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por ejemplo, un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales -fertilidad química- pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa.

Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos. Por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces en un suelo fértil, no productivo. [1]

2.2. HUMEDAD DEL SUELO

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para las actividades agrícolas. Es importante recordar que:

- Los niveles de humedad del suelo determinan el momento del riego.
- La humedad del suelo se puede estimar por el aspecto del terreno.
- Se debe controlar la humedad al menos en una sección del área del campo que difiera de las demás en cuanto a la textura y aspecto del suelo.

La aplicación de riego en el momento exacto y en la cantidad apropiada es fundamental para obtener un buen rendimiento de los cultivos. El exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de oxígeno en las raíces. Por lo que se debe controlar regularmente el nivel de humedad del suelo para determinar cuándo regar y qué cantidad de agua se debe aplicar. [2]

2.2.1. MANEJO DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Una causa importante de la baja producción y del fracaso de los cultivos en la agricultura de secano en los trópicos es la lluvia escasa y errática. Sin embargo, en muchas áreas el manejo de tierras y cultivos no favorece el flujo del agua en la zona radical del cultivo. Por ello, los rendimientos pobres están relacionados con una insuficiencia de la humedad del suelo más que con una insuficiencia de la lluvia.

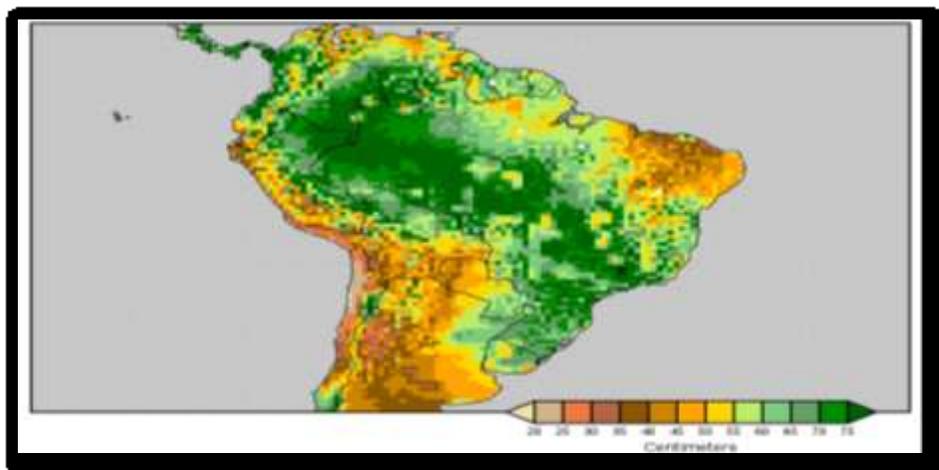
La agricultura de secano, tropical y subtropical, dependen de un adecuado suministro de agua en la zona radical del suelo. Se ha estimado que el agua del suelo limita la producción de los cultivos en aproximadamente tres cuartas partes de los suelos cultivables del mundo y es el principal factor responsable de los bajos rendimientos en las temporadas secas y en los trópicos y subtropicos semiáridos.

Especialmente en las zonas agroecológicas tropicales y subtropicales con lluvias limitadas, irregulares o marcadamente estacionales, donde las precipitaciones anuales oscilan entre 400 y 1 000 mm, pero además en áreas donde la escasez de lluvias estacionales puede limitar la productividad del cultivo, es necesario prestar mayor atención a la captura eficiente de la precipitación in situ y mejorar el contenido de humedad del suelo en la zona radical. [2]

La comprensión del ciclo hidrológico es esencial para el efectivo manejo del agua de lluvia y el agua del suelo. El agua ocurre no solo como un líquido, sino también como un sólido (ej. granizo, nieve) y como un gas -vapor de agua. La cantidad total de agua en el mundo es constante, pero el agua está continuamente cambiando de una forma a otra y se mueve continuamente a diferentes velocidades. [3]

En la Figura 1 se puede observar el índice de humedad en los suelos de América del Sur, indicando por colores desde el índice más bajo (color café) hasta el más alto (verde oscuro).

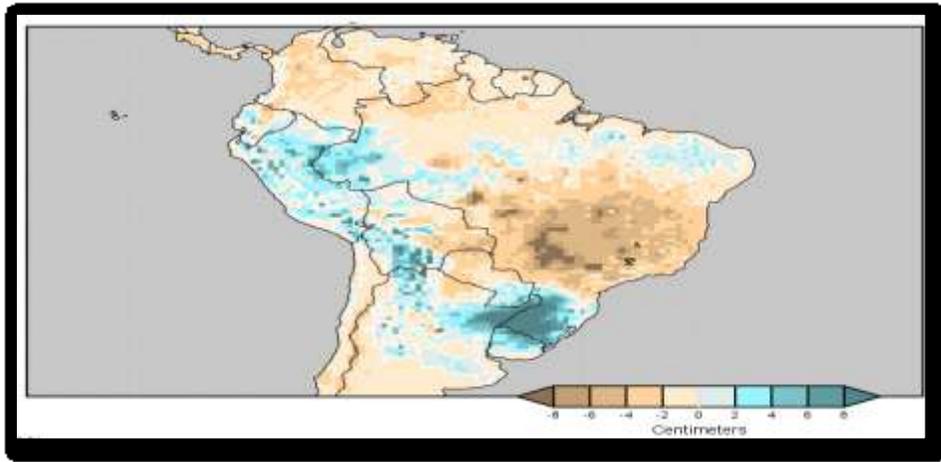
Figura 1. Medición inicial de la humedad del suelo.



Fuente: (Agro.Infoclima.com, 2010). [5]

En la Figura 2 se observa los cambios en la medición de los suelos de América del Sur. Indicando por colores las zonas donde se presenta mayor humedad del terreno.

Figura 2. Cambio en la medición de humedad del suelo.



Fuente: (Agro.Infoclima.com, 2010). [5]

2.2.2. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO

✓ El método del Tacto

La determinación de la humedad del suelo por medio del tacto ha sido utilizada por muchos años por investigadores y agricultores por igual. Al apretar la tierra entre el pulgar y el dedo índice o al exprimir la tierra en la palma de la mano, se puede obtener una estimación bastante aproximada de la humedad en el suelo, ver Figura 3. Toma un poco de tiempo y algo de experiencia lograr esto, pero es un método comprobado. [3]

Figura 3. Método de medición del tacto.

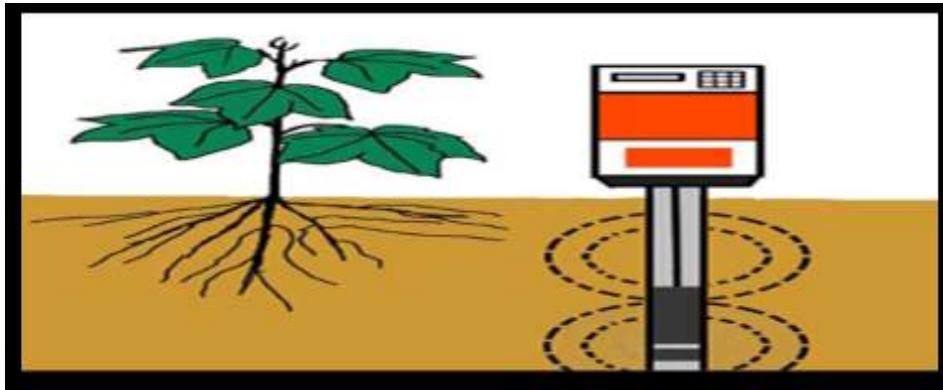


Fuente: (Naturales, 2000). [10]

✓ La sonda de Neutrones

La sonda de neutrones se ha utilizado extensamente en trabajos de investigación para determinar la humedad del suelo. En la Figura 4 se ilustra una sonda de neutrones que contiene una fuente radioactiva que envía una cierta cantidad de neutrones rápidos. Estos neutrones rápidos son aproximadamente del tamaño de un átomo de hidrógeno, un componente esencial del agua. Cuando los neutrones rápidos chocan contra los átomos de hidrógeno, se vuelven más lentos. Un detector dentro de la sonda mide la proporción de los neutrones rápidos que salen y de los neutrones lentos que regresan. Esta relación se usa entonces para estimar el contenido de la humedad en el suelo. [3]

Figura 4. Sonda de neutrones.



Fuente: (Edward C, 2010). [11]

✓ **La resistencia Eléctrica**

Otro método que ha sido utilizado por muchos años para determinar el contenido de humedad en el suelo es la medición de la resistencia eléctrica. Algunos dispositivos utilizan la resistencia eléctrica para medir la humedad del suelo. El principio físico de estos dispositivos es que el contenido de humedad se puede determinar por la resistencia al paso de corriente eléctrica entre dos electrodos en contacto con el suelo. Entre más agua haya en la tierra, más baja es la resistencia. [3]

En la Figura 5 se ilustra la medición de la resistencia eléctrica del terreno, con tres bloques anclados en el suelo mediante una sonda; el método consiste en inyección de corriente continua o de baja frecuencia en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación, mediante otro par de electrodos, de la diferencia de potencia. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada.

Figura 5. Medición de la resistencia eléctrica.



Fuente: (Edward C, 2010). [11]

2.3. PH DE LOS SUELOS

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. El índice varía de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

El pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar. Afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, mediante el control de las formas químicas de los nutrientes. El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas varía entre 5,5 y 7,5. Sin embargo muchas plantas se han adaptado para crecer a valores de pH fuera de este rango. [4]

2.4.1. Clasificación de los rangos de pH de los suelos

En la Tabla 1 se muestra la medida de acidez y alcalinidad en los suelo. El índice varía de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

Tabla 1. Clasificación de los rangos de pH de los suelos.

Denominación	Rango de pH
Ultra ácido	< 3.5
Ácido extremo	3.5-4.4
Ácido muy fuerte	4.5-5.0
Ácido fuerte	5.1-5.5
Moderadamente ácido	5.6-6.0
Ligeramente ácido	6.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Ligeramente alcalino	7.4-7.8
Moderadamente alcalino	7.9-8.4
Alcalino fuerte	8.5-9.0
Alcalino muy fuerte	> 9.0

Fuente: (L.M. Thompson, 2002). [4]

2.4.2. Métodos de medición del pH en los suelos

La determinación en el caso de una tierra o sustrato se puede hacer de las siguientes formas:

- a) Puedes llevar a analizar la tierra a un laboratorio de suelos. Es lo mejor, pero no se suele hacer a nivel de jardín particular.
- b) Usar unos kits económicos que traen unos reactivos para echar a una muestra de tierra y comparando color averiguar el pH. El pH puede ser ácido, neutro o

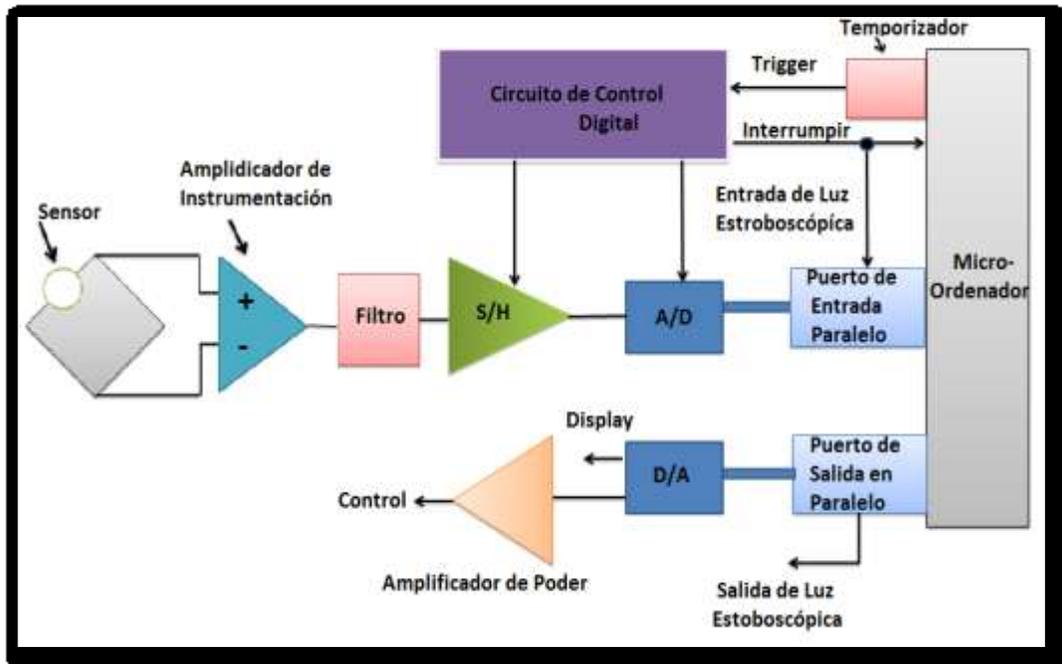
alcalino. Si es alcalino, lo más probable es que contenga mucha cal (suelo calizo).

- c) Coger un poco de tierra, echarla en un vaso con agua destilada, remover bien y al cabo de un rato introducir en el líquido una tira de papel o de cartón indicadora de pH (venta en farmacias, por ej.). Según el color que tome tendrás si es ácido, neutro o alcalino.
- d) Verter vinagre, 'Sulfatán' (producto de limpieza) o ácido clorhídrico diluido sobre una muestra de tierra. Esto ofrece una estimación aceptable por la reacción que produce:
 - Si la efervescencia que se produce es fuerte, se dice que el pH es mayor de 7,5 y el suelo es alcalino o calizo.
 - Si la efervescencia es pequeña (algunas burbujitas), el pH rondará 7.
 - Si no produce efervescencia (no salen burbujitas) es un suelo de pH neutro (pH 6,5-7) o ácido (pH menor de 6,5).[4]

2.5. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN SENSOR

En la Figura 6 se muestra las Interfaces digitales de un sistema de monitoreo, donde el sensor convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de magnitud eléctrica (señal), esta proviene del sensor y puede ser demasiado pequeña por lo que es necesario amplificarla. Luego pasa por un filtro o procesador analógico, convirtiendo la señal de analógica a digital para posteriormente procesar los datos con un DSP o Microcontrolador y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital a analógico, donde se visualizara en un display.

Figura 6. Diagrama en bloque en bloques de un sistema de monitoreo de datos.



Fuente: Elaboración Propia.

2.6. Sensores

Los sensores se encargan de convertir una magnitud obtenida mediante efectos físicos o químicos en una magnitud eléctrica.

La señal de salida de un sensor no suele ser válida para su procesamiento por los circuitos actuadores, por lo tanto necesita ser adaptada y amplificada.

Puede ocurrir además que la señal de salida del sensor no sea lineal o que dependa de las condiciones de funcionamiento como la temperatura y la tensión de alimentación, en este caso sería también necesario linealizar el sensor, así como compensar sus variaciones, y para ello se utilizan los circuitos acondicionadores de señal. Por tanto se podría definir como circuito acondicionador aquel que hace que la señal de los sensores sea válida para ser procesada por circuitos actuadores o por equipos de instrumentación, como multímetro, osciloscopio, LCD, etc.

Entre los circuitos acondicionadores de la señal más utilizados se encuentran los divisores de tensión mediante resistencias, el puente de Wheatstone, los transistores, amplificadores operacionales, microcontroladores, e incluso circuitos multivibradores para cuando es necesario que la información del sensor se traduzca en frecuencia, como ocurre en el caso de los capacitivos.[13]

En la Figura 7 se muestran diferentes sensores eléctrico y/o mecánico que convierten magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Figura 7. Tipos de Sensores.



Fuente: (José María Pernía Llera, 2003). [14]

Esto se realiza en tres fases:

1. Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
2. La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
3. El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. [15]

2.6.1. Descriptores estáticos de un sensor

Los descriptores estáticos definen el comportamiento en régimen permanente del sensor:

- **Rango:** valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de un sensor.
- **Exactitud:** la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medidas y las reales.
- **Repetitividad:** la capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
- **Reproducibilidad:** tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- **Resolución:** la cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
- **Error:** es la diferencia entre el valor medido y el valor real.

- **No linealidades:** la desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
- **Sensibilidad:** es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada:
- **Excitación:** es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
- **Estabilidad:** es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante. [15]

2.6.2. Descriptores dinámicos de un sensor

A continuación se listan los descriptores dinámicos de un sensor:

- **Tiempo de retardo:** Es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el cincuenta por ciento de su valor final.
- **Tiempo de subida:** Es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
- **Tiempo de pico:** Es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación.
- **Pico de sobre oscilación:** Expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.
- **Tiempo de establecimiento:** El tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del cinco por ciento alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella. [15]

2.6.3. Tipos de Sensores

El número de sensores disponibles para las magnitudes físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificar previamente de acuerdo con algún criterio.

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en modulares y generadores. En los sensores modulares o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada solo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Los sensores modulares requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de almacenamiento suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, esta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro de explosiones en algunos ambientes. Por el contrario, su sensibilidad se puede modificar a través de la señal de alimentación, lo que no permite los sensores generadores.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en amplitud, si bien se suele incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces “casi digitales”, por la facilidad con que se puede convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requiere conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tiene también mayor fidelidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Atendiendo el modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil.

Un dinamómetro para la medida de fuerzas es un sensor de este tipo en el que la fuerza aplicada deforma un muelle hasta que la fuerza de recuperación de este, proporciona a su longitud, iguala la fuerza aplicada.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generador por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo. En una balanza manual por ejemplo, la colocación de una masa en un platillo provoca un desequilibrio, indicando por una aguja sobre una escala. El operario coloca entonces una o varias masas en el otro platillo hasta alcanzar el desequilibrio, que se juzga por la posición de la aguja.

Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

El detector de desequilibrio solo mide alrededor de cero y, por lo tanto, puede ser muy sensible y no necesita estar calibrado. Por el contrario, tiene menor respuesta dinámica y, si bien se pueden automatizar mediante un servomecanismo, no se logra normalmente una respuesta tan rápida como en los de deflexión. [16]

➤ **Sensores de Humedad**

Los sensores de humedad en suelo pueden emplearse como método único para programar y combinar con los métodos de balance de agua, con sensores de plantas o, incluso, como un complemento a una estrategia de manejo de riego basada en la experiencia.

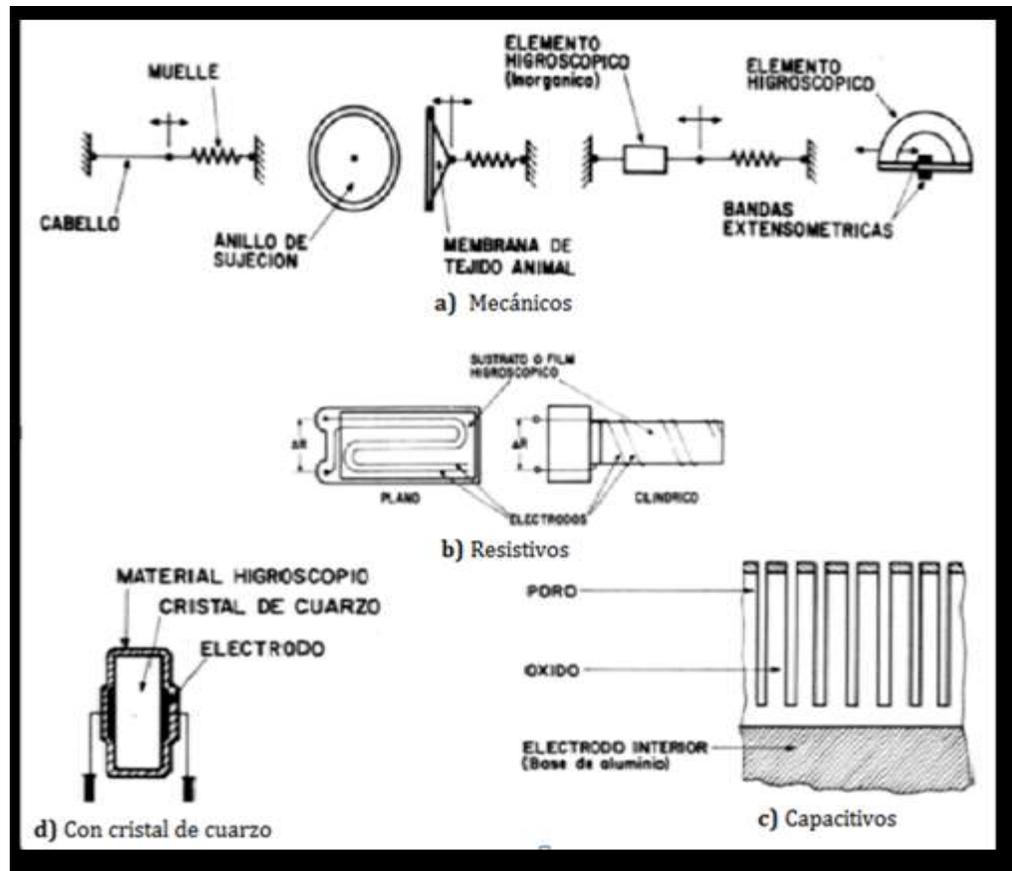
Al instalar los sensores de humedad en el suelo hay que tener presente que la humedad del suelo suele tener una gran heterogeneidad, derivada de las diferencias entre aporte de agua por los goteros, así como de la distinta retribución y absorción de agua por las raíces. Esta heterogeneidad obliga a cuidar la colocación de sensores en lugares representativos, replicando su número, al menos dos o tres veces, para obtener medidas fiables. [17]

El método resistivo es el más primitivo de los métodos electromagnéticos, los cuales dependen del efecto de la humedad en las propiedades eléctricas del suelo. En este caso, es posible medir la resistividad directamente, midiendo la resistencia entre dos electrodos en el suelo o medir la resistencia de un material en equilibrio con el suelo.

La principal dificultad con estos métodos surge debido a que la resistencia depende mucho de las características específicas del suelo, especialmente de la salinidad del mismo, por lo que es indispensable realizar una calibración en cada instalación de un sensor.

En la Figura 8 se ilustran los diferentes mecanismos de detección de la humedad del suelo, desde el más primitivo, hasta los más modernos.

Figura 8. Sensores de humedad del suelo.



Fuente: (Concejo Superior de Investigaciones Científicas, 1987). [18]

➤ Sensor de pH

La mayoría de los sensores químicos para pH hasta la fecha están basados en los cambios químicos de propiedades ópticas de una fase sensible al pH. La fase reactiva puede estar unida al extremo de una fibra óptica que sirve de guía del cambio óptico detectado o situada en una célula de un detector convencional. Normalmente esta superficie reactiva contiene indicadores ácido-base luminiscente. En ambos casos la variable pH produce un cambio en las propiedades del indicador inmovilizado

Los sensores de pH aparte de su interés en sí mismo para el seguimiento de este parámetro crítico en muchos procesos industriales, en análisis bioquímico o industria alimentaria, han contribuido a la aplicación de los sensores químicos de naturaleza óptica puesto que pueden actuar como transductores para ciertos analitos como CO_2 , NH_3 o en biosensores en los que se produce protones por la reacción de determinadas enzimas. De esta manera los sensores para pH han

desempeñado un papel de suma importancia en el desarrollo de los sensores ópticos más complicados (sensores de tercera generación). [19]

➤ **Funcionamiento de un medidor de pH**

Cuando un metal está en contacto con el otro, una diferencia de tensión se produce debido a sus diferencias en la movilidad de electrones. Cuando un metal se pone en contacto con una solución de sales o ácidos, un potencial eléctrico similar es causado, lo que ha llevado a la invención de baterías. Del mismo modo, un potencial eléctrico se desarrolla cuando un líquido se pone en contacto con otro, pero se necesita una membrana para mantener tales líquidos aparte.

Un medidor de pH esencialmente el potencial electroquímico entre un líquido conocido en el interior del electrodo de vidrio (membrana) y un líquido desconocido fuera. Debido a que el bulbo de vidrio fino que permite principalmente los iones de hidrógeno ágiles y pequeñas para interactuar con el vidrio, el electrodo de vidrio mide el potencial electro-químico de iones de hidrógeno o el potencial de hidrógeno. [42]

En la Figura 9 se muestra los diferentes dispositivos de medición del pH del suelo, los cuales son utilizados en los campos de agricultura. Alguno de ellos miden de forma rápida y precisa el valor del pH del suelo o de una prueba tomada del terreno.

Figura 9. Sensores de pH.



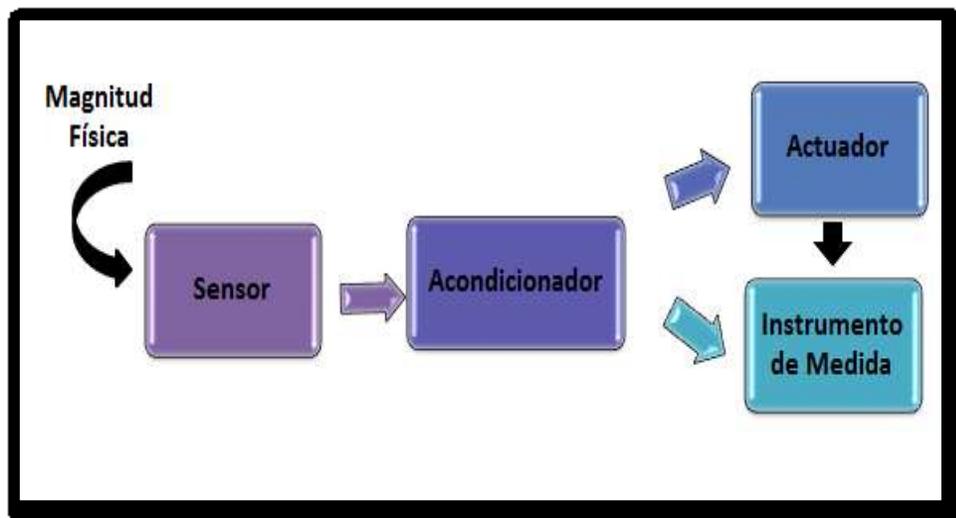
Fuente: (infoagro.com, 2011). [20]

2.7. CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL

En la Figura 10 se observa un diagrama en bloque de un sistema de acondicionamiento de la señal; estos acondicionadores de señal, son los amplificadores operacionales en sus diferentes estructuras de montaje, pasando por filtros o por procesadores analógicos, convirtiendo estas señales de analógico al digital para posteriormente ser procesados los datos con un DSP o Microcontrolador y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital a analógico.

Difícilmente un diseñador conecta un transductor directamente y la parte de procesamiento o de despliegue de un sistema, ya que la señal que envía el transductor por lo general es muy débil o contiene ruido y componentes no deseados, por eso se realizan etapas de acondicionamiento de señales.

Figura 10. Proceso de acondicionamiento de la señal.



Fuente: Elaboración Propia.

2.7.1. Divisores de tensión mediante resistencias

Son los acondicionadores de señal más sencillos, pero no por ello los menos utilizados. Se basan en aplicaciones directas de ley de ohm, por lo que la señal obtenida siempre será función de la resistencia, la tensión y la corriente. Los sensores que más utilizan estos circuitos son los de contactos mecánicos y los resistivos. [21]

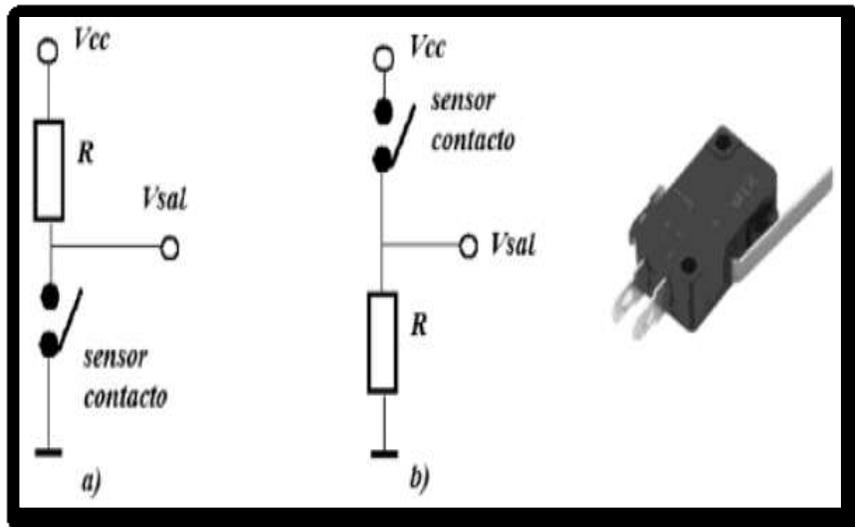
$$V = RI$$

Dónde:

- V es el voltaje
- R es la resistencia
- I es la corriente

En la Figura 11 se observa cómo se puede obtener tensiones para ser procesada a partir de un sensor mecánico de contacto. En la figura 11.a la tensión de salida será VCC mientras el sensor este en circuito abierto. Cuando el sensor pase a circuito cerrado, la tensión de salida será 0 voltios. La Figura 11.b Se muestra el acondicionamiento funcionando al contrario.

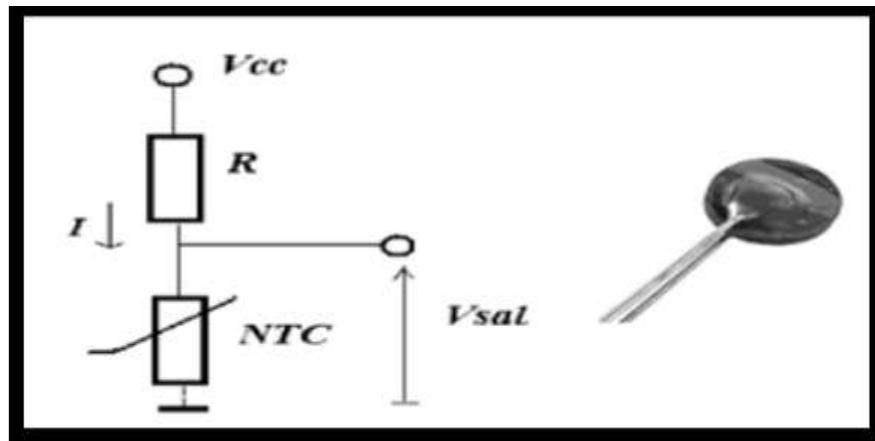
Figura 11. Circuitos Acondicionadores para Sensor Mecánico.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010). [21]

En la Figura 12 se muestra un divisor de tensión formado por una resistencia de valor fijo R y un Termistor NTC cuya resistencia se hace menor cuando la temperatura aumenta. De esta forma, la tensión de salida varía también en función de la temperatura, ya que la disminución de la resistencia del termistor provocará un aumento de la corriente. [21]

Figura 12. Circuito Divisor de Tensión con Termistor.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010). [21].

2.7.2. Puente de Wheatstone

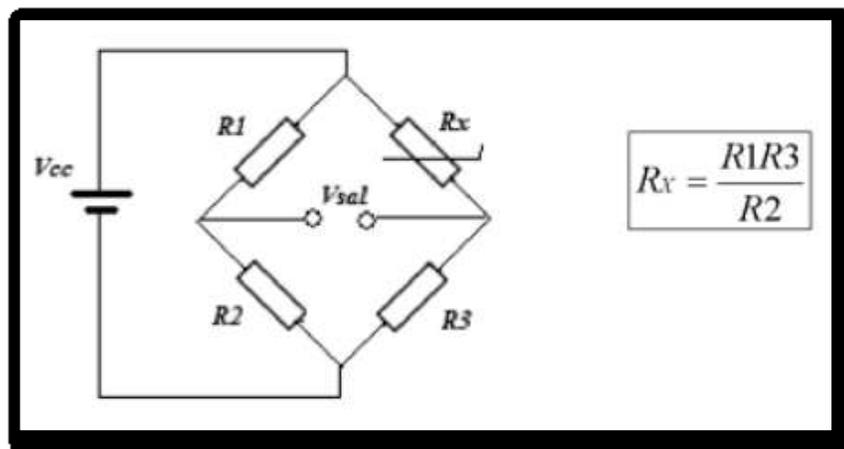
Es un circuito formado generalmente por cuatro resistencias, a modo de dos divisores de tensión, de manera que tres de ellas son conocidas y una cuyo valor es desconocido o varía en función de determinados factores, temperatura, luz, etc. Este circuito es alimentado por una tensión y su salida será nula siempre que esté en equilibrio, es

decir, que las cuatro resistencias sean de igual valor o que exista una relación igual entre las resistencias de cada divisor ($R1/R2=R_{NTC}/R3$).

Los sensores que utilizan el puente de Wheatstone como acondicionador suelen ser los del tipo resistivos como termistores y LDR.

En la Figura 13 se muestra un puente de Wheatstone donde se ha puesto un sensor de temperatura (termistor NTC) en lugar de la resistencia cuyo valor se desconoce. Si se toma el valor resistivo de la NTC para una temperatura determinada y se ponen las otras tres resistencias iguales, el puente estará equilibrado para esa temperatura y la tensión de salida será nula. Cuando la temperatura aumenta, el valor resistivo de la NTC bajará y se producirá un desequilibrio en el puente, apareciendo una tensión a la salida.

Figura 13. Circuito en puente de Wheatstone con termistor.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010). [21]

2.7.3. Transistores

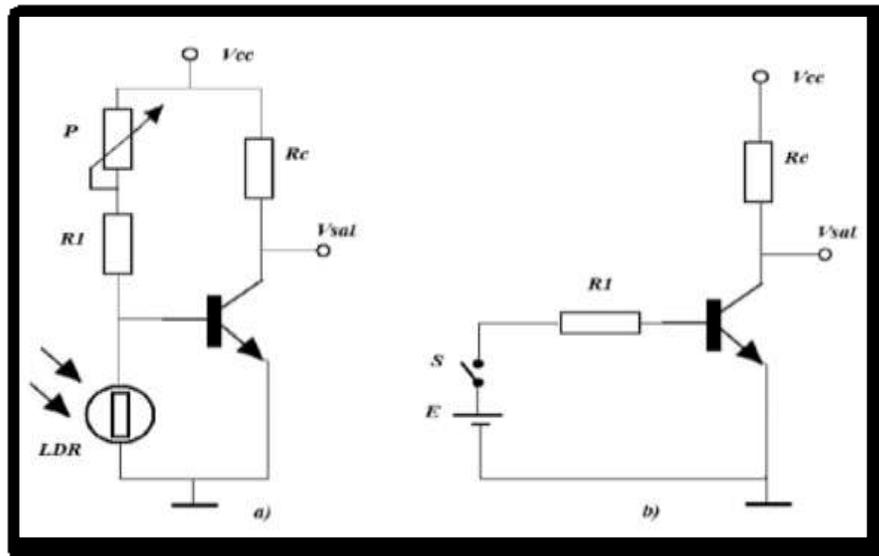
Los transistores son componentes electrónicos que se utilizan generalmente como amplificadores de señal o como conmutadores electrónicos cuando trabajan en corte y saturación, son por lo tanto buenos acondicionadores y adaptadores de señal para muchos tipos de sensores: resistivos, fotoelectrónicos, electromagnéticos, piezoeléctricos, etc.

La configuración del transistor más utilizado para este tipo de circuito es la de emisor común, por tanto será necesario utilizar las ecuaciones de polarización tanto que se quiere que el transmisor amplifique para que trabaje en conmutación. [21].

Las resistencias deben ser calculadas para que polaricen convenientemente al transistor, por ello se debe conocer la corriente máxima que circula por el colector y la beta del transistor. Por lo demás se sabe que aun transistor en saturación se le supone 0 voltios entre colector y emisor, así como la tensión de alimentación cuando está en corte.

En la Figura 14 se ilustran dos configuraciones transistor en corte (a) y transistor en saturación (b), que se usan como acondicionadores de señal para sensores del tipo resistivo como LDR o mecánicos como un final de carrera. [21]

Figura 14. Circuito acondicionador con transistor.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010). [21]

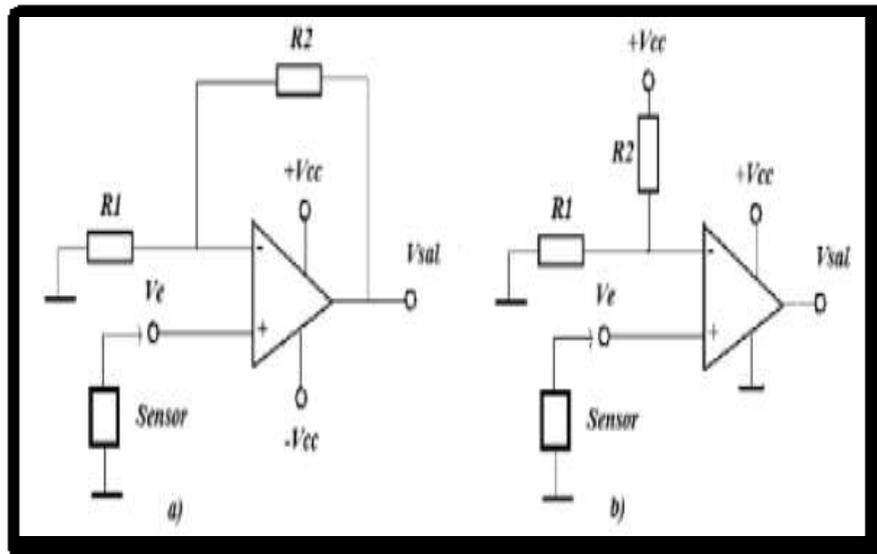
El funcionamiento previsto para los circuitos de la Figura 14 es que la tensión de salida cuando el sensor esté en reposo, la LDR con luz y el final de carrera abierto, sea + VCC, es decir, el transistor estará en corte. Por el contrario, cuando no incida luz sobre la LDR o el final de carrera se cierre, el transistor pasará a estar en saturación por lo que la tensión de salida será de 0 voltios. [21]

2.7.4. Amplificadores Operacionales

Los amplificadores operacionales (AO) se utilizan al igual que los transistores, es decir, como amplificadores de señal y como conmutadores electrónicos, con la ventaja de que se comportan como amplificadores ideales en lazo abierto, sin componentes externos, por lo que presenta una impedancia de entrada muy alta y una impedancia de salida muy baja. Esto facilita mucho la utilización como acondicionador de cualquier tipo de sensor. [21]

En la Figura 15; el circuito a es un amplificador no inversor cuyo lazo de ganancia, que va a la patilla inversora (-), lo establecen las resistencias $R1$ y $R2$. Este circuito puede ser utilizado como amplificador de señal con tensiones de salida que van desde -VCC hasta +VCC. El circuito b muestra un comparador, por lo que en este caso no hay realimentación de la señal de salida a la entrada, sino que las resistencias $R1$ y $R2$ un divisor fijando una tensión en la patilla inversora (-), de manera que cuando la tensión a la entrada sea mayor que la fijada por el divisor, la tensión de la salida será +VCC, en caso contrario siempre será de 0 voltios, ya que la alimentación utilizada es asimétrica.

Figura 15. Circuito acondicionador con AO.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010). [21]

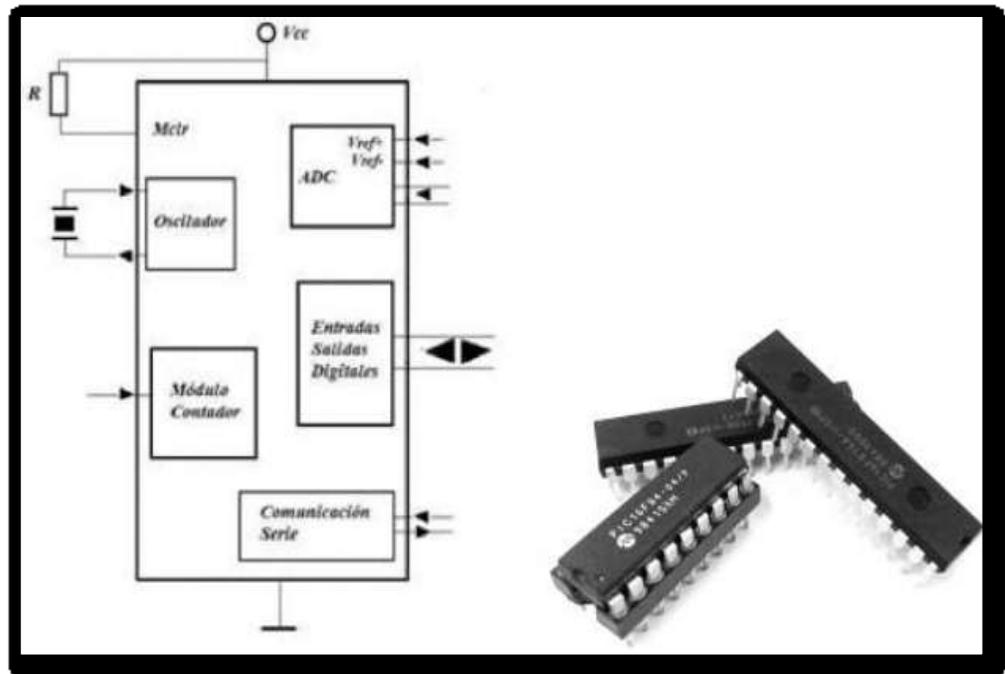
2.7.5. Microcontroladores

Si existen unos dispositivos electrónicos versátiles, económicos y capaces de procesar prácticamente todas las señales provenientes de cualquier tipo de sensor, estos son los microcontroladores. Estos dispositivos van provistos de líneas de entrada y salida digitales que pueden recibir señales que entregan los acondicionadores por puente de resistencia y operacionales. De igual manera implementan convertidores analógicos-digitales programables, entradas de captura y cuenta de pulsos, así como líneas de comunicación serie e I²C.

Comercialmente los microcontroladores más extendidos son los de la familia de Microchip y los de Atmel. [21]

En la Figura 16 se muestra la arquitectura interna de un microcontroladore. Este es como un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a controlar.

Figura 16. Arquitectura general de un microcontrolador.



Fuente: (Antonio Serna Ruiz, 2010)[21]

2.8. ZIGBEE (IEEE 802.15.4)

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicaciones inalámbricas, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless personal Area Network, WPAN), que tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. [21]

ZigBee es promovida por la ZigBee Alliance, la cual, es una asociación internacional de empresas con actualmente más de 260 miembros, con presencia en 24 países en seis continentes, cuyo objetivo es habilitar redes inalámbricas con capacidades de control y monitoreo que sean confiables, de bajo consumo energético y de bajo costo, que funcionen vía radio y de modo bidireccional; todo basado en un estándar público global que permita a cualquier fabricante crear productos que sean compatibles entre ellos. [21]

Las principales características de ZigBee, son su flexibilidad, su bajo coste y bajo consumo de energía a su vez son las características que conforman la idea básica de la que nació ZigBee: dispositivos fáciles de manejar que permiten formar redes inalámbricas de bajo coste, y que, gracias al bajo consumo, permite una amplia variedad de aplicaciones. En general, se puede decir que es una de las principales ventajas que presenta el protocolo ZigBee frente a otros, es que reduce el tiempo en que la comunicación vía radio esta activa, y, por tanto, reduce considerablemente el consumo. En caso de un nodo final, únicamente debe permanecer activo en el instante en el que se produce el envío a recepción de datos o balizas. Desde ese punto de vista, se hablara de un consumo asimétrico, ya que algunos dispositivos, como en el caso de los nodos finales, tendrán un consumo muy reducido, mientras que otro, como los coordinadores de la red, deben permanecer siempre activos y, por tanto, consumirán notablemente más que los anteriores. [21]

ZigBee al igual que Bluetooth, se encuentra dentro de la tecnología WPAN (Wireless Personal Área Network, Red Inalámbrica de Área Personal); sin embargo, ZigBee

requiere de muchas menos tecnología que Bluetooth WiFi a la hora de instalar un nodo. [22]

ZigBee se utiliza en aplicaciones con requerimientos bajos de transmisión y consumo de energía, como el control industrial, dispositivos con sensores como detectores de humo o intrusos, recopilación de datos médicos, o incluso en domótica.

Así, no está destinado a las aplicaciones para las que se utiliza Bluetooth, puesto que su velocidad es insuficiente. [22]

ZigBee, basada en la especificación IEEE 802.15.4 se utiliza en aplicaciones como domótica, redes de sensores, comunicaciones seguras con tasa bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo. Permite formar redes con elevado número de dispositivos. En el próximo apartado se amplía la información sobre las redes de sensores inalámbricos. [21]

Para crear una red ZigBee se necesita tres elementos.

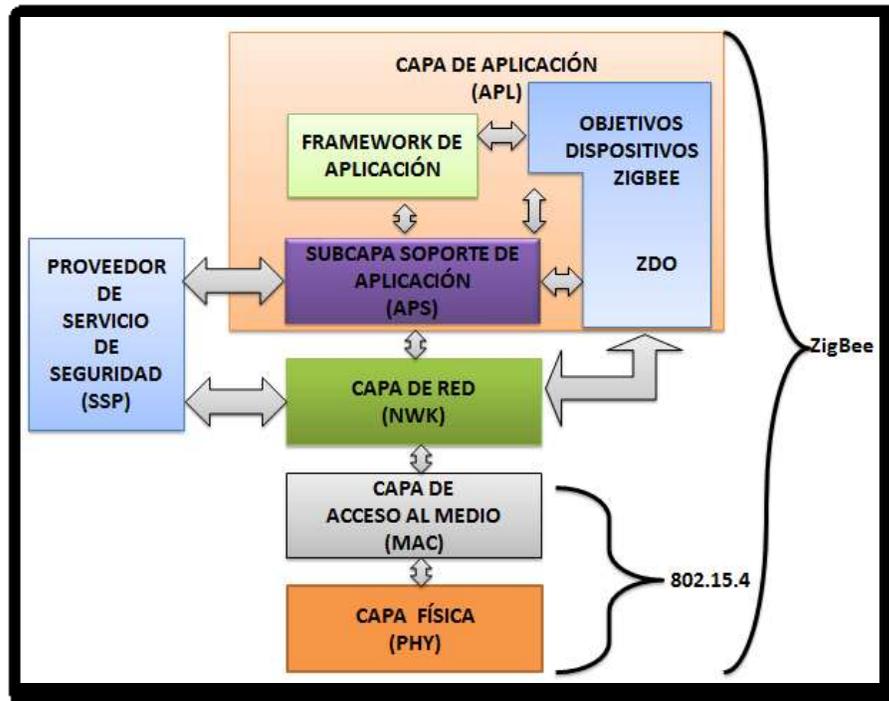
- **Coordinador ZigBee (ZC):** debe haber una por red, que controle y enrute la información que viaja entre dos dispositivos.
- **Router ZigBee (ZR):** conecta dispositivos separados en la red.
- **Dispositivo final (ZED):** puede conectarse con un ZC o un ZR pero no puede transmitir directamente a otro ZED, de modo que mientras no transmita, se queda <dormido>, aumentando la vida de sus baterías. [22]

2.8.1. Las capas del protocolo ZigBee

- **Relación con el modelo ISO/OSI**

En la Figura 17 se muestran las capas del protocolo ZigBee. Estas se basan en el modelo de referencia ISO para interconexión de sistemas abiertos OSI. Este modelo cuenta con 7 capas pero ZigBee usa solo 4 capas con el objeto de simplificar la arquitectura para el armado de una red de baja tasa de transmisión, simple y de bajo consumo. Las 2 capas inferiores, o sea la capa física (PHY) y la capa de acceso al medio (MAC) son las definidas por el Standard IEEE 802.15.4. Las capas de red (NWK) y de aplicación (APL) se definen en ZigBee. Cada capa se conecta con las capas adyacentes por medio de un SAP (Service Access Point). Un SAP es un lugar por donde una capa superior requiere un servicio a una capa inferior. [23]

Figura 17. Capas de 802.15.4 y Zigbee.



Fuente: Elaboración Propia.

La estructura del modelo de referencia OSI establece una pila de protocolos que se dividen en siete capas, pero ZigBee usa solo cuatro capas, simplificando la arquitectura de la red. Las dos capas inferiores, la capa Física y la Capa Enlace de Datos son definidos en el estándar IEEE 802.15.4. La capa de Red y la capa de Aplicación son definidas en ZigBee.

- **Nivel Físico:** en esta capa se establecen las normas eléctricas y mecánicas referentes al medio de comunicación. Se define aquí los tipos de conectores y cables (si los hubiera), las frecuencias, la tasa de transmisión, etc., es decir, todo lo que tenga que ver con las características materiales de la comunicación. Se Podría decir que esta capa normaliza el hardware de las comunicaciones.
- **Nivel de Enlace:** en este nivel se encuentran normalizados los primeros protocolos lógicos de bajo nivel. El nivel de enlace se subdivide, a su vez, en dos subcapas: MAC y LLC.

El subnivel MAC (Medium Access Control) está constituido por el protocolo de control de acceso al medio de las entidades de comunicación, incluyendo la definición de la trama lógica que se convertirá directamente, en la capa física, en la secuencia de cambios en la señal que constituyen, como tal, la transmisión física entre entidades, en la subcapa LLC (Logical Link Control) se establecen protocolos para el control de flujo y de errores a fin de presentar un interfaz uniforme a la capa superior, con independencia de la topología de la red.

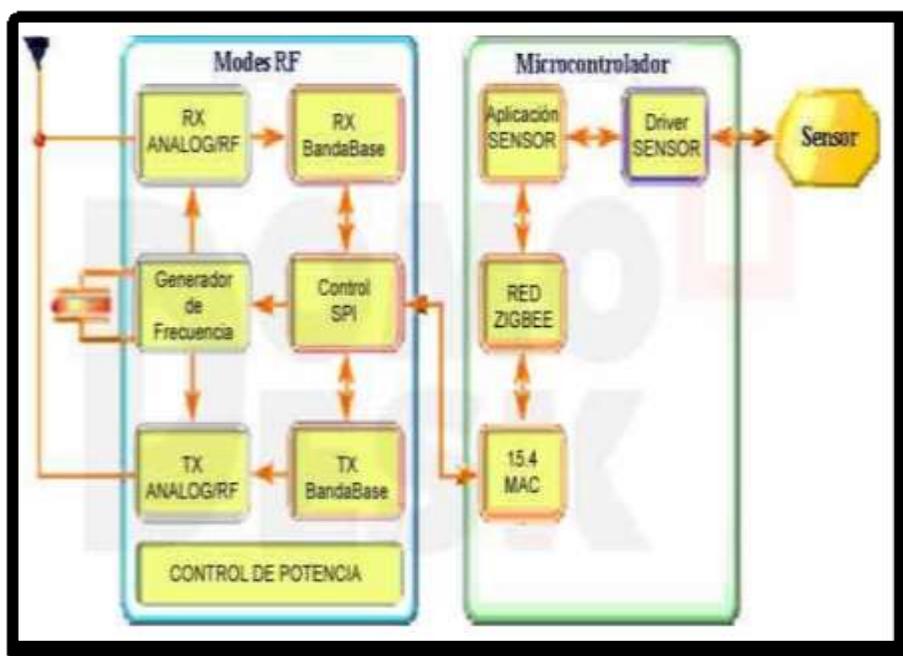
- **Nivel de Red:** los protocolos de este nivel permiten la interconexión y enrutamiento entre distintas redes. Los populares routers (encaminamiento) operan en esta capa.
- **Nivel de Transporte:** en esta capa, los protocolos preparan la información en segmentos o en datagramas que envían hacia la entidad de destino. Estos protocolos serán los encargados de que la transferencia sea libre de errores,

incluso aunque no estén en la misma red. También se encargan del mantenimiento del flujo de red.

- **Nivel de Sesión:** en las comunicaciones donde las entidades establecen una sesión de comunicación, los protocolos de este nivel garantizan el mantenimiento de la sesión hasta que esta no sea formalmente finalizada.
- **Nivel de Presentación:** este nivel se estandariza el contenido de los datos para que las entidades entiendan la información transmitida. Se podría decir que la misión de esta capa es servir de traductor. [24]
- **Nivel de Aplicación:** es el más alto definido por la especificación y, por tanto, la interfaz efectiva entre el nodo ZigBee y sus usuarios. En él se ubica la mayor parte de los componentes definidos por la especificación: tanto ZDO's como sus procedimientos de control como objetos de aplicación. [23]

En la Figura 18 se observa un circuito integrado de radio frecuencia (RF IC) de ZigBee, con una pequeña parte de capa física (PHY) conectada al bajo consumo/pequeño voltaje del microcontrolador de 8-bits con periféricos, conectados a una aplicación de sensor o actuador.

Figura 18. Esquema de un Dispositivo tipo ZigBee.



Fuente: (Veuthey, 2012). [25]

2.8.2. Tecnología ZigBee

Con velocidades comprendidas entre 20 KB/s y 250 KB y rangos de 10 m a 75 m, según configure cada fabricante su aplicación. Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).

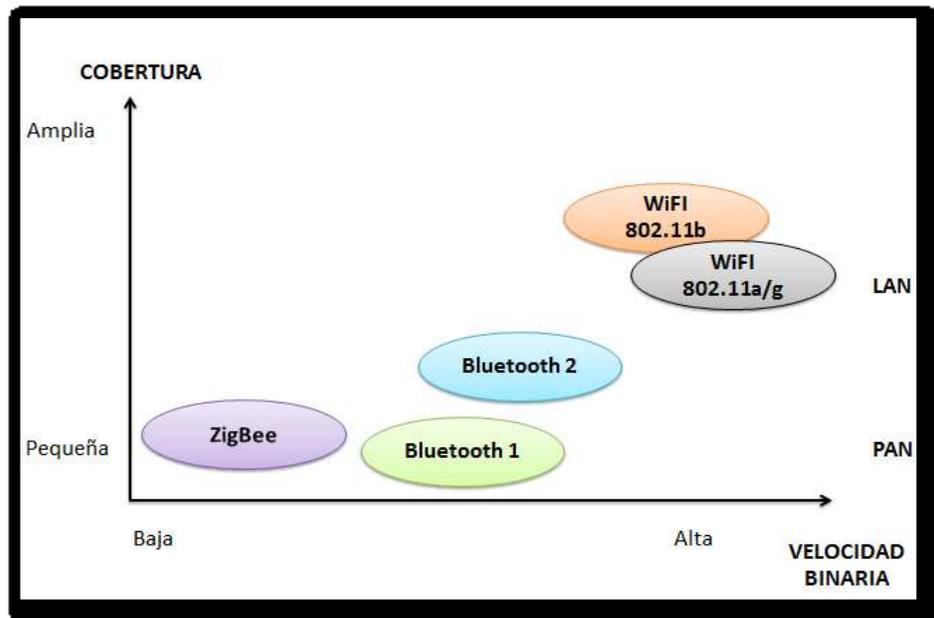
Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas.

El objetivo es que un sensor equipado con transceiver ZigBee puede ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años. Comparando, la tecnología Bluetooth es capaz de llegar a 1 MB/s en distancia de hasta 10 m operando en la misma banda de 2,4 GHz, solo puede tener 8 nodos por celda y está diseñado para mantener sesiones de voz de forma continua.

Los miembros de esta alianza justifican el desarrollo de este estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo del Bluetooth. [26]

En la Figura 19 se presenta de manera visual, la ubicación de los distintos estándares inalámbricos conocidos, contrastado con su relación ancho de banda y el rango de distancia que abarcan.

Figura 19. Posicionamiento de la tecnología ZigBee respecto a otras tecnologías inalámbricas.



Fuente: (Stefan Junstrand, 2005). [26]

2.8.3. Cobertura

ZigBee en la banda 2,4 GHz usa una modulación de espectro expandido llamado DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). A 250 Kbps y transmitido una potencia de 1 mW (o dBm) cubre aproximadamente 13 metros de radio, mientras que el Bluetooth alcanza los 10 metros, con igual potencia, ofreciendo hasta 1 Mbps en una dirección. [26]

Tabla 2. Rango de la tecnología ZigBee en función de la potencia transmitida y velocidad binaria.

Potencia (mW)/ Velocidad (Kbps)	1 mW (0 dBm)	10 mW (10 dBm)	100 mW (20 dBm)
250 Kbps	13 m	29 m	66 m
28 Kbps	23 m	54 m	154 m

Fuente: (Stefan Junstrand, 2005). [26]

2.8.4. Complejidad de la red

Una red 802.15.4 puede ser punto a multipunto (estrella) o peer-to-peer con visión directa, cualquiera otra necesidad que no entre en estas topologías debe ser manejada por esquemas externos desarrollados por el arquitecto de la solución.

ZigBee es una red múltiplemente conexa que permita llegar a los sitios más remotos mediante saltos intermedios, cubriendo áreas extensas. Su capacidad de routing permite que todos los nodos de la red puedan intercambiar mensajes si necesidad de tener comunicación o visión directa entre sí. [27]

2.8.5. Complejidad del Stack

Dado que ZigBee Se basa en 802.15.4, el stack de protocolo es mucho más complejo que el de esta. Un stack 802.15.4, es lo suficientemente pequeño como para caber en micros de pocos recursos, incluso un RFD requiere solamente un par de KB de código para su aplicación. Un stack ZigBee requiere mucha mayor cantidad de memoria y micro más caros. [27]

2.8.6. Seguridad

En lo que a seguridad y criptografía se refiere, si bien 802.15.4 tiene unas simples provisiones al respecto, es claro que ni siquiera con toda la buena voluntad se acerca a las prestaciones de ZigBee.

En la mayoría de los casos donde solo se requiera que la información transmitida no pueda ser vista por error, el simple cifrado de 802.15.4 es bastante robusto, dado que es el mismo utilizado para transacciones de seguridad. Sin embargo, dado que se trata de una clave única, carece de los requisitos necesarios para aplicaciones más complejas en las cuales es necesario ocultar entre aplicaciones o entre nodos, o incluso poder autenticar nodos. En estos casos, un stack ZigBee. PRO provee lo requerido. [27]

2.8.7. Conectividad

Comunicación confiable mediante un enlace de radiofrecuencia, permitiendo a demás el uso de broadcasts para direccionar varios dispositivos a la vez. La confiabilidad se obtiene mediante detección de error, acuse de recibo y retransmisión: de modo que se pueda determinar si una trama se entrega o no. Si bien esto puede realizarse con tecnologías previamente existentes, el énfasis de 802.15.4 se halla en la simpleza de la implementación, requiriendo relativamente poca potencia de procesamiento y facilitando la operación en bajo consumo, permitiendo que los dispositivos puedan “ausentarse” para dormir por cierto periodo de tiempo.

El stack de protocolo ZigBee se apoya sobre IEEE 802.15.4-2003 para la comunicación entre dispositivos cercanos, es decir el acceso al medio y el intercambio de mensajes por éste. Por sobre esta base, define un nivel de routing (NWK) que permite que los dispositivos con funcionalidad de router puedan transportar mensajes para otro destinatario, extendiendo el alcance total de la red. [28]

- **Routing en una red ZigBee**

Una red ZigBee puede tomar topología:

- ❖ **Estrella**
- ❖ **Árbol**
- ❖ **Mesh**

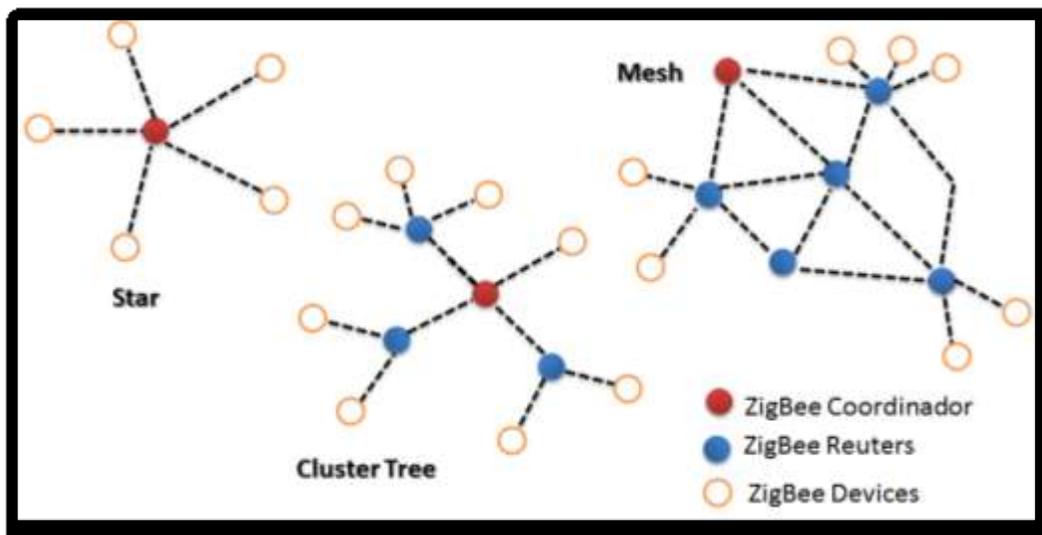
En una red estrella, el coordinador atiende a un numero de dispositivos, de modo similar a una red 802.15.4.

En una red árbol se tiene la presencia de routers, y se puede armar pequeñas estrellas (Cluster tree). La información se distribuye de forma jerárquica a lo largo del árbol hasta llegar a destino.

En una red mesh, los routers y el coordinador “descubren” la ruta hacia el destinatario del mensaje mediante una serie de mensajes NWK. Si no hay comunicación directa, los mensajes viajan de router en router hasta llegar al destinatario. Los dispositivos de bajo consumo siempre entregan los mensajes a un coordinador, quien tiene la misión de recibir y guardar los mensajes para estos hasta tanto despierten y lo conecten, momento en el cual procede a entregárselos. Si una ruta falla, es posible determinarlo debido a que 802.15.4 posee configuración de recepción, entonces el router que tiene el mensaje inicia el proceso de descubrir una ruta alternativa y la red converge nuevamente. [28]

En la Figura 20 se muestra las topologías de la red ZigBee en estrella, en malla o en grupo de árboles.

Figura 20. Topología de red ZigBee.



Fuente: Elaboración Propia.

2.8.8. XBEE 802.15.4

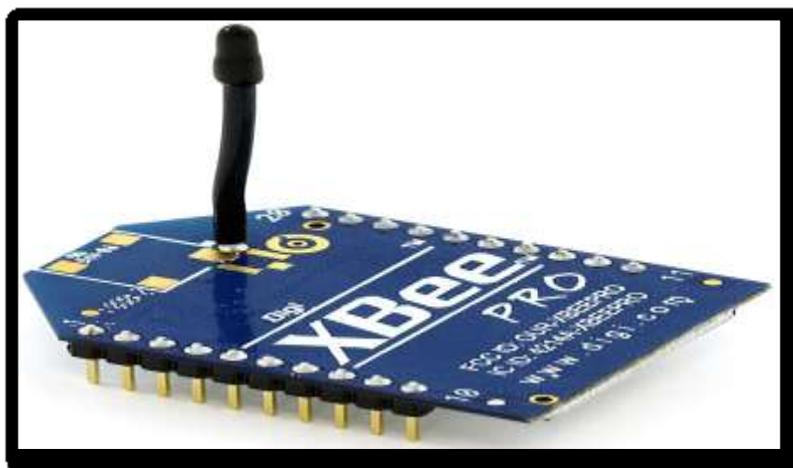
XBee es el nombre comercial dado por el fabricante Digi International a una familia de emisores/receptores de señales de radiofrecuencia de bajo consumo y con un encapsulamiento y tamaño compatible entre sí. [28]

- **Descripción de XBEE**

Transeiver XBee con antena tipo cable, el cual trabaja con tecnología ZigBee 802.15.4, es muy fácil de usar debido a que trabaja con una comunicación serial para ingreso de datos y configuración, es decir que con dos módulos XBee puedo establecer una comunicación bidireccional por puerto serie entre un PC y cualquier dispositivo como un microcontrolador, otro PC, etc., o entre microcontroladores, o diferentes dispositivos que manejen comunicación serial, el modulo viene configurado por defecto para una comunicación de 9600 Bps de 8 bits, sin embargo el usuario puede cambiar la velocidad de transmisión a así como otros parámetros, además estos módulos permiten hacer comunicaciones punto a punto. [29]

En la Figura 21 se muestra un ejemplo de un dispositivo XBee PRO el cual tiene mayor alcance (1,6 Km línea vista). Pero para ello tiene mayor consumo de potencia.

Figura 21. Módulo XBee PRO.



Fuente: (Wilman Michael Fonseca Rodríguez, 2012). [29]

- **Comunicación Punto a Punto**

Por defecto, el XBee funciona en modo transparente. En este modo, el modulo envía al remoto configurado como destinatario los mensajes que recibe por su puerto serie, y presenta en este los mensajes que recibe del módulo remoto. Se asigna las direcciones configurando el parámetro MY=<dirección> para la dirección propia y DL=<dirección> para la dirección del remoto. Esto se hace en ambos modelos antes de ponerlos en servicio, por ejemplo:

- **Módulo 1**
 - MY= 1234
 - DL=4321

- **Módulo 2**

- MY= 4321
- DL=1234

Ambos módulos permanecen con el receptor encendido a la espera de un mensaje del otro.

• **Red punto a multipunto con coordinador**

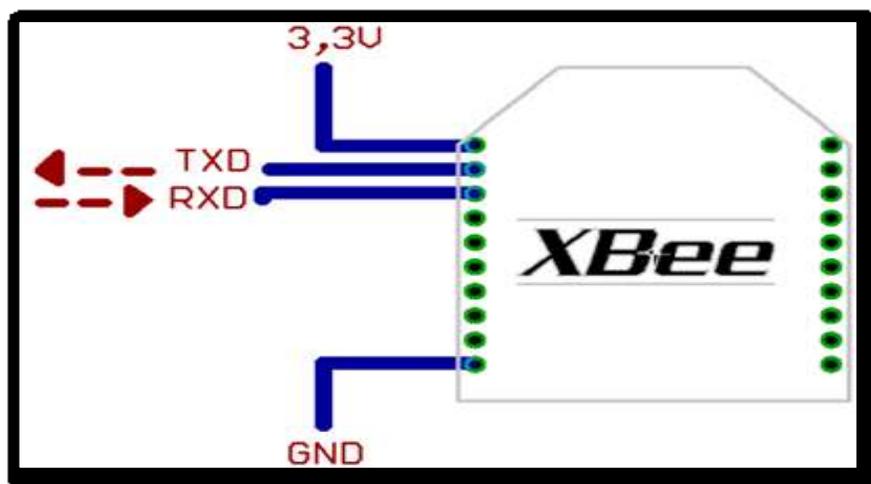
Los módulos remotos son aquellos que tienen el parámetro CE con el valor 0. El modulo central se denomina coordinador, y para que funcione como tal se deberá setear el parámetro CE en el valor 1. Solo puede haber un coordinador para la red (PAN), el número máximo de end-devices dependerá en la práctica del tráfico.

Cada módulo remoto (end-device, parámetro CE=0) tendrá como dirección de destino la del módulo central (coordinador, parámetro CE=1), y su dirección propia será única. El archivo adjunto contiene un ejemplar de configuración con un coordinador y dos remotos; uno permanentemente activo y otro que permanece en bajo consumo y se activa periódicamente. [28]

• **Circuito básico para XBee**

La Figura 22 se observa la distribución de pines esta sirve para conocer los módulos y la forma de conexión a un circuito electrónico, este esquema es estándar tanto para la serie 1 y 2.

Figura 22. Conexión mínima requerida para el XBee.



Fuente: (Wilman Michael Fonseca Rodríguez, 2012). [29]

El módulo requiere de una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (TXD Y RXD) para comunicación

con un micro controlador, o directamente a puerto serial utilizando algun conversor adecuado para los niveles de voltaje. [29]

2.9. REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Una red de sensores inalámbrica o WSN (Wireless Sensor Network) es una red inalámbrica de dispositivos de censado. Las WSN son sistemas distribuidos constituidos por dispositivos de bajo consumo de energía, con capacidades de censado y comunicación. Los dispositivos que conforman dichas redes se les denomina nodos sensore o motas (motes) y están limitados en su capacidad computacional y de comunicación. Sin embargo trabajan de forma colaborativa para llevar la información de un punto a otro de la red transmitiendo pequeños mensajes de un modo u otro.

Estan considerando que las WSN puedan estar constituidad por cientos o miles de nodos sensores, y la mayoría de las aplicaciones de las WSN están relacionadas al monitoreo y detección de fenómenos. En estas aplicaciones las redes de sensores no pueden operar completamente aisladas y deben contar con alguna forma de monitoreo y acceso a la información adquirida por los nodos de la red de sensores.

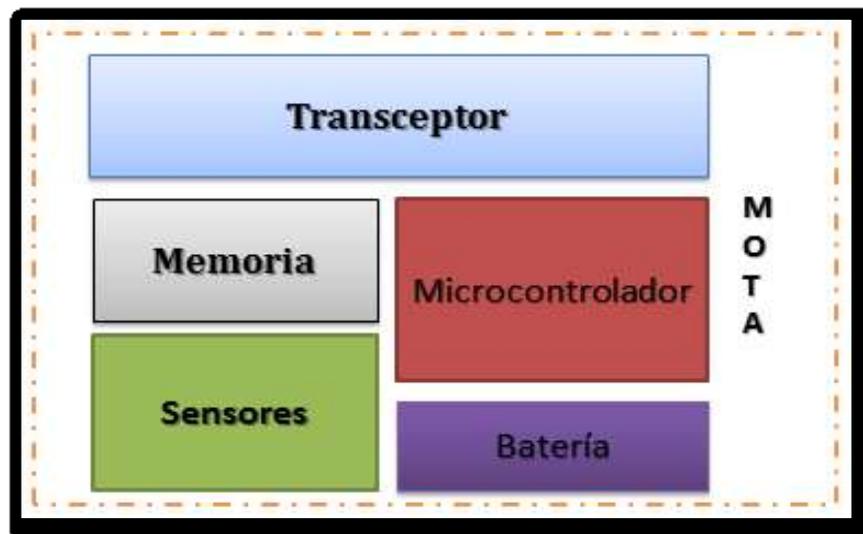
De aquí surge la necesidad de conectar las redes de sensores a infraestructuras de redes existentes tales como internet, redes área local (LAN) e intranets privadas. Los dispositivos que realizan la función de interconectar dos redes de diferentes naturaleza se les llama dispositivo puerta de enlace conocido como Gateway.

La comunicación entre los nodos sensores y los nodos Gateways , se realizará mediante una Red inalámbrica de Área (Protocolo de comunicaciones ZigBee), mientras que la comunicación entre los dispositivos gateways y una estación base de control se realiza mediante una red de área extensa.

Un nodo sensor o mota, es un elemento computacional con capacidad de procesamiento, memoria e interfaz de comunicación que puede formar un conjunto o red de sensores. [21]

El hardware básico de un nodo sensor, tal como muestra la Figura 23 se compone de un transceptor (transmisor y receptor), un microcontrolador, uno o varios sensores, una batería o fuente de alimentación y si fuera necesario una memoria externa.

Figura 23. Esquema de un nodo sensor o mota.



Fuente: Elaboración Propia.

la función de cada uno de los elementos que componen un nodo sensor es la siguiente:

- **Sensores:** son los encargados de monitorear determinados parámetros de interés e información de ellos al microcontrolador.
- **Microcontrolador:** determina la capacidad de computación del nodo sensor. Éste recibe la que envié la información recogida hasta la estación base.
- **Transceptor:** es un dispositivo semiduplex que envía y recibe información empleando elementos comunes del circuito para ambas acciones, pero no de forma simultánea. Es el encargado de enviar inalámbricamente los datos que recibe del microcontrolador y de recibir información de otros nodos a la red.
- **Memoria externa:** se emplea en aquellos casos en los que la información a tratar es demasiado grande y la memoria del microcontrolador empleado no es suficiente.
- **Batería** o fuente de alimentación: es el elemento que proporciona la energía suficiente para hacer funcionar al resto de sistemas que componen el nodo sensor. En aplicaciones en las que no es imposible el acceso a la red eléctrica se emplean baterías, lo que implica que el consumo del nodo debe ser menor posible para aumentar la durabilidad de las mismas y con ello la autonomía del sistema. [21]

2.10. REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas Wireless (wireless network) son redes sin cable que se suelen comunicar por medio no guiados a través de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se efectúan a través de antenas. Normalmente, el emisor tiene una sola antena, pero puede tener varias, ya que existen sistemas que emplean dos, tres e incluso hasta cuatro antenas. Unas antenas se usan para la emisión, otras para la recepción y normalmente, la mayoría de veces, la misma antena permite actuar de ambos modos. También se puede trabajar con antenas intermedias (alcanzando distancias de pocos metros) o repetidores (alcanzando decenas de kilómetros).

Las redes inalámbricas no solo se emplean para realizar conexiones de datos, con frecuencia se utilizan para emitir señal de televisión, en telefonía, para seguridad (Webcam), para sensores y domótica (frigoríficos que hacen la compra, hidromasaje, lavadoras programables...), y en otros usos (riegos por goteo, voz sobre IP, videovigilancia...), etc. [30]

2.10.1. Características de las redes inalámbricas

Las ventajas que nos ofrece este medio son muchas:

Rápida instalación de red: no necesita cablear, ni pedir permiso de obras, levantar las calles y calzadas de las ciudades, etc.

- **Permiten movilidad:** el medio de transmisión (de envío y recepción) no está sujetas a ningún cable, lo que permite una movilidad dentro del radio de recepción de la señal.
- **Menos costo de mantenimiento:** al no tener cableado, los costos de mantenimiento se reducen.
- **Accesibilidad:** casi todos los móviles, PDA y portátiles soportan e incluyen varias tecnologías inalámbricas.

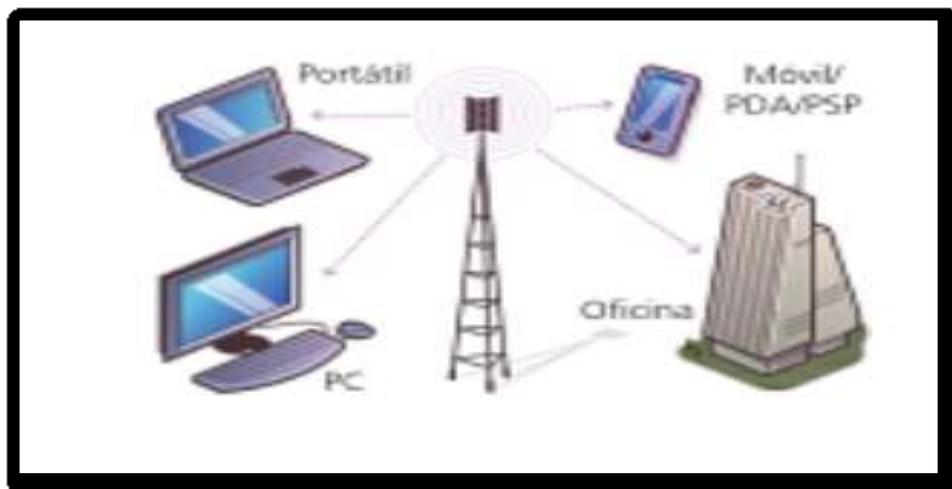
- Productividad: las redes inalámbricas propician la colaboración, el teletrabajo, etc.
- Es la única solución para zonas donde no llega el cableado, como el caso de zonas rurales deseminadas.

Pero también tiene desventajas insalvables e impredecibles:

- Cambios atmosféricos: la lluvia, el viento (vientos fuertes, tormentas, huracanes), etc.
- Interferencias externas: de otros emisores de microondas.
- Falta de seguridad: al emitirse libremente por el aire para poder ser interceptado por cualquiera, lo que requiere aumentar la seguridad y la encriptación.
- Más errores: por las interferencias.
- Más costes iniciales: los dispositivos, antenas, etc. Son más caros.
- La velocidad es más limitada. [30]

La Figura 24 se ilustra una red en la que dos o más terminales (por ejemplo, ordenadores portátiles, agendas electrónicas, etc.) se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable.

Figura 24. Redes Inalámbricas.



Aporte: (Andreu, 2010). [30]

2.10.2. Funcionamiento sistema inalámbrico

Muchas veces se preguntan cómo es que los dispositivos inalámbricos funcionan sin necesidad de cables. Si bien se acostumbran a ellos, no se sabe cómo trabajan. En las próximas líneas se ve cómo funciona esta tecnología para tener un panorama más claro que valga de introducción para explicar la forma en que éstos trabajan.

Para transportar la información de un punto a otro de la red sin necesidad de un medio físico, se utilizan ondas de radio. Al hablar de ondas de radio, se refiere normalmente a ondas portadoras de radio sobre las que se transporta la información (trasladando la energía a un receptor remoto).

La transmisión de datos entre dos computadoras se realiza por medio de un proceso conocido como modulación de la portadora. El aparato transmisor agrega datos a una onda de radio (onda portadora). Esta onda, al llegar al receptor, es analizada por éste,

el cual separa los datos útiles de los inútiles.

Una frecuencia de radio es la parte del espectro electromagnético donde se generan ondas electromagnéticas mediante la aplicación de corriente alterna a una antena. Si las ondas son transmitidas a distintas frecuencias de radio, varias ondas portadoras pueden existir en igual tiempo y espacio sin interferir entre sí, siempre que posean una frecuencia distinta. Para extraer los datos, el receptor debe situarse en una determinada frecuencia (frecuencia portadora) e ignorar el resto. [32]

2.10.3. Elementos de una red inalámbrica

La tecnología de redes inalámbricas ofrece movilidad y una instalación sencilla, además permite la fácil ampliación una red. Es decir, que se puede estar moviéndonos por nuestra empresa, calle, parque, cafetería, aeropuerto (imaginación al poder) sin perder la conectividad con Internet. Esto es algo que actualmente está tomando gran importancia, no ya tanto para el típico ejecutivo de chaqueta y portátil, sino para todo el mundo.

Para llevar a cabo este servicio se necesita de una serie de equipos o dispositivos, sin los cuales no se podría hacer nada, estos equipos dispositivos se describen a continuación. [32]

- **Punto de acceso (Access Point)**

Se suele abreviar como AP. Piensa en ellos como un HUB o SWITCH de red normal cableada, ver Figura 25: a él se conectan los equipos y es él quien reparte los paquetes. Pues en WIFI es algo similar, es un dispositivo que "gestiona", los paquetes lanzados por otras estaciones inalámbricas, haciéndolas llegar a su destino. Además el punto de acceso, da conectividad a una red cableada, por lo que la red inalámbrica puede acceder a otros equipos que estuvieran en una red cableada. [32]

Figura 25. Punto de acceso.



Fuente: (Nuñez, 2006). [32]

✓ Tarjetas de red inalámbricas

Son todas aquellas tarjetas que nos proporcionan conectividad inalámbrica, ver Figura 26. Las más conocidas son las que vienen formadas PCMCIA, para portátiles, aunque también las hay en forma PCI, compacFlash, Smart Cars, USB y similares. Son equivalentes a una tarjeta de red normal, sola que sin cables. Sus configuraciones a nivel de IP son exactamente igual que una tarjeta Ethernet. Las diferencias más importantes entre una WIFI y una Ethernet, (aparte de que las primeras no llevan cable..) son: el cifrado de datos, el ESSID, el canal, y el ajuste de velocidad. [32]

Figura 26.Tarjetas de red inalámbrica.



Fuente: (Nuñez, 2006). [32]

✓ Antenas

Entre los modelos y variantes de antenas, se pueden distinguir 2 grandes familias: Las antenas Direccionales y las antenas Omnidireccionales. Como su nombre indica, las direccionales emiten la señal hacia un punto en concreto, con mayor o menor precisión. Las "Omni" por el contrario, emiten por igual en todas direcciones, en un radio de 360º, pero sólo sobre el plano perpendicular de la antena. De todas formas, y para aclarar un poco esto, pásate por el nuevo documento: Introducción a antenas.

Dentro del grupo de antenas direccionales, se tiene las de Rejilla o Grid, las Yagi, las parabólicas, las "Pringles" las de Panel y las Sectoriales. Ver Figura 27. Las omnidireccionales suelen ser una simple varilla vertical, aunque tienen su tela también. Hay que decir que cuanto más alta sea la ganancia de la antena, mayores distancias que se pueden cubrir con una antena, y con mejor calidad se puede captar señales que pudieran llegarnos muy débilmente.

Figura 27. Tarjetas de red inalámbrica.



Fuente: (Nuñez, 2006). [32]

2.11. CUADRO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Teniendo en cuenta que existen varias tecnologías de comunicación inalámbricas, las necesidades de este trabajo y la disposición de las mismas, se analizan por sus características la tecnología inalámbrica más viable.

El estándar inalámbrico ZigBee (IEEE802. 15.4), es la tecnología más adecuada a este proyecto debido a su confiabilidad para trabajar en redes de sensores, por el bajo consumo de energía, fácil implementación y su universalidad (gran cantidad de proveedores en todas las regiones).

Tabla 3. Comparación entre la tecnología ZigBee y Bluetooth.

TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS									
ASPECTOS	ZIGBEE	BLUETOOTH							
	IEEE802.15.4	IEEE802.15.1 SIG	IEEE802.15.1 V1.0-V1.b	IEEE802.15.1 V1.1	IEEE802.15.1 V1.2+AFH	IEEE802.15.1 V2.0+EDR	IEEE802.15.1 V2.1+EDR	IEEE802.15.1 V3.0+HS	IEEE802.15.1 V4.0 LOW ENERGY
ESTÁNDAR									
TIPO DE RED	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN	WPAN
APROBADO	2006	1998	1999	2002	2003	2004	jun-05	2010	2006
CAPAS DEL REFERENCIA	* PHY * MAC * NWK * APL	Dispositivo de radio, Banda Base, Controlador de enlace, LM, HCI, L2CAP, RFCOMM, Aplicaciones	Dispositivo de radio, Banda Base, Controlador de enlace, LM, HCI, L2CAP, RFCOMM, Aplicaciones	Dispositivo de radio, Banda Base, Controlador de enlace, LM, HCI, L2CAP, RFCOMM, Aplicaciones	Dispositivo de radio, Banda Base, Controlador de enlace, LM, HCI, L2CAP, RFCOMM, Aplicaciones	* MAC Alternativo * PHY	* MAC Alternativo * PHY	* MAC Alternativo	* MAC Alternativo * PHY
TÉCNICAS DE MODULACIÓN	OQPSK (2.4 GHz) BPSK, ASK, OQPSK, (868 MHz-915 MHz)	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK PSK DQPSK 8DPSK	GFSK	* PHY	GFSK
TECNICAS DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE RADIO	DSSS (2.4 GHz, 868 MHz-915MHz) DSSS (868 MHz-915 MHz)	DSSS/FHSS	FHSS	FHSS	FHSS	FHSS	FHSS	FHSS	FHSS
VELOCIDAD	20-250 kbps	1 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	3 Mbps	3 Mbps	24 Mbps	24 Mbps
NÚMERO DE CANALES	3 (EUROPA9) 30 (EE.UU Y CANADA) 16 (EN TODO EL MUNDO)	79	79	79	79	79	79	79	79

Aporte: (Seide, 2003). [31]

Tabla 4. Tecnología Wimax.

TECNOLOGÍAS INALAMBRICAS									
ASPECTOS	WIMAX								
ESTÁNDAR	IEEE802.16	IEEE802.16	IEEE802.16	IEEE802.16a	IEEE802.16b	IEEE802.16c	IEEE802.16d EVOLUCIONADO	IEEE802.16e MÓVIL	IEEE802.16 f
TIPO DE RED	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN	WMAN
APROBADO	2001	Junio de 2004	.2009	Enero de 2003	1999	2003	2004	Diciembre de 2005	2005
CAPAS DEL REFERENCIA	PHY MAC	PHY MAC	PHY MAC	PHY MAC	PHY MAC	PHY MAC	PHY	PHY MAC	PHY MAC
TÉCNICAS DE MODULACIÓN	QPSK, 16QAM, 64 QAM y BPSK	BPSK, QPSK 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64 QAM y BPSK	N/D	QPSK, 16QAM, 64 QAM y BPSK	BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM (OPCIONAL)	BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM (OPCIONAL EN UL)	N/D
TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE RADIO	OFDM OFDMA	OFDMA	OFDMA	OFDM OFDMA	N/D	OFDM OFDMA	OFDM	OFDM	N/D
VELOCIDAD	32 Mbps 134.4 Mbps	N/D	32 Mbps 134.4 Mbps	32 Mbps 134.4 Mbps	N/D	32 Mbps 134.4 Mbps	1 Mbps-75 Mbps	Mbps-75 Mbp	70 Mbps
NÚMERO DE CANALES	256	N/D	N/D	256	N/D	N/D	N/D	256	N/D
FRECUENCIA ISM	10 GHz- 66 GHz	10 GHz- 66 GHz	2 GHz -11 GHz	2 GHz -11 GHz	5Ghz y 6 Ghz	10 GHz -65 GHz	4.935 GHz 4.999 GHz	2.3 GHz -2.4 GHz 2.496 GHz - 2.690 GHz 3.4 GHz- 3.6 GHz	N/D

ALCANCE	<50 Km	48 Km	50 Km	40Km -70 Km	N/D	N/D	N/D	1.5 km a 5km	50 Km
POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA	100 Mw y 2W	N/D	1.0 W	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA	0m dB y 33 dB	N/D	30 dBm	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
TOPOLOGÍA	Punto a Multipunto,	punto a multipunto	N/D	Punto a Multipunto,	N/D	P2P. Punto a Multipunto,	punto a punto punto a multipunto	Punto a Multipunto, malla	N/D
CONSUMO DE CORRIENTE	N/D	N/D	N/D	para estaciones de usuarios fijas	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
BATERIA	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
APLICACIONES COMERCIALES	* Acceder a una red empresarial desde cualquier punto, Acceder a Internet sin necesidad de cables, Conectarse sin cables con un pc, Servicio de HotSpot para acceso restringido por tiempo o volumen, Aceder a servicios de VoIP sin cables, etc.								

Aporte: (Seide, 2003). [31]

Tabla 5. Tecnología Wi-Fi.

TECNOLOGÍAS INALAMBRICAS											
ASPECTOS	WI-FI										
ESTÁNDAR	IEEE 802.11	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11c	IEEE 802.11d	IEEE 802.11e	IEEE 802.11f	IEEE 802.11g	IEEE 802.11h	IEEE 802.11i	IEEE 802.11j
TIPO DE RED	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN
APROBADO	1997	Julio de 1999	Julio de 1999	1998	2001	Diciembre de 2005	2003	Junio de 2003	2003	Junio de 2004	2002
CAPAS DEL REFERENCIA	PHY MAC	PHY	CCK en PHY MAC	MAC	PHY	MAC	PHY MAC	PHY	PHY MAC	MAC	PHY MAC
TÉCNICAS DE MODULACIÓN	DSSS, BPSK, CCK, COFDM, OFDM	QAM-64	BPSK, QPSK, CCK	N/D	N/D	N/D	N/D	OFDM, CCK, BPSK, QPSK	N/D	N/D	N/D
TECNICAS DE PROPAGACIÓN POR ONDA DE RADIO	DHSS, FHSS	OFDM	DSSS, FHSS	N/D	N/D	N/D	N/D	DSSS y OFDM	OFDM	N/D	N/D
VELOCIDAD	1-2 Mbps	54 Mbps	11 Mbps	N/D	N/D	N/D	N/D	36 0 54 Mbps5	54 Mbps	N/D	N/D
NÚMERO DE CANALES	3	12 sin solapamiento 8 (Interiores) 4 (Exteriore) No ofrece QoS	14 canales solapados	N/D	N/D	N/D	N/D	14 canales solapados	N/D	N/D	N/D
FRECUENCIA ISM	ISM a 2,400 GHz hasta 2.483,5	5.1-5.2 GHz 5.2-5.3 GHz 5.7-5.8 GHz	2.4-2.485 GHz	N/D	Frecuen-cia típica 3,4 GHz	N/D	N/D	2.4 GHz	5.0 GHz	N/D	5.0 GHz
ALCANCE	30 m Interiores 100 m Exteriores	30 m a (54Mbps) y 300 m (6Mbps) en Exteriores y 90 m a (6 Mbps) cuando se utiliza en Interiores	120 m a (11Mbps) y 460 m a (1Mbps) en Exteriores 30 m a (11Mbps) y 90 m (1Mbps) en Interiores	N/D	N/D	N/D	N/D	Tanto en interiores (alrededor de 30 metros) como en exteriores (hasta 150 metros).	85 m interior 185 Exterior	N/D	N/D

POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA	800 mw	40 mW en banda 5.1, 250 mW en banda 5.2, 800 mW en la banda 5.7 (En estados Unidos)	1000 mW	N/D	N/D	N/D	N/D	1000 mW	N/D	N/D	N/D
POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA	29 dBm	16 dBm 24 dBm 29 dBm	30 dBm	N/D	N/D	N/D	N/D	30 dBm	N/D	N/D	N/D
TOPOLOGÍA	Está compuesto por * STA * AP * IBSS * BSS * DS * ESS	*P2P *Punto de acceso * punto a multipunto	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
CONSUMO DE CORRIENTE	TX=>400 mA Standby= 20m A	TX=>400 mA Standby= 20m A	TX=>400 mA Standby= 20m A	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
APLICACIONES COMERCIALES	Conexiones a internet de banda ancha., Servicio de VoIP (con o sin nomadismo), Servicio de transmisión de datos mediante redes privadas (VPN), Transmisión inalámbrica de datos Media, Red de área local LAN, 802.11p (Aplicaciones en el ámbito del transporte. Seguridad, peajes, etc), IEEE802.11e (calidad del servicio QoS),),										

TECNOLOGÍAS INALAMBRICAS

WI-FI

IEEE 802.11k	IEEE 802.11m	IEEE 802.11n	IEEE 802.11p	IEEE 802.11r	IEEE 802.11s	IEEE 802.11v	IEEE 802.11w
WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN	WLAN
2003	N/D	2009	2010	2010	2010	2011	2011
PHY MAC	PHY MAC	PHY MAC	MAC	MAC	PHY MAC	N/D	MAC
N/D	N/D	OFDM OFDMA	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	100 Mbps y 1 Gbps	600 Mbps	54 Mbps	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2.4 GHz y 5GHz	N/D	2,4 GHz Y 5 GHz	5,90 GHz y de 6,20 GHz,	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	N/D	50 m Interior 140 m Exterior	400 m	N/D	N/D	N/D	N/D

N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Malla	N/D	N/D
N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
<p>IEEE802.11k (mejora la gestión de redes WLAN), IEEE802.11m(mantenimiento de las redes wireless,), IEEE802.11r (pensado para comunicación rápida y segura entre puntos de acceso), IEEE802.11s (Interoperatibilidad entre fabricantes), IEEE802.11v (Configuración remota de dispositivos clientes), IEEE802.11w (Mejora en la capa de control de acceso al medio en cuanto a su autenticación y codificación).</p>							

Aporte: (Seide, 2003). [31]

2.12. Acondicionamiento de la señal del sensor (Amplificador)

Los sensores ofrecen una tensión o una corriente cuya magnitud, frecuencia e impedancia de salida determinan las características requeridas en la etapa de acondicionamiento.

Los sensores electrónicos han ayudado no solo a medir con mayor exactitud las magnitudes, sino a poder operar con dichas medidas. Pero no se puede hablar de los sensores sin sus acondicionadores de señal, ya que normalmente la tensión o corriente ofrecidas son débiles o contiene ruido y componentes no deseados, por lo que hace falta una amplificación, que dé solución a estos problemas. Por lo cual es muy importante equilibrar las características del sensor con las del circuito que permita medir, acondicionar, procesar y actuar con dichas medidas. [46]

2.13. Electrodo

Es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío (en una válvula termoiónica), un gas (en una lámpara de neón), etc. [37]

➤ Funcionamiento del electrodo:

Un electrodo es una superficie en donde ocurren reacciones de óxido-reducción. Por lo que los procesos que tienen lugar en la interfase metal-solución de cualquier metal en contacto con un electrolito (medio agresivo), no se pueden medir de una manera absoluta (tiene que ser tan sólo relativa). El metal en contacto con el electrolito tiene, por un lado, tendencia a disolverse, con lo que queda cargado negativamente y por otro lado, a que iones del electrolito se depositen sobre el metal. Con lo que se alcanza el equilibrio en un determinado momento. Se ha creado, pues, una diferencia de potencial entre el metal y el electrolito. Para poder medir esta diferencia de potencial se adoptó un electrodo patrón que es el electrodo normal de hidrógeno, al cual, por convención y a cualquier temperatura, se le asignó el valor cero. [37]

2.14. MARCO HISTÓRICO

Este trabajo se basa en las investigaciones realizadas por el CISVEB de la recuperación de la fertilidad en los predios erosionados de la Universidad de Pamplona. De esos estudios surge la necesidad de tener instrumentos de medida de las características del suelo y monitoreo de las mismas, siendo esta una necesidad a satisfacer por este trabajo.

Si bien el estado del arte en el tema de uso de plataforma arduino y sistema de comunicación basado en ZigBee en otros proyectos se han adelantado no existe un referente en nuestra institución con respecto a las variables físicas y químicas del suelo que hace parte del estudio de la fertilidad del suelo.

2.15. ESTADO DEL ARTE

LOCAL

TÍTULO: AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA ZIGBEE. [7]

AUTOR: PhD. Cristhian Manuel Durán
15 de Mayo del 2014.

OBJETIVO: Aplicación industrial, para el control y automatización de procesos a través de una tecnología inalámbrica.

CONCLUSIONES:

- En el desarrollo de este trabajo fue introducido el estándar basado en tecnología ZigBee, como una herramienta versátil para la automatización de procesos desde un sitio remoto, en donde se describieron las generalidades asociadas a este estándar, sus limitaciones y comparación con otros tipos de tecnologías disponibles.
- Se logró identificar que los módulos con tecnología ZigBee, son dispositivos que tienen una funcionalidad variada, a pesar del tamaño reducido que presentan permitiendo un ahorro significativo de energía.
- Los módulos XBee de la serie 1, tienen una capacidad limitada en comparación con una serie posterior, sin embargo para el desarrollo de este proyecto no hubo la necesidad de implementar otra y se obtuvieron resultados importantes
- Todas las etapas realizadas en el control automático, en la medición de nivel, para el control del volumen de agua, la adquisición de datos y la utilización de la herramienta computacional LabView, permitieron en forma confiable la integración de todo el sistema inalámbrico, proporcionando un fácil manejo para el monitoreo y el control del proceso de suministro de agua.
- La aplicación simulada demostró una muy buena adaptabilidad a los módulos inalámbricos, comprobando que ésta tiene posibilidad de aplicarse en procesos reales y logrando la implementación posterior a una escala real, llegando a alcanzar una distancia de comunicación de 100 metros a campo libre.
- El uso de varias herramientas como los Microcontroladores, módulos inalámbricos y la interfaz gráfica, abre en un futuro un abanico mayor de posibilidades en cuanto a realizar aplicación es con estos sistemas más flexibles y robustos.

APORTE: Análisis completo del sistema inalámbrico ZigBee para la transmisión y recepción de los datos.

REGIONAL

TÍTULO: APLICACIÓN WEB PARA LA CAPTURA, MONITOREO Y ANÁLISIS DE DATOS TRANSMITIDOS A TRAVÉS DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE. [8]

AUTOR: Biviana Ballesteró Corzo, Silvia Paola Durán
2008

OBJETIVO: Construir una herramienta Web que permita la captura, monitoreo y análisis de los datos recopilados provenientes de una red de sensores inalámbricos, que brinde la posibilidad de estudiar el comportamiento de las variables temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa y radiación solar en el interior de una granja avícola.

CONCLUSIONES:

- Con el desarrollo del proyecto se hizo un análisis sobre los protocolos de comunicación IEEE 802.15.4 (ZigBee) e IEEE 802.15.1 (Bluetooth), documentando sus principales características, su funcionamiento, sus campos de aplicación y estableciendo una comparación entre estas dos tecnologías.
- Se implementaron los algoritmos de NesC, contenidos en TinyOS para tomar muestras de motes con sensores de variables predeterminadas como temperatura y humedad, y en vista de las necesidades propias del ambiente para el cual fue concebido este proyecto de investigación, se desarrolló un algoritmo en NesC, que luego de modificar el software (mote) e incluirle nuevos sensores, permitiera leer datos de variables como velocidad del viento, amoníaco y monóxido de carbono.
- Se diseñó una base de datos adaptada totalmente a las necesidades de almacenamiento del sistema, garantizando la confiabilidad y seguridad de la información. El diseño sencillo de la base de datos, permite la escalabilidad, ya que se puede crecer no sólo en cantidad de nodos y variables, si no también, en cantidad de galpones monitoreados, sin afectar drásticamente la estructura de la base de datos. Para el caso de implementar nuevas variables a estudiar, se debe modificar la aplicación web para realizar consultas con estos nuevos datos.

APORTE: Conceptos de las tecnologías (ZigBee, Bluetooth, redes de sensores inalámbricos).

NACIONAL

TÍTULO: ALTERNATIVAS PARA LA DETECCIÓN Y MONITOREO DE AMENAZAS SÍSMICAS BASADAS EN ARDUINO. [9]

AUTOR: Danilo Santiago Vargas Jiménez
Diciembre de 2013

OBJETIVO: El objetivo de este documento es exponer algunos proyectos basados en la placa de hardware libre arduino que son utilizados para la detección y/o monitoreo de amenazas sísmicas.

CONCLUSIONES:

- En razón a los índices de amenazas sísmicas que se producen con frecuencia, se puede inferir a partir de este estudio cuales son los posibles precursores para detectar un sismo y que herramientas apoyan el proceso de pronóstico y puesta en marcha de estrategias a través de sistemas mediados por hardware libre, en el caso de Arduino.
- La sismicidad que se puede detectar con dispositivos Arduino, consideran las condiciones atmosféricas que pueden ser tenidas en cuenta para ser procesadas según su intensidad ,y arrojar resultados con influencias positivas para las organizaciones pre ventoras de desastres y las poblaciones vulnerables a sufrir este tipo de catástrofes.
- Además, el tiempo es un factor fundamental cuando se habla de sismos, se observó que los sismos son fenómenos naturales que a pesar de contar con estudios avanzados en las señales que se pueden presentar antes de ocurrir, por ejemplo, las tenciones del suelo, mediciones en el cambio atmosférico e incluso comportamiento animal, no se pueden predecir, pero si establecer estrategias desde sistemas libres que optimicen el tiempo y generen acciones oportunas.

APORTE: Concepto básico de los Módulos inalámbricos, empleados para el monitoreo en un sistema.

CAPÍTULO 3

En este capítulo, se describe la metodología (diseño e implementación) y resultados llevada a cabo durante la ejecución del proyecto.

3.1. METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo durante la ejecución del proyecto, consta de 3 etapas:

La primera, la adquisición y el acondicionamiento de las variables ambientales de pH y Humedad en el suelo, que consta de:

- **Medición de la Humedad y pH del suelo:** sensores
- **Circuito Acondicionamiento:** sistema con serie de dispositivos electrónicos de alta gama y confiables que ayudan con la recepción de variables tomadas por los sensores para acondicionarlas y así puedan ser enviadas por el sistema de transmisión inalámbrico.

El proyecto se va a implementar en una microparcela ubicada en predios de la Universidad de Pamplona específicamente en **CISVEB** (Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos), dicha microparcela tendrá un área de $2m^2$ con una pendiente del 50%, en la cual estarán los cuatro sensores 2 de pH y 2 de humedad; estos Sensores se encargan de convertir una magnitud obtenida mediante efectos físicos o químicos en una magnitud eléctrica. La señal de salida de un sensor no suele ser válida para su procesado por los circuitos, por lo tanto necesita ser adaptada y amplificada.

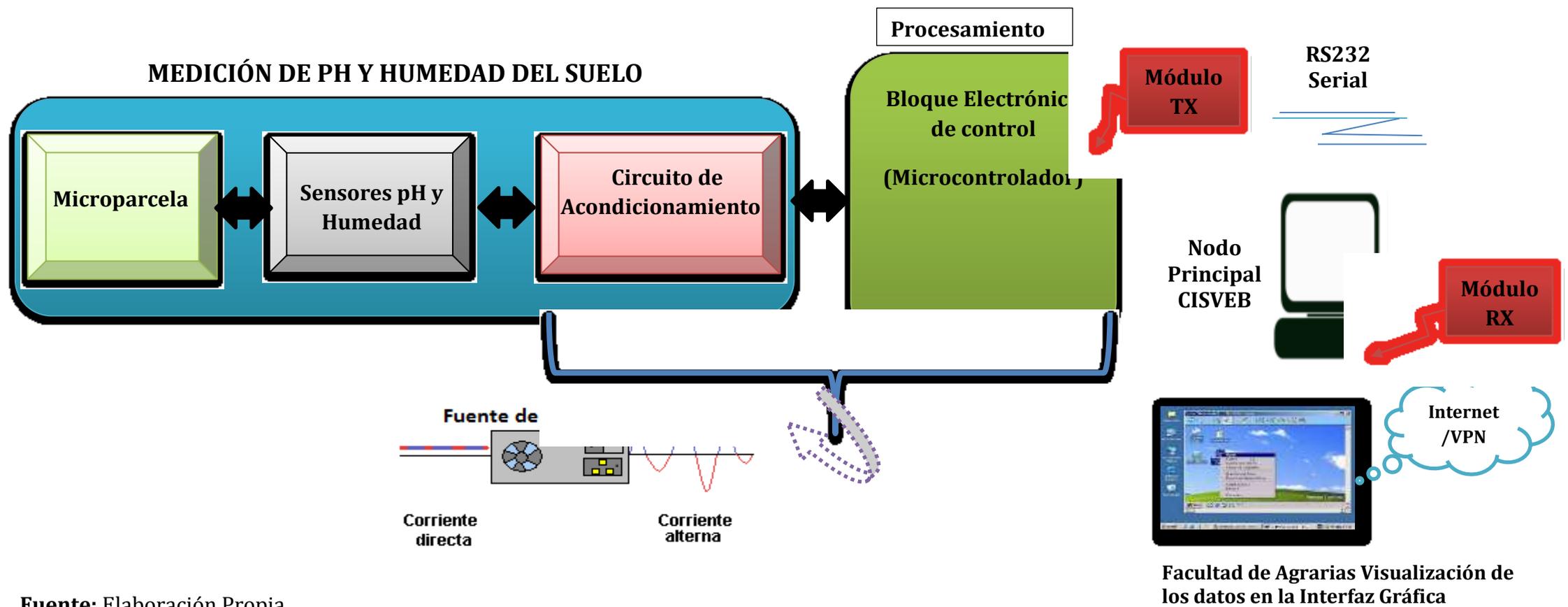
En la segunda, se define la etapa de procesamiento, en la cual la señal se convierte de analógica a digital, además se hace la transmisión de las variables (pH Y humedad del suelo), para lo cual se desarrolla un algoritmo en un microcontrolador (PIC18F2550) y se configura para transmitir dichas variables por el protocolo de comunicación XBee S2 (Comunicación serial RS232 inalámbrica), a un PC de escritorio (nodo principal ubicado en CISVEB), en donde estará el módulo receptor de XBee S2, recibiendo los datos medidos de las variables de pH y humedad del suelo, para luego realizar la transmitido a través de internet a un computador de pc ubicado en la facultad de Ciencias Agrarias y Economía de la Universidad de Pamplona.

La tercera, define el desarrollo de la interfaz gráfica en el computador de escritorio para la recepción, visualización y verificación de las variables de pH y humedad del suelo, las cuales se capturan con el objeto de disponer de información sobre el terreno erosionado.

En la Figura 28 se muestra en detalle un diagrama de bloques donde se especifican las etapas del proceso de monitoreo desde la microparcela ubicada en predios de la Universidad de Pamplona hasta el sistema de cómputo, donde se podrá visualizar en una interfaz gráfica los datos de los cuatro sensores (pH y Humedad del suelo).

DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Figura 28. Diagrama de bloques de la metodología a desarrollar.



Fuente: Elaboración Propia.

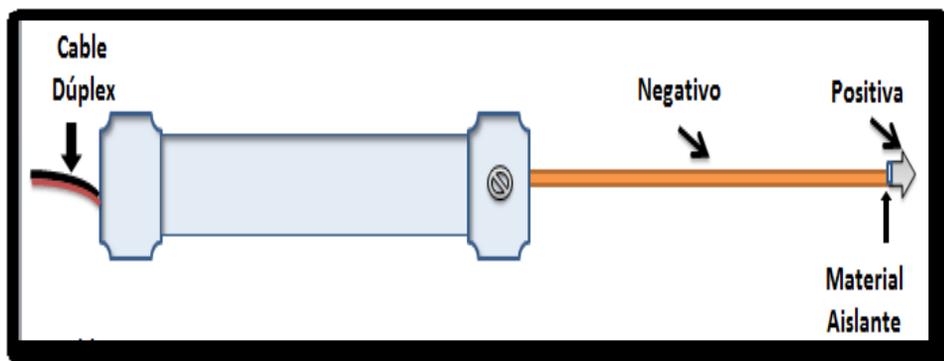
3.2. PRIMERA ETAPA ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

3.2.1. Diseño del Electrodo de humedad

El sensor de humedad está diseñado por la ubicación de dos metales continuos separados por un material aislante que forman al electrodo, dicho electrodo cuenta con dos terminales unidos a un cable dúplex formando una sonda 1.5 metros de longitud, Ver Figura 29. También tiene una coraza de PVC (cloruro de polivinilo) de 10 cm.

El principio físico de estos dispositivos es que el contenido de humedad se puede determinar por la resistencia al paso de corriente eléctrica entre dos electrodos en contacto con el suelo.

Figura 29. Sonda de humedad del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se ilustra el diseño real de la sonda de humedad, el cual está hecho por un tubo de PVC (cloruro de polivinilo) de 10cm longitud y la barrilla es de 19 cm.

Figura 30. Diseño de la sonda de humedad.



Fuente: Elaboración propia.

- **Caracterización de electrodo humedad**

El suelo seco tiene una resistencia alta, mientras que el suelo húmedo tiene una resistencia más baja. Esto se debe al hecho de que el agua con impurezas conduce electricidad, mientras que la mayoría de los suelos secos no lo hacen.

- **Cálculos del circuito de humedad**

Aplicando la ley de ohm se tiene que:

Ecuación 1 Resistencia Total

Los valores $R1=30M\Omega$, $R2=30M\Omega$ se toman del circuito de la Figura 31 para saber el valor de la resistencia total y así poder calcular la corriente donde se podrá hallar la tensión de caída en cada resistencia. Estos valores son tomados teniendo en cuenta parámetros como la resistividad de la tierra ($R2$) y para limitar la corriente del sensor y garantizar el paso seguro de la señal ($R1$).

Se caracterizó el electrodo en diferentes partes del terreno a prueba y error y se llegó a un valor de $30 M\Omega$ en un terreno seco.

$$R1 + R2 = Rtotal \quad (1)$$

$$30M\Omega + 30M\Omega = 60M\Omega = Rtotal$$

Ecuación 2 Ley de ohm

$$V = I * R \quad (2)$$

Despejamos la corriente

$$I = \frac{V}{R}$$

Con la ley de ohm se halla la corriente total

$$I_{total} = \frac{V_{int}}{R_{total}}$$

$$I_{total} = \frac{5V}{30M\Omega}$$

Se encontró la tensión de caída en las resistencias R1 y R2.

Ecuación 3 Tensión de caída R1

$$VR1 = R1 * I \quad (3)$$

$$VR1 = R1 * Itotal = 30M\Omega * 8333,33\mu A$$

$$VR1 = 2.5V$$

Ecuación 4 Tensión de caída en R2

$$VR2 = R1 * I \quad (4)$$

$$VR2 = R2 * Itotal = 30M\Omega * 8333,33\mu A$$

$$VR1 = 2.5V$$

También se puede realizar el cálculo con Vint 5 voltios con R1 30MΩ y R2 30MΩ, sean dos resistencias de igual valor calculando un divisor de tensión.

Ecuación 5 Divisor de tensión

$$Vout = \frac{R1}{R1+R2} * Vint \quad (5)$$

$$Vout = \left(\frac{30M\Omega}{30M\Omega + 30M\Omega} \right) * 5$$

$$Vout = 2.5V$$

Para un voltaje de entrada de 2.5V y de comparación de 2.5V

Se tiene a la salida:

Ecuación 6 Voltaje de salida

$$Vout = Vent - Vcop \quad (6)$$

$$Vout = 2.5V - 2.5V = 0V$$

Para un voltaje de entrada de 2.5V y de comparación de 1V

Se tiene a la salida:

$$Vout = 2.5V - 1V = 0.5V$$

Donde:

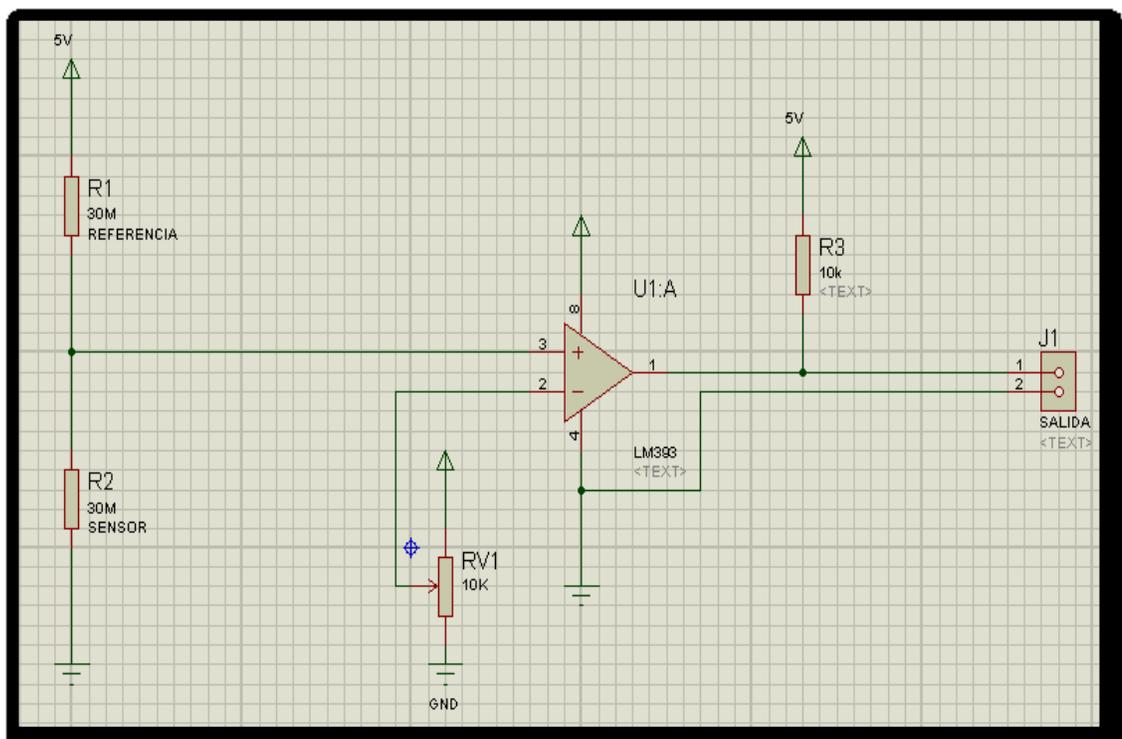
- **V** es voltaje.
- **I** es la corriente.
- **R** es la resistencia.
- **R1** es la resistencia de referencia.
- **R2** es la resistencia del sensor de humedad.
- **V_{int}** es el voltaje de entrada.
- **R_{total}** es la resistencia total.
- **V_{out}** es el voltaje de salida.
- **I_{total}** es la corriente total.
- **V_{Rx}** es el voltaje en cada resistencia
- **R_x** es el valor de cada resistencia.
- **VR1** voltaje de la resistencia uno.
- **VR2** voltaje de la resistencia dos.

La **Resistencia 2** del circuito de la Figura 31 es el sensor de humedad que cambia dependiendo del estado en que se encuentre el terreno, seco o húmedo.

- **Diseño del circuito humedad del suelo**

El circuito de la Figura 31 se observa el diseño del circuito de humedad del suelo elaborado en programa Proteus profesional. Este tiene una resistencia de referencia de carbón R1 de 30 MΩ a 5 V y una resistencia R2 de 30MΩ de sensor que va conectado en serie a tierra, si las resistencias tienen proporciones iguales se va a tener un divisor de tensión que va hacer la mitad 2.5 V, ver Ecuación 5 esto se va comparar con otro voltaje que va conectado al pin no inversor de LM393 y este va sacar la diferencia dependiendo del valor que tenga el potenciómetro.

Figura 31. Diseño del circuito de humedad.

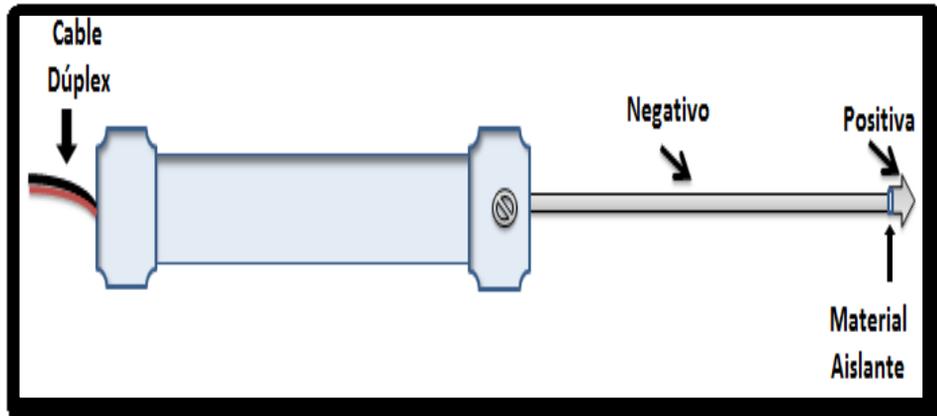


Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Diseño de Electrodo de PH

El sensor de pH está elaborado igualmente como el sensor de humedad, está diseñado por la ubicación de dos metales continuos separados por un material aislante que forman al electrodo, dicho electrodo cuenta con dos terminales unidos a un cable dúplex formando una sonda 1.5 metros de longitud, Ver Figura 32. También tiene una coraza de PVC (cloruro de polivinilo) de 10 cm.

Figura 32. Sonda de pH del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33 se ilustra el diseño real de la sonda de pH, el cual está hecho por un tubo de PVC (cloruro de polivinilo) de 10cm longitud y la barrilla es de 19 cm. Esta sonda es la encargada de medir la humedad del suelo.



Figura 33. Diseño de la sonda de pH.

Fuente: Elaboración propia.

- Sensor de pH interfaz y comunicación

El electrodo de pH es esencialmente una batería simple unicelular. Su voltaje es directamente proporcional a la concentración de iones de hidrógeno que rodea el electrodo, proporcional al logaritmo de la concentración de iones hidrógeno.

- **El electrodo de pH ideal**

Las siguientes son las características que debe tener electrodo de pH ideal [41] para que tenga un óptimo funcionamiento las cuales fueron tomadas para diseño del circuito.

1. Cero voltios de salida a pH neutro (= 7.0)
2. Voltaje positivo en ácidos, $\text{pH} < 7$
3. Voltaje Negativo en pH base >7
4. Rango total de pH es de 0 a 14, ácido fuerte con base fuerte.
5. Genera -59.16 milivoltios por unidad de pH a temperatura ambiente. ambiente (= "Potencial de Nernst"). Tenga en cuenta que se trata de una pendiente negativa--mayor pH, menor voltaje.
6. el rango de escala completa es de $+0,414 \text{ v}$ a 25 grados centígrados. Es decir $7 * 59.16 \text{ mV}$.
7. Coeficiente de temperatura del potencial de Nerst es $-0.001984 \text{ mV por } ^\circ \text{C}$. Que hace la cuesta $-54.2 \text{ milivoltios por unidad de pH a } 0 \text{ grados centígrados y } 74.04 \text{ milivoltios por unidad de pH a } 100 \text{ grados centígrados}$.

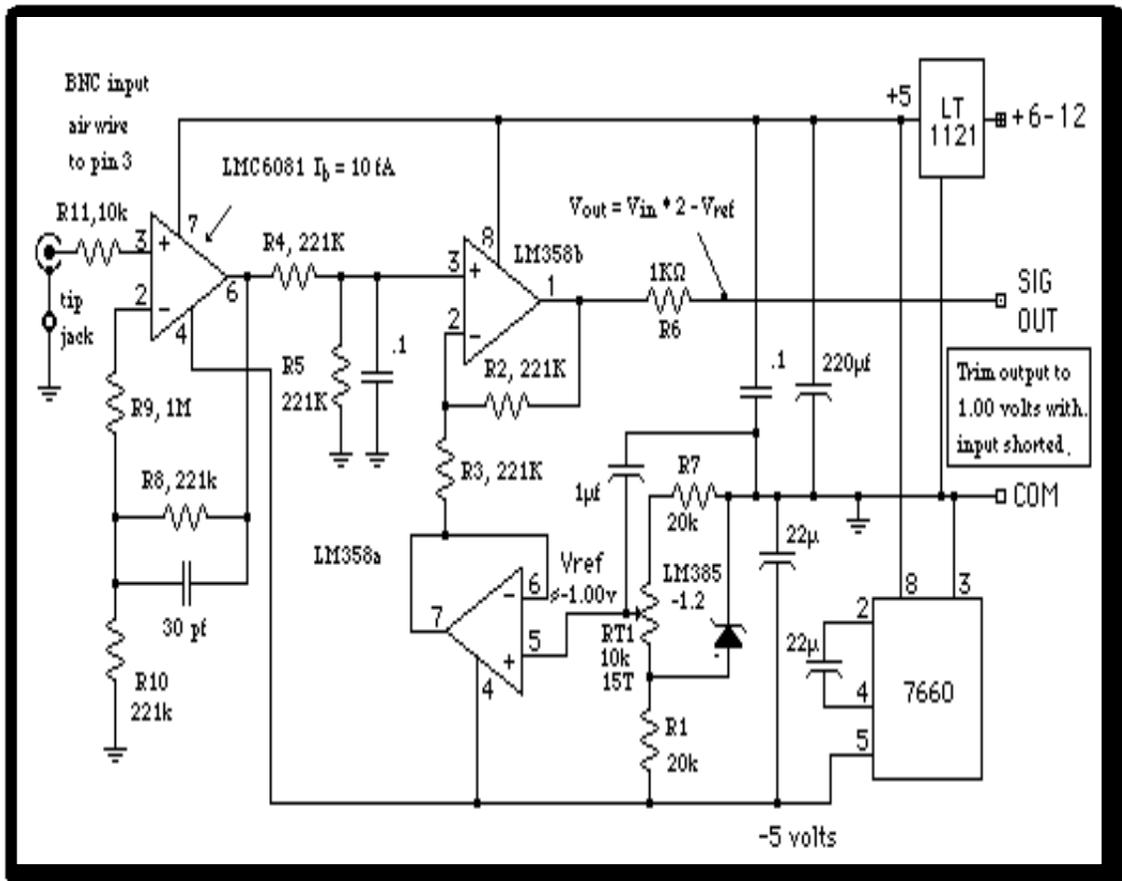
- **Pero el electrodo prácticamente nunca es ideal**

Los valores anteriores dependen en cierta medida de la construcción del electrodo individual, y su envejecimiento. Es por eso que es necesario calibrar y normalizar el monitoreo de pH e instrumento de registro de vez en cuando, dependiendo de las condiciones a que esté sometido. "Estandarizar" significa ajustar el offset de modo que el instrumento lee cero en (pH 7) solución neutra. "Calibrar" significa para recortar la pendiente de la respuesta de pH / mV a la el valor correcto para el electrodo en ese punto en el tiempo. [41].

En la Figura 34 se observa el circuito de pH del suelo implementado en el proyecto para la etapa de amplificación.

El circuito sensor de pH funciona a partir de la diferencia de potencial presente en los extremos del electrodo, que es proporcional a la acides del terreno. Esta señal de voltaje pasa por un amplificador operacional de ganancia 10 y luego por un filtro de ruido pasa baja hasta llegar a un corrector de nivel de voltaje, cuya función es dar el nivel mínimo necesario para pasar al microcontrolador y procesar la información para arrojar la medición.

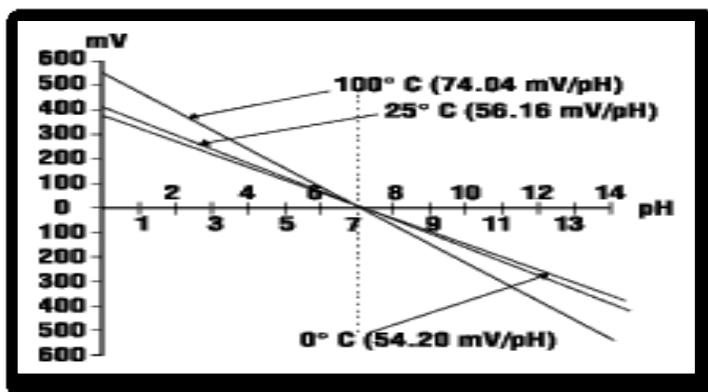
Figura 34. Circuito Amplificador del pH.



Fuente: (U.S.A, 2003). [41]

En la Figura 35 se observa que en cero voltios el pH es 7, solución neutra, que para un voltaje positivo el pH es ácido y son menores a 7 y para un voltaje negativo el pH es base y son mayores a 7.

Figura 35. Grafica del pH del suelo.

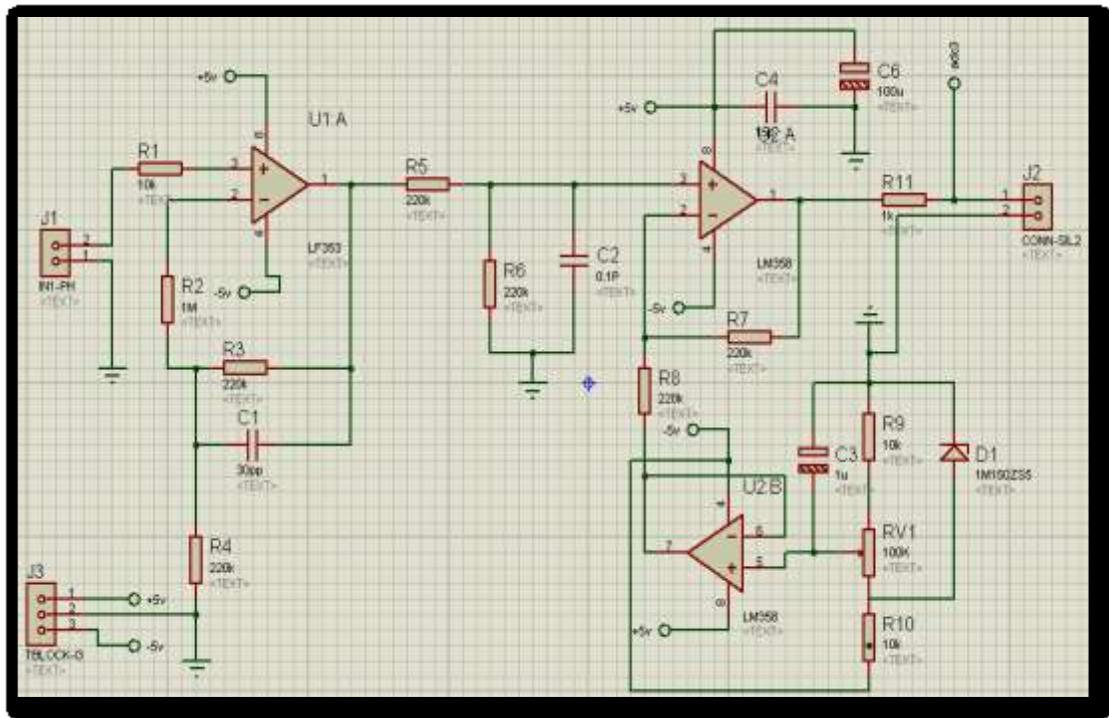


Fuente: (U.S.A, 2003). [41]

- **Diseño del circuito detector de pH del suelo**

En la Figura 36 se ilustra el diseño del circuito del pH que acondiciona la señal adquirida por el sensor, amplificándola y llevándola a valores que pueda leer el microcontrolador PIC 18F255.

Figura 36. Circuito detector de pH.



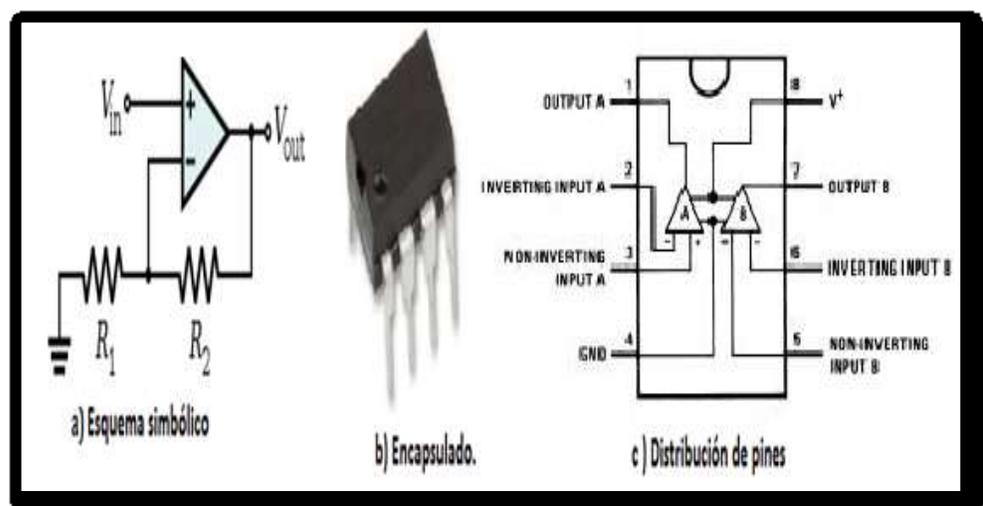
Fuente: Elaboración propia.

3.3. CARACTERÍSTICA DE LOS COMPONENTES DE ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

- Amplificador LM358

En la Figura 37 se muestra el amplificador LM358 con su esquema simbólico (a), encapsulado (b) y esquema o diagrama de distribución de pines (c) para su mejor conexión.

Figura 37. Amplificador operacional LM358.



Fuente: (todos, 2012). [37]

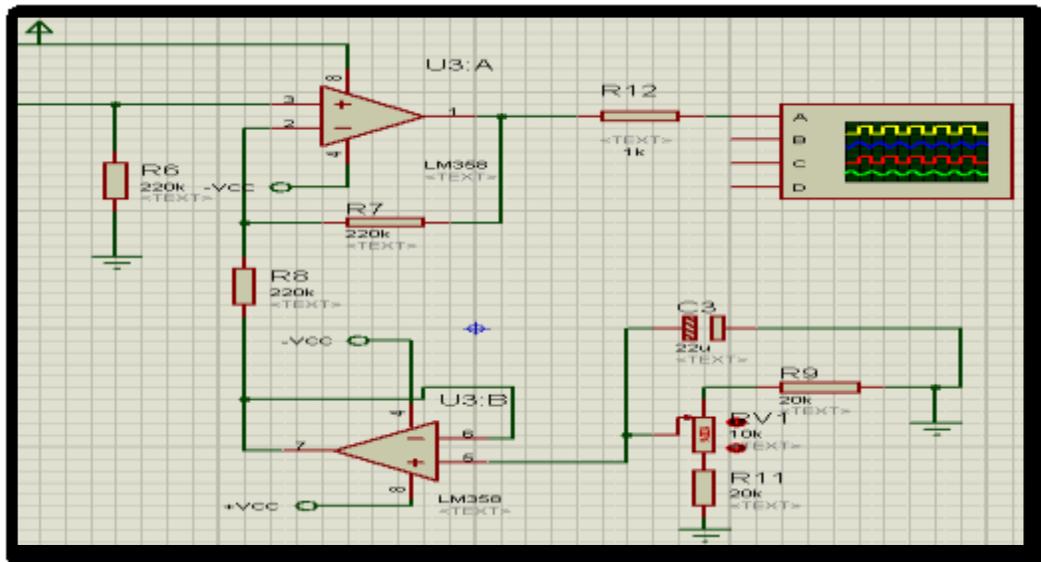
Consta de dos amplificadores operacionales independientes, de alta ganancia y frecuencia interna compensada, ver Figura 37. Diseñado específicamente para operar con una sola fuente de alimentación en una amplia gama de voltajes.

Características eléctrica

- Compensación de entrada de Voltaje: Típico 2.9 y máximo 7.0 mV.
- Compensación de entrada de corriente Típico 5 Máximo 50.
- Ganancia de Voltaje: Mínimo 25, Típico 100 V/mV.
- Oscilación de voltaje de salida (RL 10KΩ) Mínima 27 Típico 28V.
- El cortocircuito para GND: 40 mínimas y 60 típico.

En la Figura 38 se puede observar el montaje en PROTEUS del circuito que realiza la etapa de Amplificación de la señal con el LM358.

Figura 38. Diagrama electrónico del LM358.

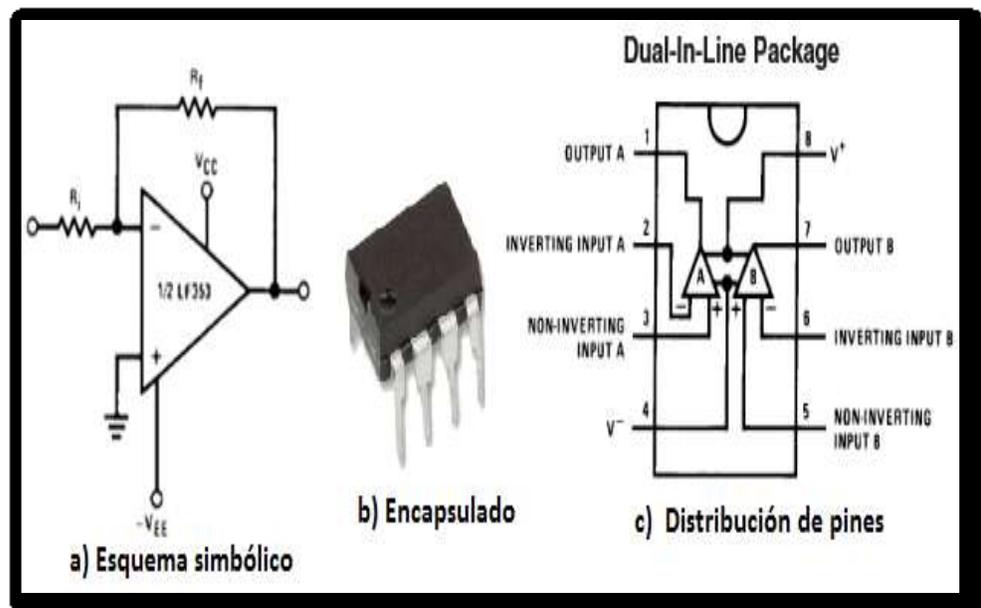


Fuente: Elaboración propia.

• Amplificador LF353

En la Figura 39 se ilustra el esquema simbólico (a), encapsulado (b) y esquema de distribución de pines (c) del amplificador LF353.

Figura 39. Amplificador operacional LF353.



Fuente: (Embajadores, 2003). [38]

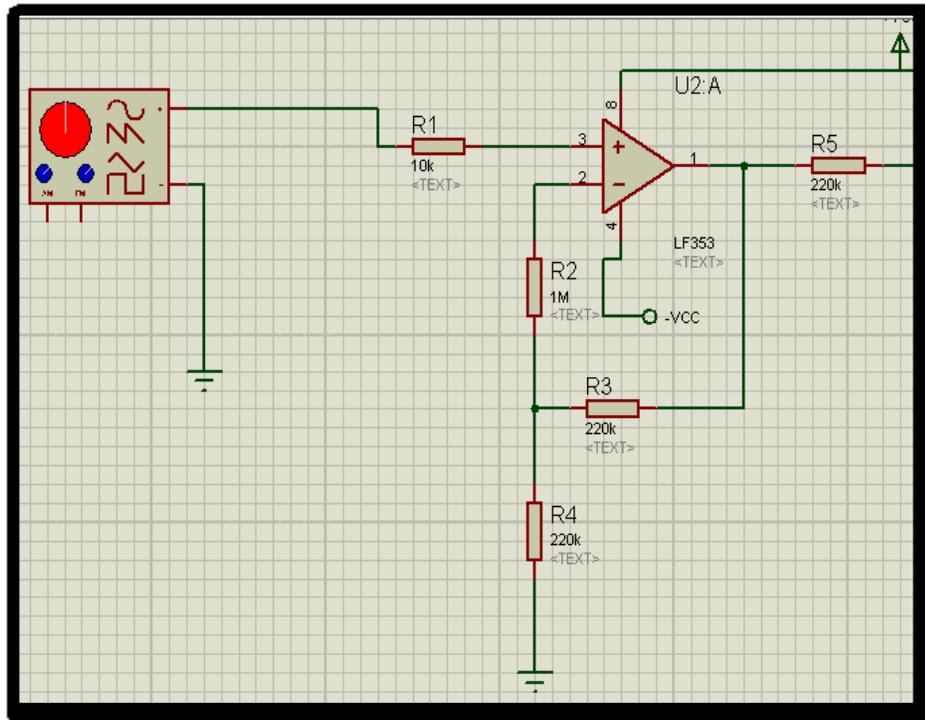
Amplificador operacional de entrada LF353, tiene gran ancho de banda dual JFET de funcionamiento con una tensión de entrada internamente recortado desplazamiento. Requieren suministro de corriente baja sin embargo, mantiene una gran banda de ganancia producto de anchura y velocidad de respuesta rápida.

Características:

- No. de amplificadores operacionales: 2
- Voltaje de alimentación max: ± 18 V
- Bajo consumo de potencia
- Ancho de banda típico: 3 MHz
- Alto slew rate: 13 V/ μ s típico
- Entradas a JFET con impedancias de entrada altas
- Voltaje offset de entrada: 5 mV típico
- Corriente de polarización baja: 50 pA típica
- Bajo ruido en el voltaje y corriente de entrada
- Pin compatible con el LM358, LM1558, y otros, Encapsulado: DIP 8 pines

En la Figura 40 se ilustra el montaje en PROTEUS del amplificador LF353.

Figura 40. Circuito electrónico del LF353.

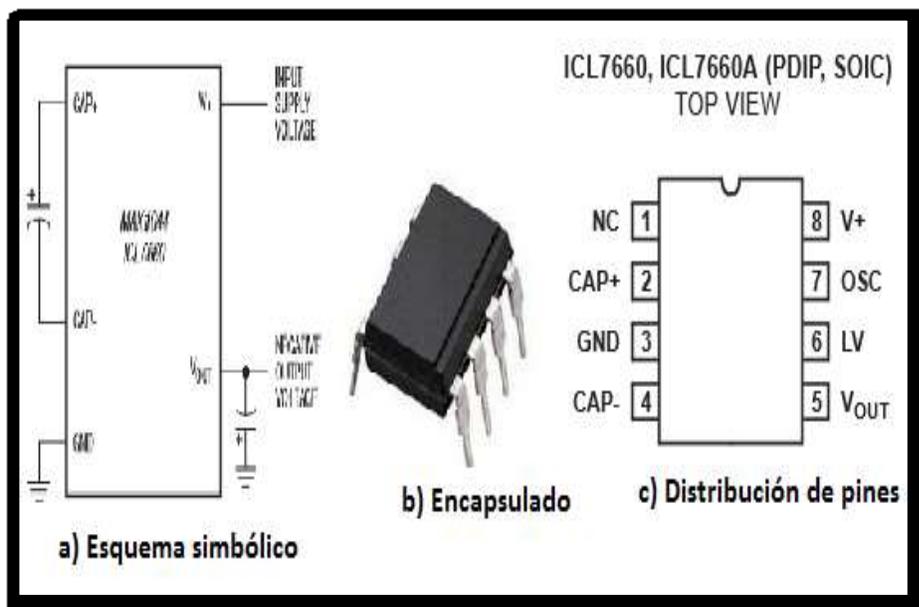


Fuente: Elaboración propia.

- **Convertidor de voltaje ICL7660**

En la Figura 41 se ilustra el convertidor de voltaje ICL7660 con su Esquema simbólico (a), encapsulado (b) y esquema o diagrama de distribución de pines (c).

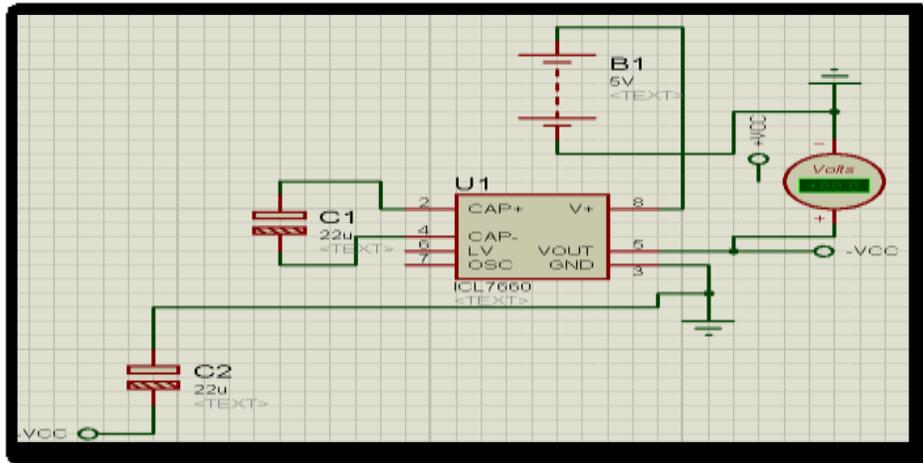
Figura 41. Convertidor de voltaje ICL7660.



Fuente: (DatasheetCatalog.com, 2015). [39]

Esquema electrónico de la Figura 42 se realizó en PROTEUS, muestra el convertidor de Voltaje ICL7660 o señal de entrada (positivo – negativo). Según la configuración puede obtener (invertir, dividir, multiplicar una tensión de entrada).

Figura 42. Convertidor de voltaje ICL7660.



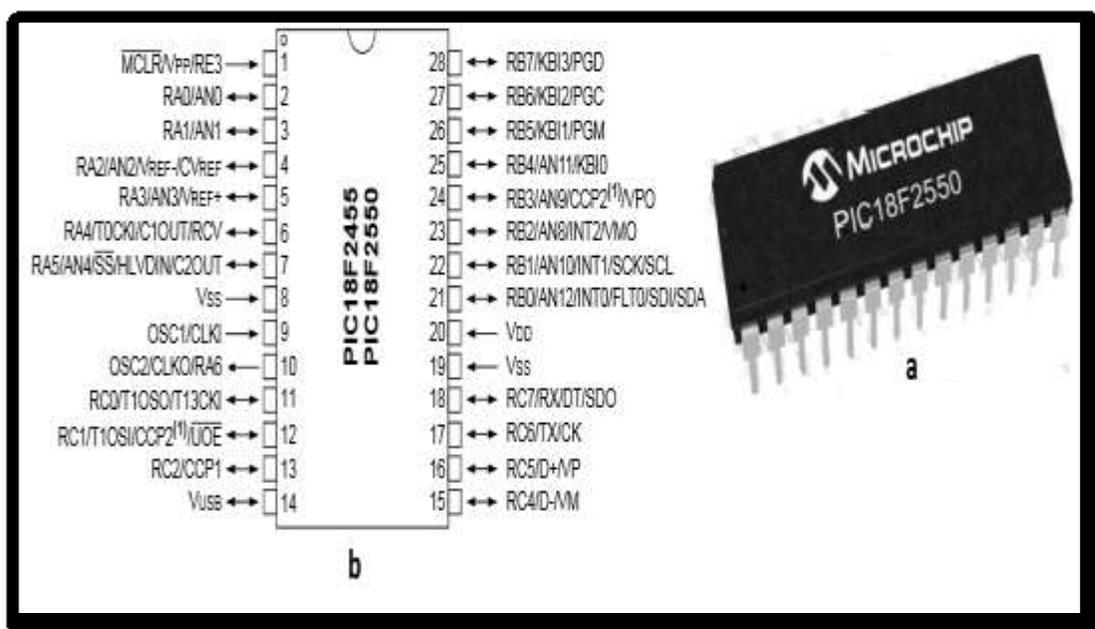
Fuente: Elaboración propia.

- **Microcontrolador PIC18F2550**

Se usa un PIC18F2550 por su relación costo/beneficio, debido a que son 2 variables adquiridas de forma física que se van a transmitir (pH y humedad del suelo) y él PIC consta de 5 puertos de entrada/salida.

En la Figura 43 se muestra encapsulado y la distribución de pines del PIC18F2550. Para el sistema de monitoreo con tecnología inalámbrica solo se utilizara un microcontrolador para los cuatro sensores.

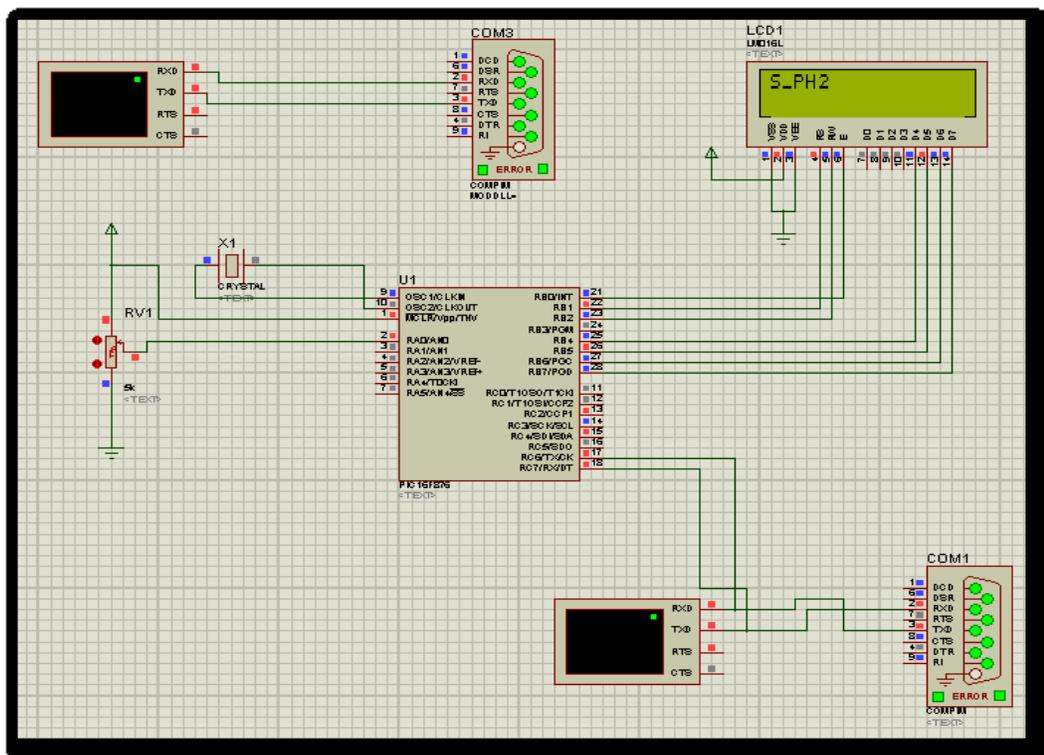
Figura 43. PIC 18f2550, Encapsulado (a) y Distribución de pines (b).



Fuente: (Information, 2012). [43]

En la Figura 44 se observa el esquema electrónico de del circuito PIC 18f2550, donde se puede visualizar en la LCD los valores de las variables de los sensores pH y humedad del suelo.

Figura 44. Circuito en PROTEUS.



Fuente: Elaboración propia.

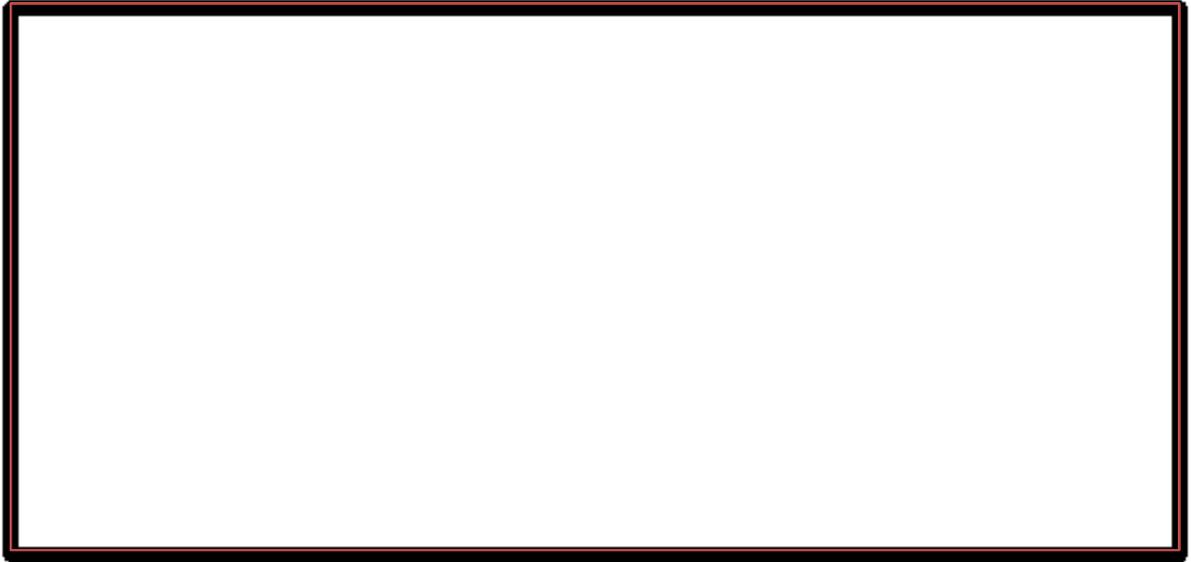
✓ **Código de microcontrolador PIC18F255**

programa que tiene 4 entradas analógicas para medir sensores de pH y humedad del suelo.

1. Declaración de librerías y variables.



2. Función Humedad1 del suelo



3. Función de Humedad2 del suelo.



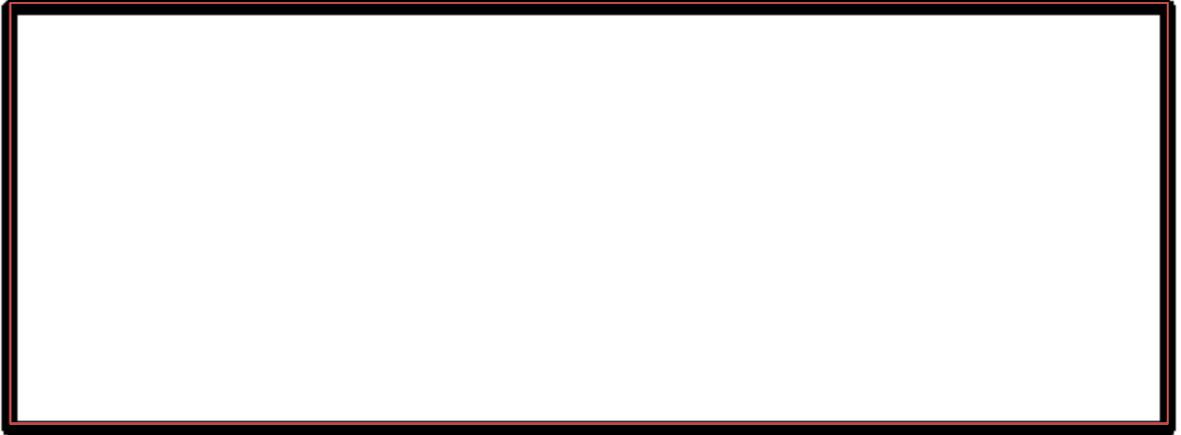
4. Función promedio de la humedad del suelo.



5. Función pH1 del suelo.



6. Función pH₂ de suelo.

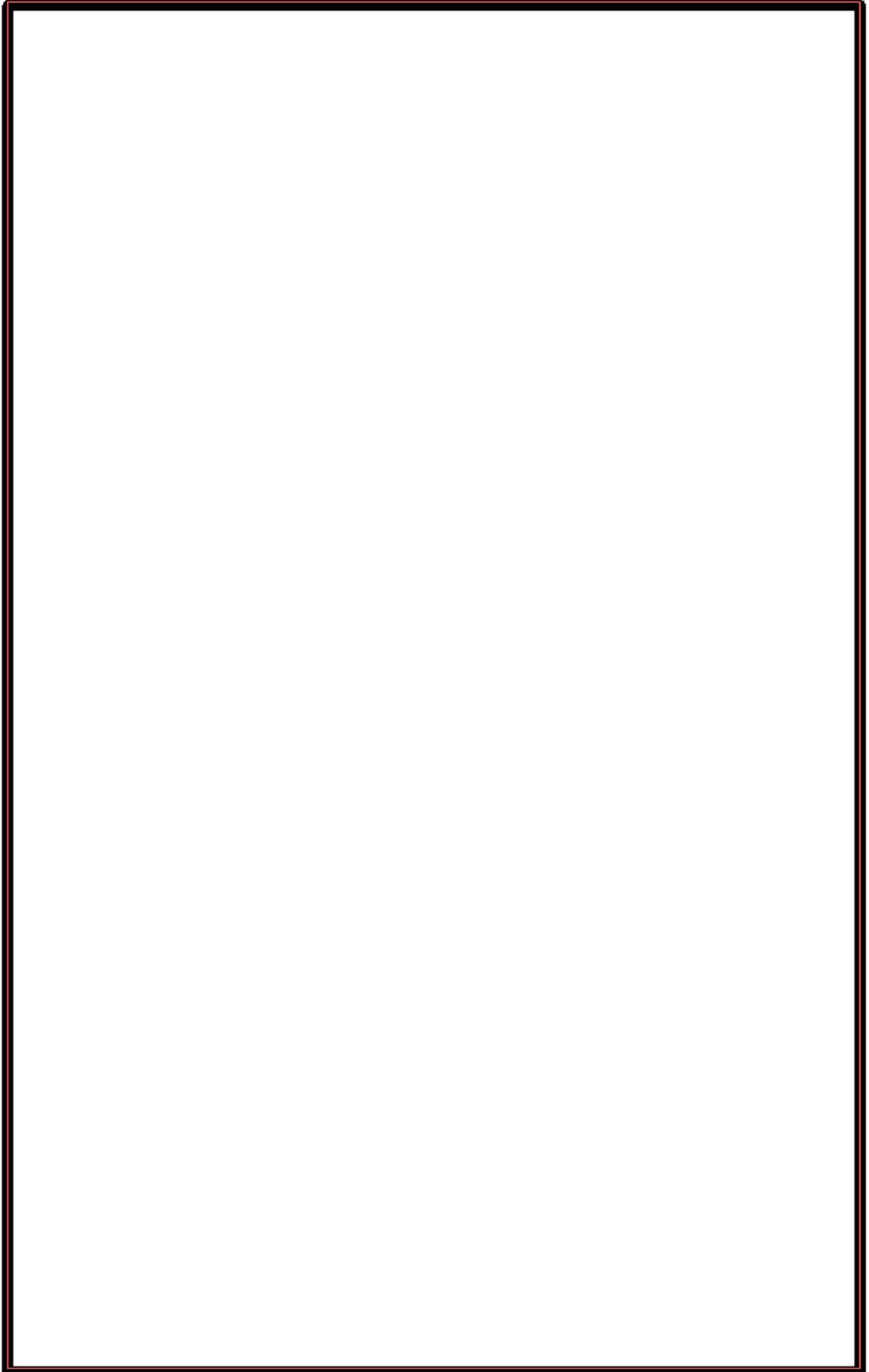


7. Función promedio del pH del suelo.



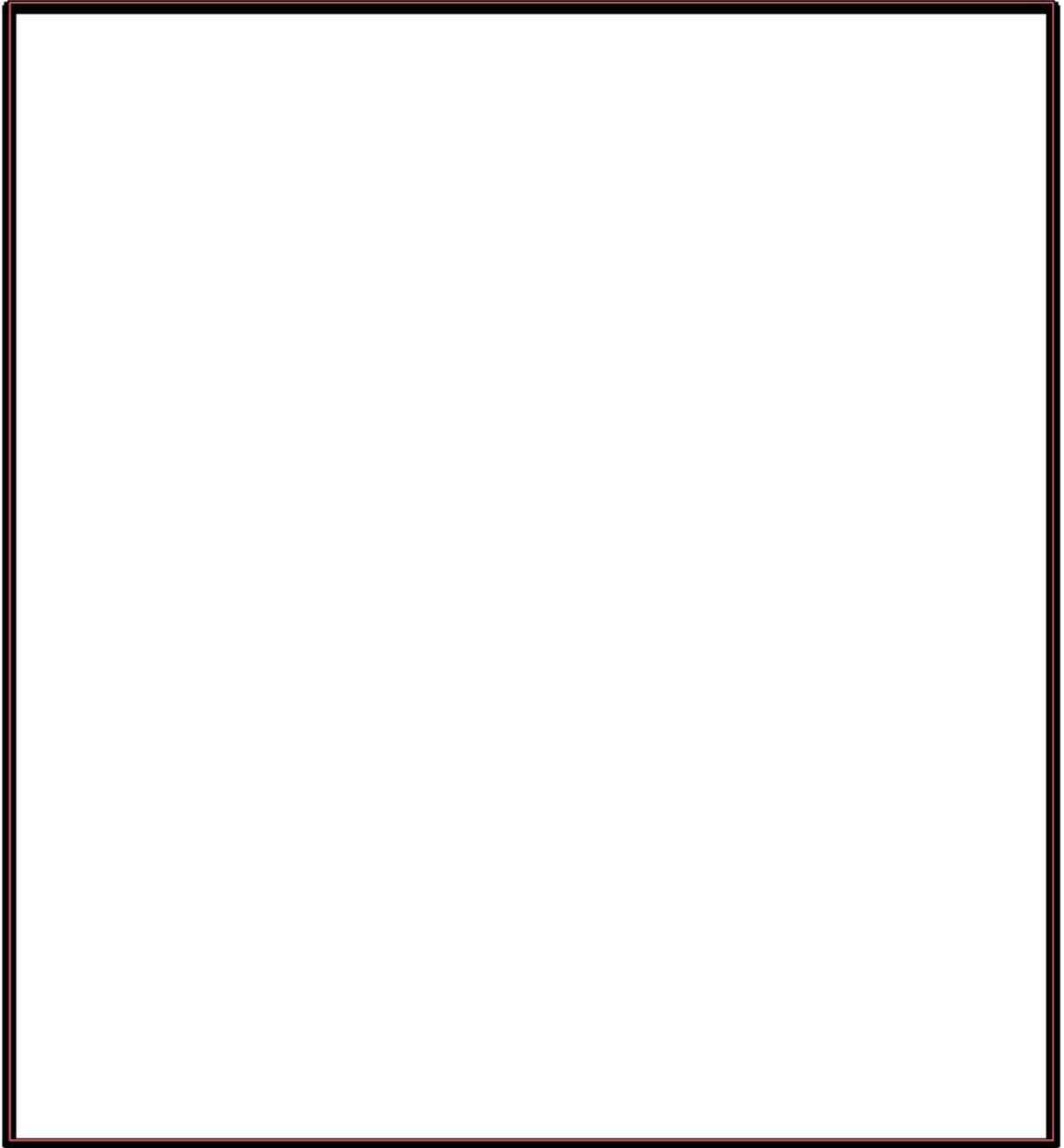
8. Función Automático.

Este se realiza para visualizar los datos de los cuatro sensores en la interfaz gráfica Labview.



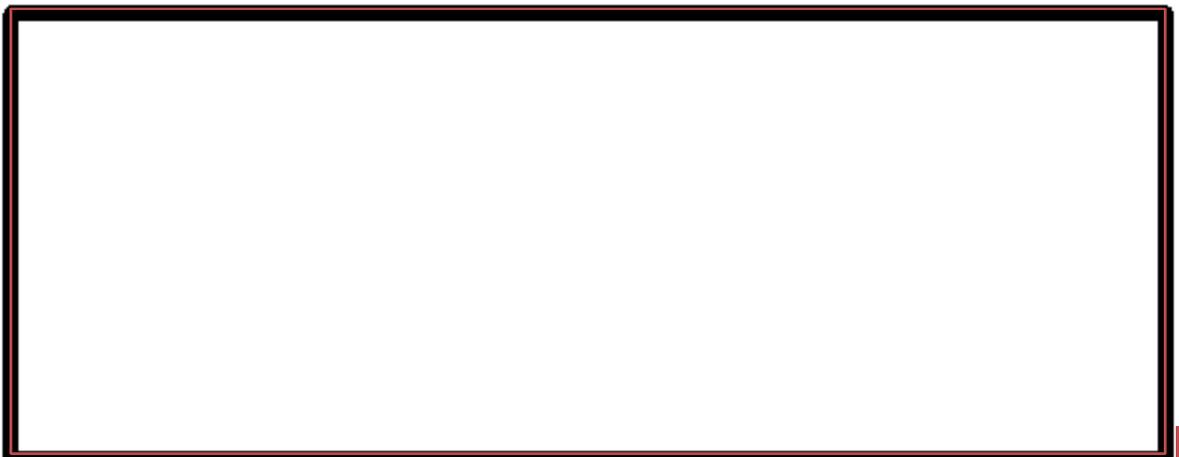
9. Función case

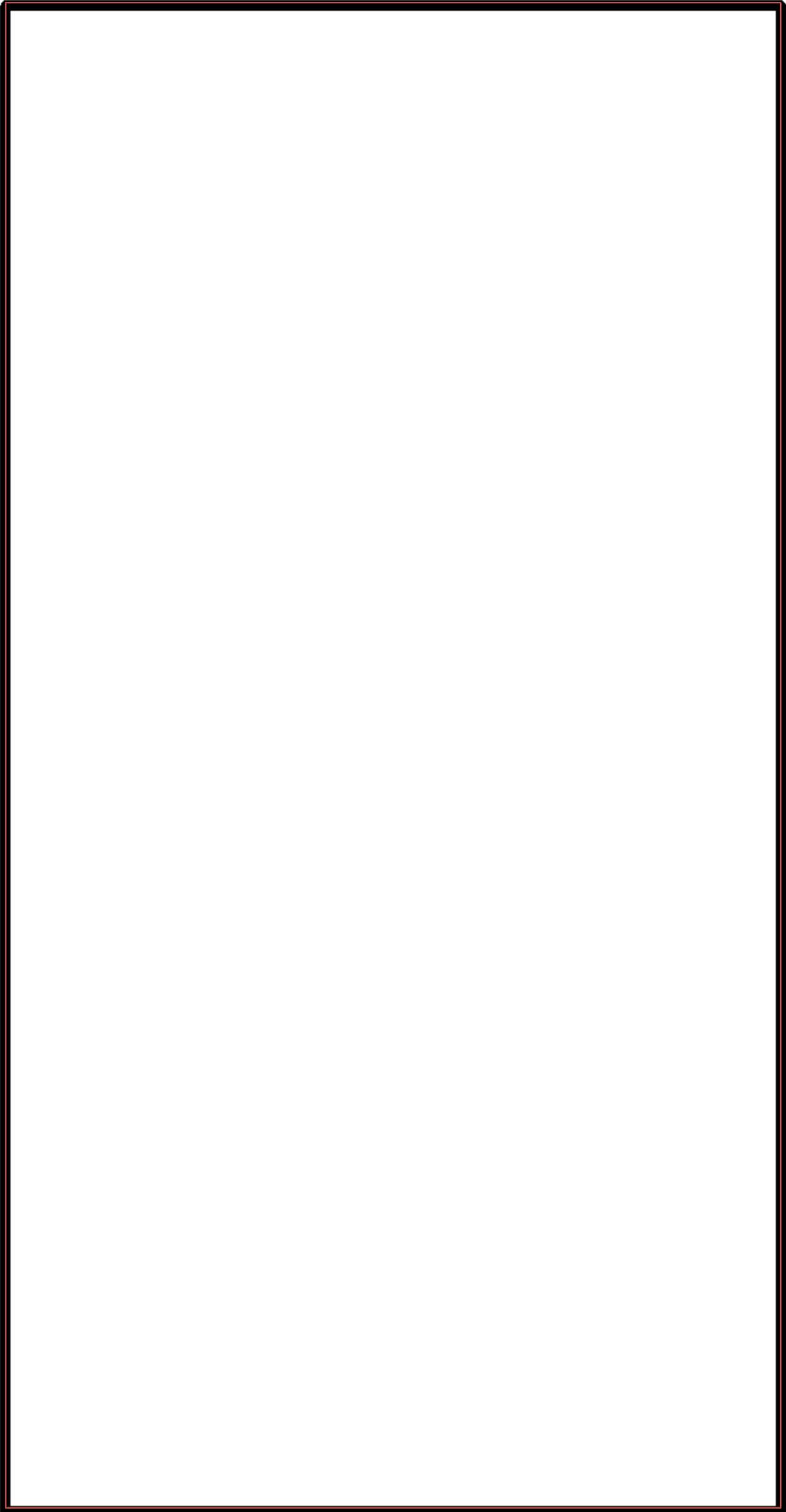
Esta función se utiliza en conjunto con switch para evaluar una variable y realizar acciones dependiendo del valor de esta.



10. Función Main

Función principal donde se ejecuta el programa dirigiendo las llamadas a las funciones del programa.





- **Display LCD**

Figura 45. Display LCD 2X16.



Fuente: (Michelone, 2013). [44]

Se utiliza un display LCD para las pruebas de visualización del pH y la humedad del suelo, además, tiene muy bajo consumo de energía. Es compatible con la tecnología CMOS, característica que permite que se utilice en equipos portátiles (ejemplo: los relojes de pulsera, calculadoras, etc.). Ver Figura 45.

- **Regulador de tensión**

Aunque está diseñado principalmente para suministrar una tensión fija, estos reguladores pueden ser utilizados con componentes externos para obtener voltajes y corrientes ajustables. Una característica de este dispositivo es que dispone de protección térmica y limitación de corriente por si se producen cortocircuitos, esto hace que si en algún momento se sobrepasan sus características el regulador de tensión queda protegido.

En la Figura 46 se observa el regulador voltaje 5V o LM7805 es el más común y muy usado en diseño empotrados.

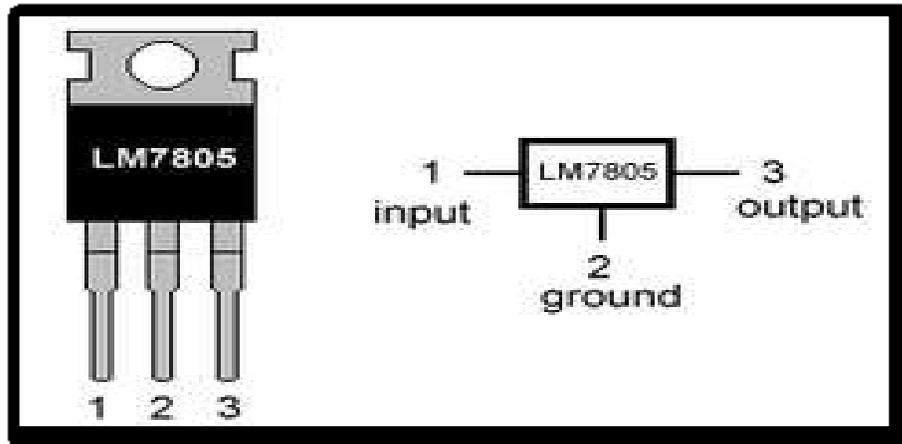
Figura 46. Regulador de tensión LM7805.



Fuente: (S.a., 2014). [45]

En la Figura 47 se muestra el encapsulado del LM7805 el cual tiene tres terminales Input= entrada, Ground=tierra, Output=5V de salida.

Figura 47. Encapsulado del regulador 7805.



Fuente: (S.a., 2014). [40]

- **Fuente de alimentación**

En electrónica, la fuente de alimentación o fuente de poder es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas (CC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (circuitos, computadora, televisor, impresora, router, etcétera).

- ✓ **Cálculos de la fuente de poder**

Ecuación 7 rectificador de onda completa

$$V_{dc} = \frac{2v_p}{\pi} \quad (7)$$

Ecuación 8 Periodo

$$T = \frac{1}{f} \quad (8)$$

Ecuación 9 Voltaje de rizado

$$V_{rms} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} \quad (9)$$

Transformador Reductor

$$T1 = 120 \text{ Vac}$$

$$T2 = 17 \text{ Vac}$$

Se halla el periodo

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60\text{Hz}} = 16,7\text{ms}$$

La señal de onda completa es $V_{dc} = \frac{2(17)}{\pi}$

$$V_{dc} = 10,82\text{V Sin filtro}$$

$$V_s = V_{dc} * \sqrt{2} = 15\text{Vdc Con filtro}$$

Cálculos para la alimentación del módulo XBee s2

para 3,3 Vdc

Se utiliza un diodo Zener 3,3 V

Voltaje de diodo 0,7 V

Ecuación 10 Corriente del diodo

$$ID2 = \frac{V_s - V_0}{R_s} \quad (10)$$

$$ID2 = \frac{15\text{Vdc} - 0,7}{100\Omega * 100W}$$

$$ID2 = 80\text{mA}$$

$$IXBEE2 = 35\text{mA}$$

$$VXBEE = 3,3\text{V}$$

Para el microcontrolador: Se utiliza un regulador con las siguientes características

Característica:

$$\text{Regulador} = 5 \text{ V}$$

$$IC = 1,5 \text{ A}$$

$$V_{inR} = 32 \text{ Vdc}$$

$$V_{outR} = 5 \text{ Vdc}$$

$$V_R = 1,5V$$

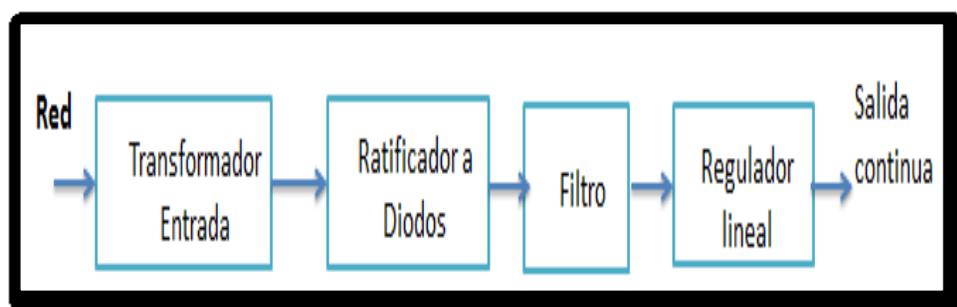
Dónde:

- **ID2** es la corriente del diodo.
- **T** es el periodo.
- **Vp** es el voltaje pico.
- **Vpp** es el voltaje pico a pico.
- **Vdc** es señal de onda completa.
- **Vrms** voltaje de rizado
- **IXBEE** corriente de Transmisión del XBee2.
- **VXBEE** voltaje del XBEE.
- **VintR** voltaje de entrada del regulador.
- **VoutR** voltaje de salida del regulador.
- **VR** es voltaje del regulador

✓ Componentes de una fuente de alimentación

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo mas estable posible, para ello se usan los siguientes componentes: 1. Transformador de entrada; 2. Rectificador a diodos; 3. Filtro para el rizado; 4. Regulador (o estabilizador) lineal, ver Figura 48.

Figura 48. Diagrama de los componentes de una fuente de poder.



Fuente: Elaboración Propia.

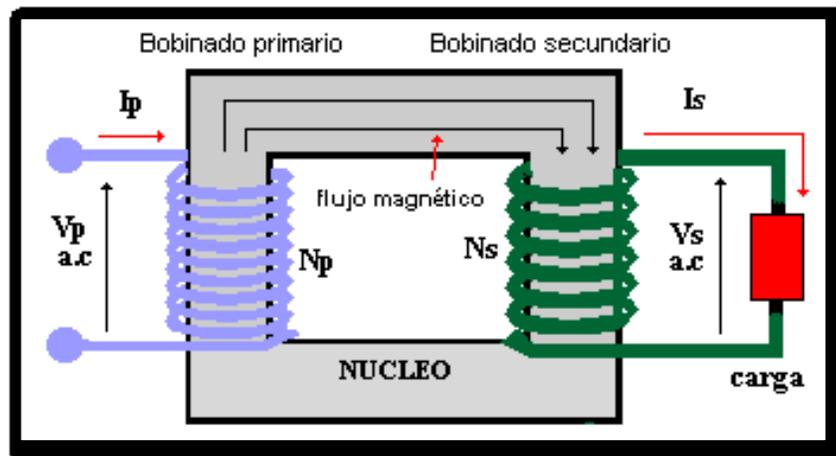
- Transformador

El transformador eléctrico es un dispositivo que se encarga de "transformar" el voltaje de corriente alterna (VAC) que le llega a su entrada, en otro voltaje también en corriente alterna de diferente amplitud, que entrega a su salida.

En la Figura 49 se ilustra como esta compuesto el transformador internamente; en el cual el numero de bueltas se llama bobinas y se compone de bobina primaria (aquella

que recibe el voltaje de entrada) y bobina secundaria aquella que entrega el voltaje transformado.

Figura 49. Esquema interno del transformador.

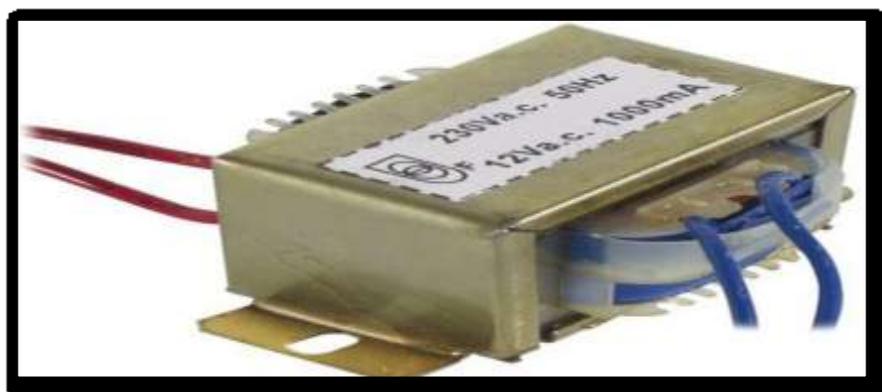


Fuente: (Reserved., 2002). [35]

- Transformador de chasis

En la Figura 50 se muestra el transformador de 12V de marca chasis, utilizada en la fuente de poder.

Figura 50. Transformador de 12V.



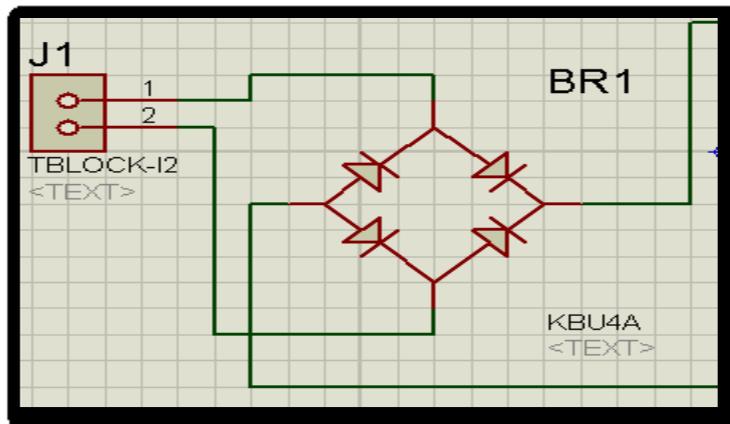
Fuente: (Electrónicos, 2012). [36]

Por sus dimensiones de 50mm x 60mm lo hacen el más aceptable para la implementación en este proyecto, consta de un voltaje de 2x12V alterna y una corriente de 1x1500mA.

- **Rectificador de diodo**

El rectificador convierte la señal anterior en una onda de corriente continua pulsante, y en el caso de la Figura 51 se utiliza un rectificador de 1/2 onda (elimina la parte negativa de la onda).

Figura 51. Etapa del Rectificador de la fuente de poder.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Filtro (los capacitores)**

El filtro, formado por uno o más condensadores (capacitores), alisa o aplanana la onda anterior eliminando el componente de corriente alterna (c.a.) que entregó el rectificador.

Los capacitores se cargan al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante del desaparece.

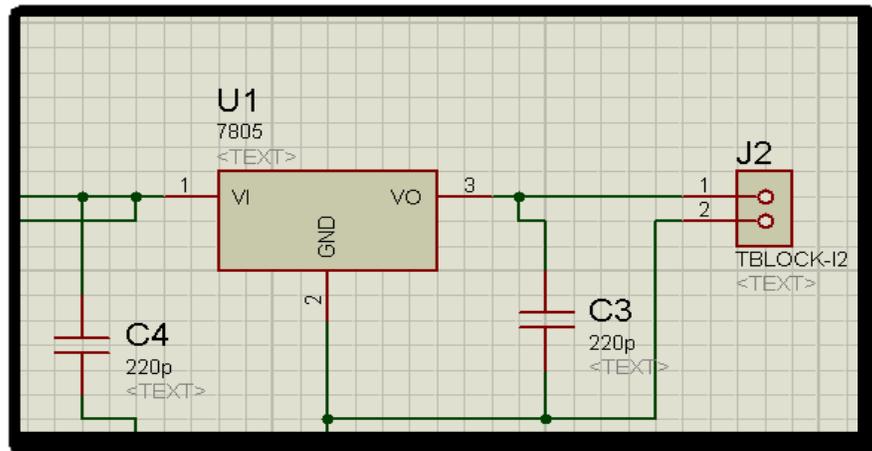
- **Regulador de tensión**

Reguladores de tensión positiva, de tres terminales, V1 voltaje de entrada, V0 voltaje de salida, El regulador de voltaje 7805, es un regulador de tensión positiva de 5 Volts a 1A, la tensión justa y mucho más corriente de la que necesitan nuestros PIC para funcionar, ver Figura 52.

Este dispositivo nos asegura que tiene 5V de salida no importa cuál sea el voltaje de entrada. El voltaje de entrada tiene que estar entre 6V y 12V para asegurarnos de que el regulador no se caliente demasiado y que el voltaje que se está recibiendo es el

correcto. Si se utiliza demasiado voltaje se puede llegar a fundir el regulador, además de que el sistema no está siendo eficiente al desperdiciar demasiada energía en calor.

Figura 52. Regulador de voltaje 7805 de la fuente de poder.

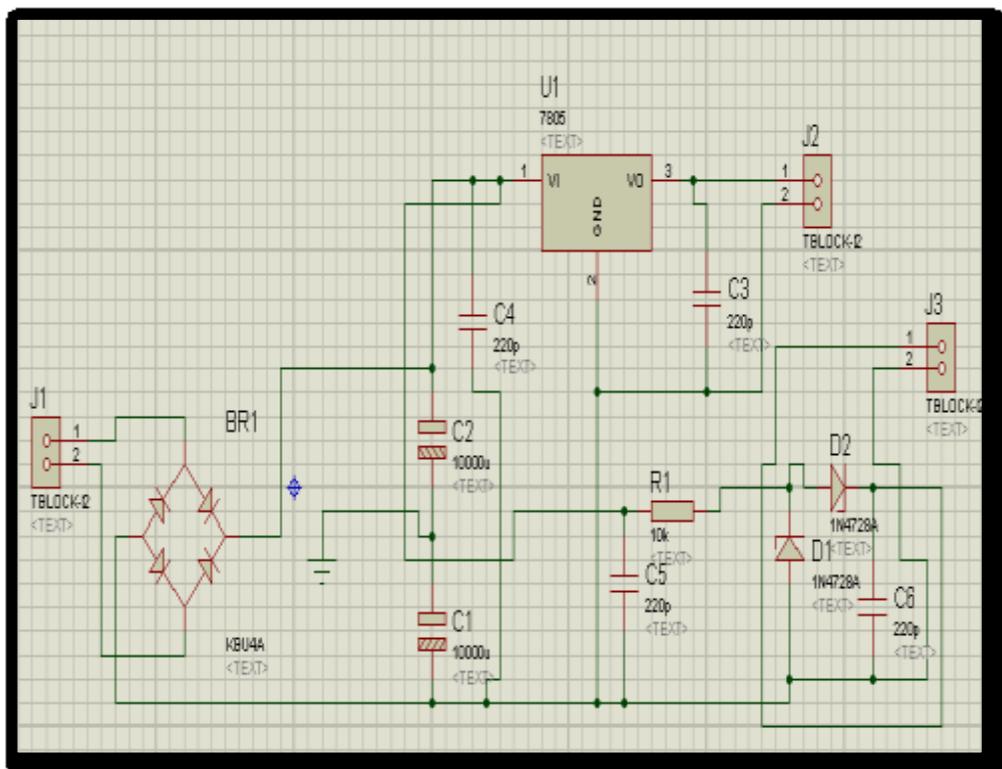


Fuente: Elaboración Propia.

✓ Diseño electrónico de la fuente de poder

En la Figura 53 se observa el montaje en PROTEUS de la fuente de alimentación. Esta diseñada para alimentar al microcontrolador a 5V y -5V y al modulo XBee s2 a 3,3 V.

Figura 53. Circuito electrónico de la fuente.

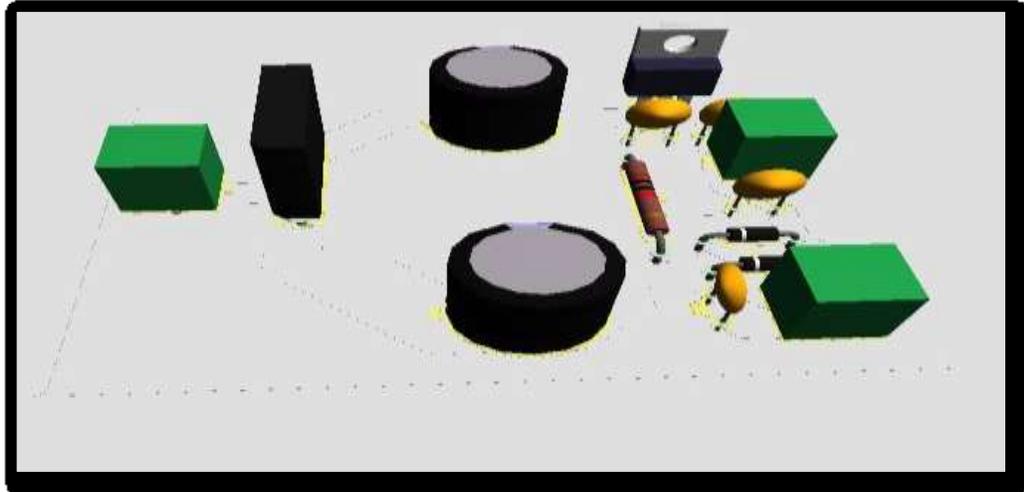


Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Circuito de la fuente de poder en Ares de Proteus 7,9**

En la Figura 54. se ilustra el circuito de fuente de poder exportada en ARES.

Figura 54. Fuente de Alimentación en ARES.



Fuente: Elaboración propia.

✓ **Fuente de alimentación o fuente de poder**

En la Figura 55 se muestra la parte electronica de la fuente de alimentación, la cual nos alimentara el sistema con (5V, -5V para el microcontrolador PIC18F2550 y 3.3 V para el modulo XBee s2).

Figura 55. Fuente de Alimentación terminada.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. SEGUNDA ETAPA (PROCESAMIENTO)

Para la realización del procesamiento digital se utiliza un microcontrolador (PIC) gama media comúnmente encontrada en el mercado con el nombre del PIC18F2550, es de fácil manejo a la hora de la configuración de sus puertos y trabaja lenguaje de alto nivel para sus periféricos (PWM, RS232).

En la sección anterior se mostró el diseño del circuito, ahora en esta otra etapa se detallara un poco sobre la parte interna de este (algoritmo). Como parte primordial el primer paso era adquirir de alguna manera los valores de los sensores para ello sencillamente al observar que los valores eran voltajes de corriente directa lo que se hizo fue capturarlos por medio del ADC del microcontrolador es de recordar que este trabaja con 5 puertos para conversión análogo-digital y si se observa un poco más el proyecto solo se tiene cuatro sensores en pocas palabras era el adecuado para la realización del proyecto, también tiene un puerto serial que trabaja con el protocolo RS232 que es de suma importancia para la transmisión de datos Zigbee.

El objetivo es comunicar un dispositivo lógico programable (PIC) con un dispositivo de transmisión de datos vía inalámbrica (XBEE), para adquirir los datos de forma análoga. Luego son convertidos a formato digital, después son incrustados en un trama de datos serial con protocolo RS232 que es compatible con tecnología Zigbee y estos son enviados por comunicación inalámbrica (transmisor) a un computador como ente central del sistema (receptor). Posterior a este proceso son visualizados en una plataforma virtual (sistema SCADA) diseñada en lenguaje grafico (LabView).

En la Figura 56 se ilustra el diagrama de comunicación de la tarjeta del PIC 16F876A y el módulo Transmisión de XBee s2.

Figura 56. Diagrama de comunicación.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. MODO TRANSPARENTE DE XBEE

El modo transparente es el más adecuado para reemplazar un cable serial por una comunicación serial inalámbrico, el modo transparente es una comunicación punto a punto y no es necesario ningún tipo de control.

Para la configuración del XBEE se utiliza un software llamado **XCTU**, que al pasar del tiempo ha sido una excelente herramienta para trabajar la tecnología XBEE en la Figura 57 se ilustra un diagrama de cómo se configura los XBEE para trabajarlos en modo de transmisor y receptor.

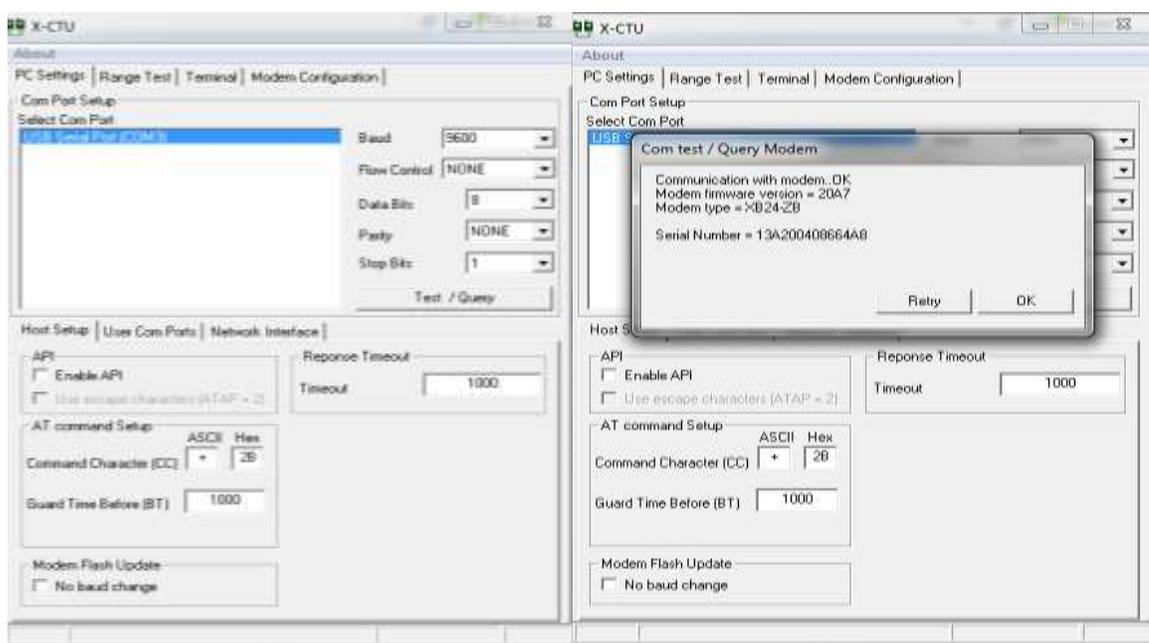
Figura 57. Representación global de los XBee dentro del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 58 muestra todos los dispositivos que se encuentran conectados, también que a cada uno le habilita un puerto (PORT) lo único que toca es reconocer cuales son los de los XBEE luego seleccionarlo y presionar el botón **Test/Query**, y automáticamente se despliega una ventana emergente que muestra detalles del dispositivo como el estado, versión de firmware y número de serie, el cual también se puede encontrar impreso en una etiqueta debajo del módulo XBee. Después de haber sido correctamente verificado, luego se presiona **OK**.

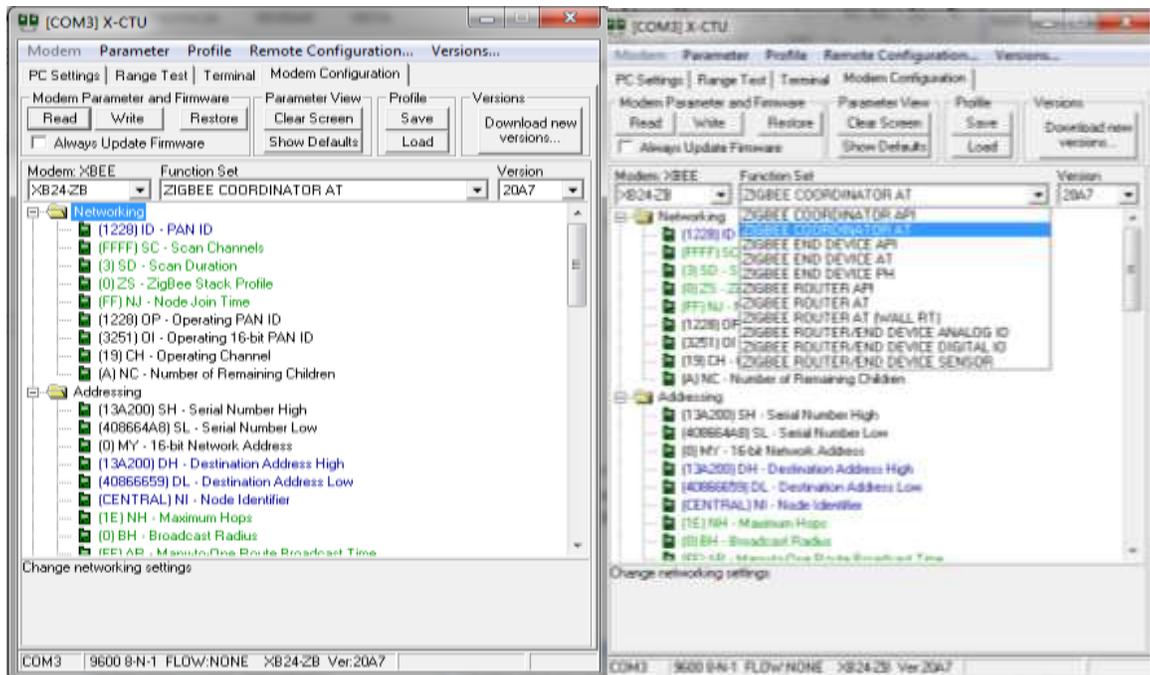
Figura 58. XCTU reconociendo y verificando los XBEE.



Fuente: Elaboración propia.

Lo siguiente es presionar en la parte superior el botón que indica **Range test**, después de esto se lee los XBEE con el botón **Read** y se configura los XBEE, por último se graba las nuevas configuraciones con el botón **Write**, ver Figura 59 y Figura 60.

Figura 59. XCTU Leyendo y configurando los XBEE.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar como decidir si grabar un programa para que el módulo funcione como un coordinador, router o end device y dentro de cada una de estas 3 opciones se podrá elegir otras más, como que lea un sensor.

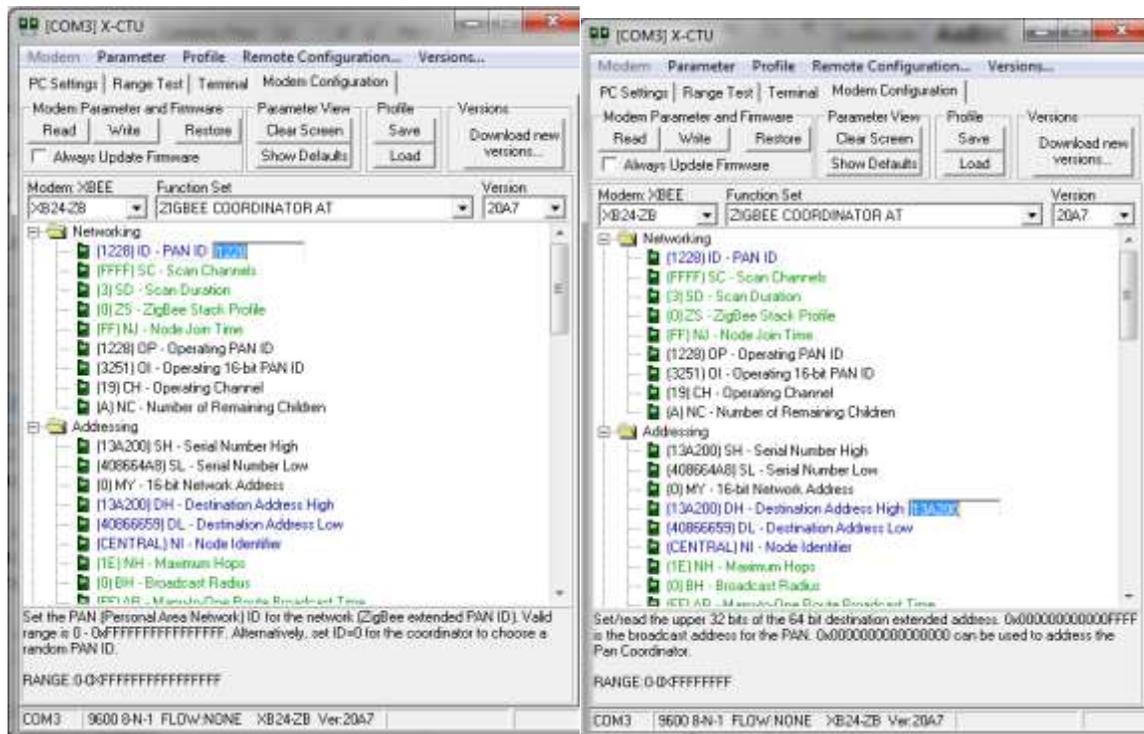
Para probar los módulos lo más simple, se configura un módulo XBee como maestro o Coordinador (administrador de la red) AT y el otro como esclavo o Router (enrutador) AT para establecer la comunicación entre ellos, lo primero es apuntar la dirección de 64 bits única de los módulos.

Coordinador (administrador de la red) sólo puede existir una por red, inicia la forma de la red, es el coordinador de PAN (red de área personal).

El Router (enrutador) se asocia con el coordinador de la red o con otro router Zigbee, puede actuar como coordinador, es el encargado de enrutar información de paquetes hacia otro router o coordinador, teniendo la posibilidad de recibir y transmitir información.

Primero se configura el coordinador, se da clic al módulo en la placa XBee Explorer USB conectada al pc y se abre la pestaña anterior de Function Set para seleccionar ZigBee Coordinator AT, en modem XB24-ZB y en versión la última. Con esto se dice a X-CTU que se va a grabar un programa en el módulo para que éste funcione como coordinador en modo AT, lo siguiente es seleccionar los parámetros de la comunicación; **Baud Rate** (velocidad de transmisión de datos), **Flow control** (Hardware, Software, None), **Data bits** (4, 5, 6, 7 y 8 bits de datos), **Parity** (None, Odd, Even, Mark and Space) y **Stop bits** (1, 1.5 y 2).

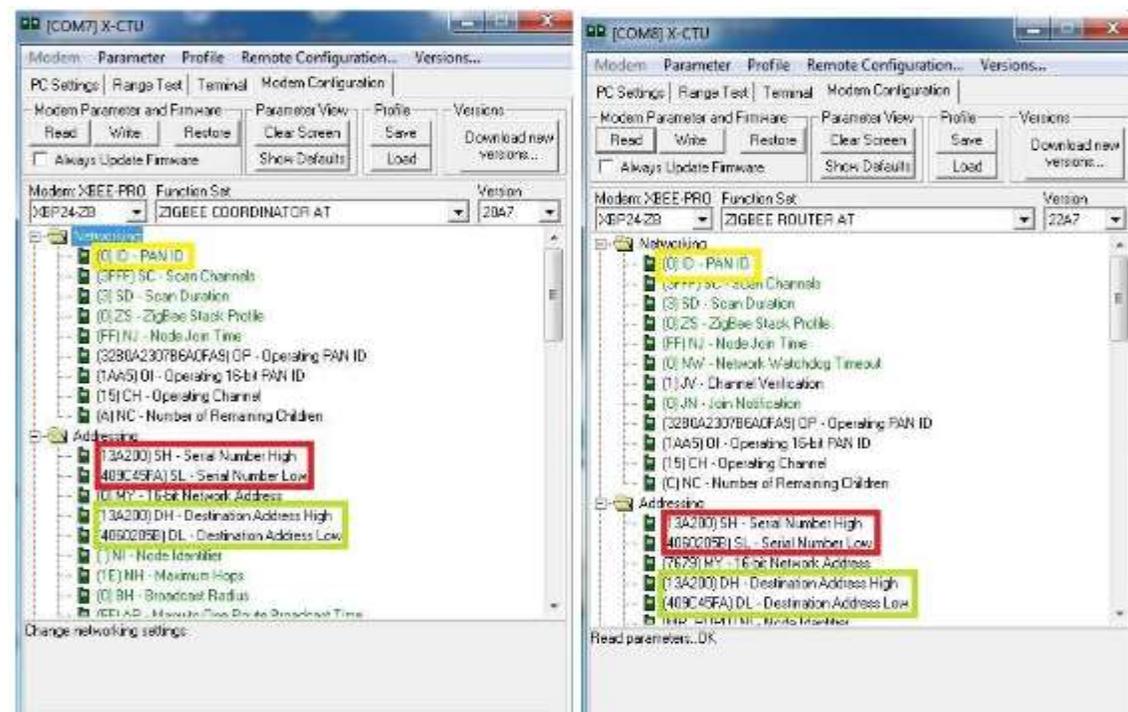
Figura 60. XCTU velocidad de transmisión y reescribiendo el XBEE.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 61 se ilustra las dos configuraciones realizadas a los módulos, el coordinador y Router.

Figura 61. XCTU configuración de los dos ZigBEE.



Fuente: Elaboración propia.

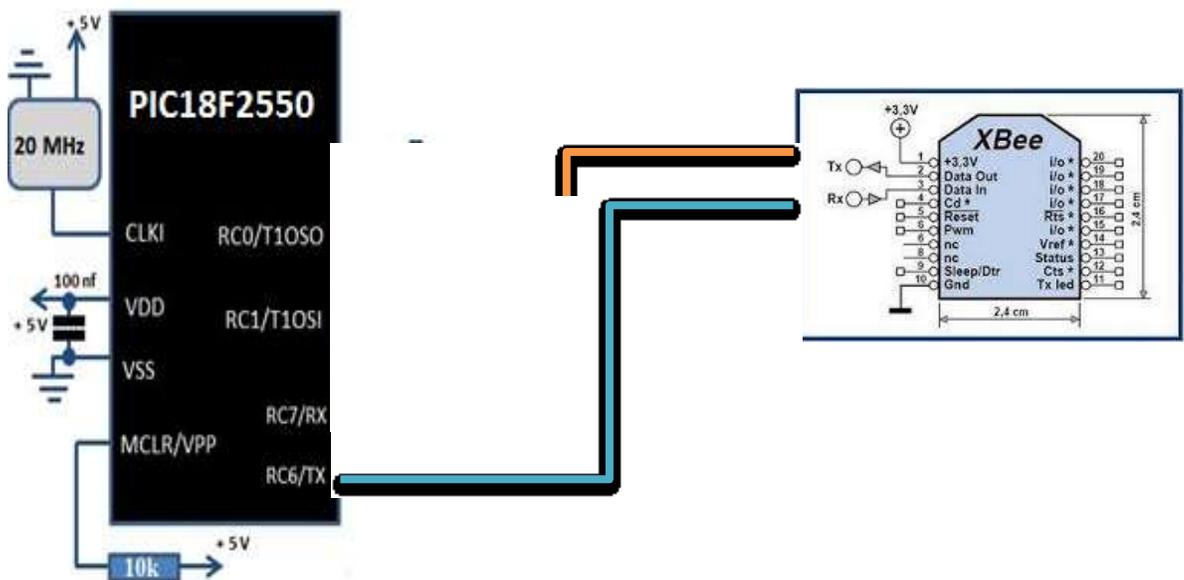
Se tiene ya los módulos listos para ser usados, se retira el router de la placa USB, se cierra el programa. Se da clic el módulo del coordinador en la placa USB para conecta

al PC y se abre el programa y se va al terminal dejando todas las opciones de la configuración serie por defecto como están.

Con estos pasos bien realizados los XBEE ya estaban listos para transmitir y recibir datos.

El siguiente paso es realizar la comunicación del PIC18F2550 con el XBee encargado de la transmisión de datos desde los sensores colocados en la microparcela con área restringida de 2m², para ello se utiliza uno de los periféricos de mayor utilidad de un microcontrolador llamado RS232 (serial de 1 byte), este maneja los pines 18 (RX_PIC) y el pin 17 (TX_PIC) y los se enlaza con el XBEE S2 en los pines 2(TX) y 3(RX) respectivamente, ver Figura 62 .

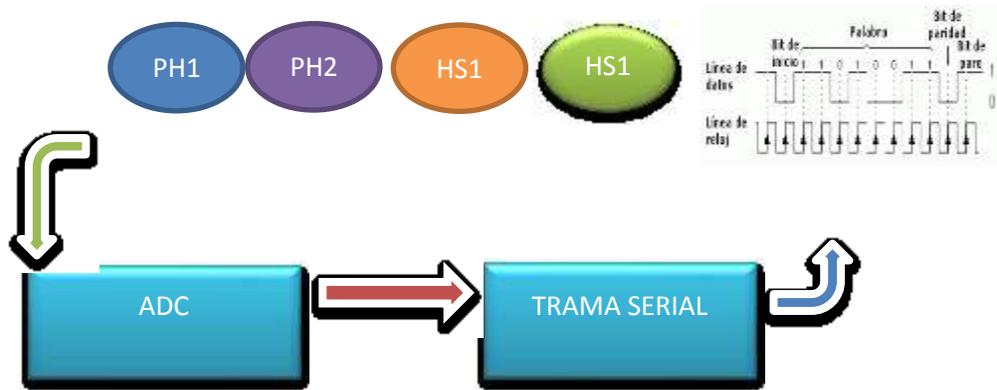
Figura 62. PIC18F2550 protocolo Serial y XBEE S2.



Fuente: Elaboración propia.

La estructura del programa del microcontrolador PIC18F2550, se presenta claramente en la Figura 63. El ADC es de vital importancia, ya que la mayoría de los sensores tienen señal analógica y el microcontrolador para procesar estos datos debe ser convertido a formato digital. La información leída por el ADC es enviada a otro módulo XBee y este recibe la información y es visualizado el valor del ADC por medio de labView.

Figura 63. Diseño del programa interno del PIC18F2550.



Fuente: Elaboración propia.

Y con esto se finaliza la segunda etapa del proyecto.

Hasta el momento se había logrado algo de bastante importancia para el proyecto, el siguiente paso era como recibir la trama de formato serial y reacomodar los valores para que fueran analizados por el ente especialista en el área.

- **Transmision de los datos al PC**

Monitoreo de las variables PH y Humedad del suelo, desde una computadora remota, es una de las principales metas de este proyecto, para lograr que el personal de Ciencias Agraria de la Universidad de Pamplona pueda ver el estado del terreno y puedan mitigar el efecto erosivo generado por el viento y agua.

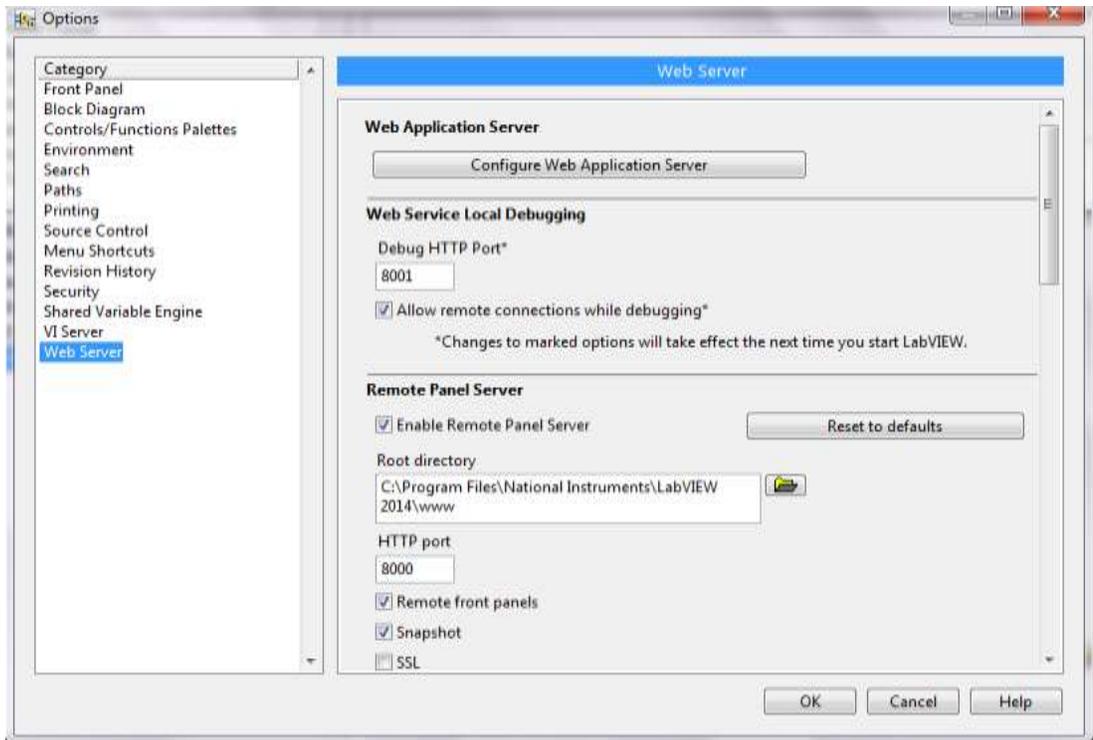
Para completar esta tarea se configura para una intranet, como el servidor Web proporcionado por el software LabVIEW 2014.

3.6. CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR WEB EN LABVIEW

LabVIEW ya cuenta con su propio servidor que hace posible subir los instrumentos virtuales a internet, dando una dirección URL al sistema con la dirección IP del computador. No obstante, antes de activar el servidor Web se tienen que configurar los puertos de acceso al instrumento virtual, es decir, especificar el puerto a través del cual se tendrá acceso al programa.

Para asignar el puerto 8000 en el servidor Web de LabVIEW, se selecciona en la barra de menú la opción **Tools** y posteriormente la casilla de **Options**. Aparecerá una ventana como lo muestra la Figura 64 y ahí se selecciona la opción **Web Server**. En esa ventana se debe configurar el puerto http que se usará para tener acceso al sistema.

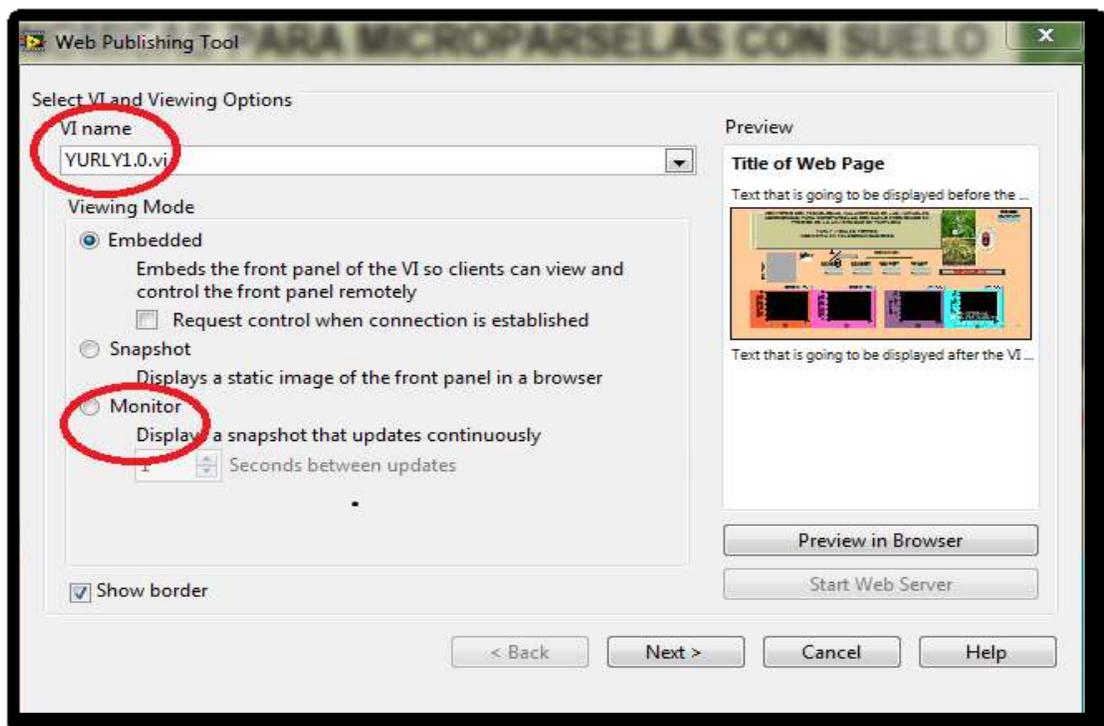
Figura 64. Configuración del servidor web de LabView.



Fuente: Elaboración propia.

Para conocer la dirección URL por la cual se tiene acceso al sistema es necesario habilitar el servidor Web de LabVIEW: Primero hay que acceder al servidor Web del instrumento virtual en el que se está trabajando, desde la pantalla principal de LabVIEW. Para ello, se selecciona en la barra de **menú** la opción **Tools** y se selecciona **Web Publishing Tool**, posteriormente, se abre una ventana como se muestra en la Figura 64.

Figura 65. Habilitando el servidor Web.

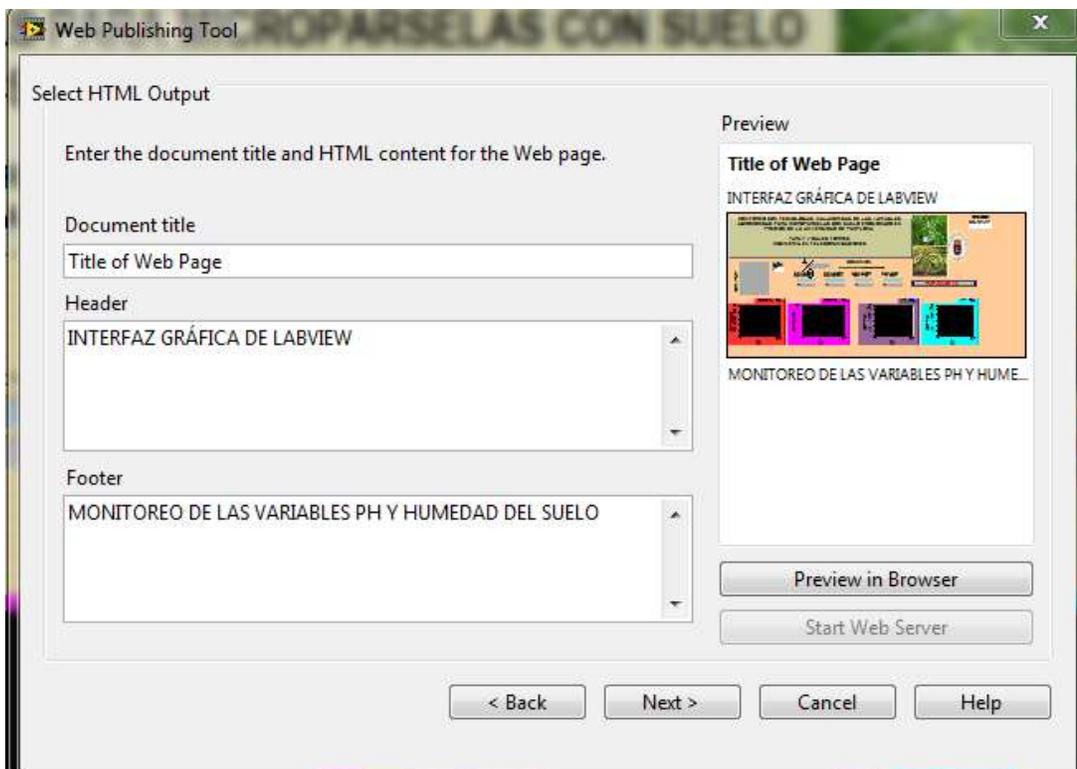


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 65 se muestra en círculos rojos la selección del instrumento virtual en el que se va habilitar el servidor Web de *LabVIEW*. También se pide especificar el “Modo de visualización”, para su óptimo funcionamiento se selecciona la casilla *Monitor* para que los usuarios sólo puedan ver el panel frontal y no puedan interactuar con el instrumento virtual, evitando la modificación de los límites de los signos vitales y el que la operación del sistema pueda ser detenida de manera remota

Al dar click en el botón **Next** se muestra la pantalla donde se puede dar el título a la página Web, encabezada y pie de página ver Figura 66.

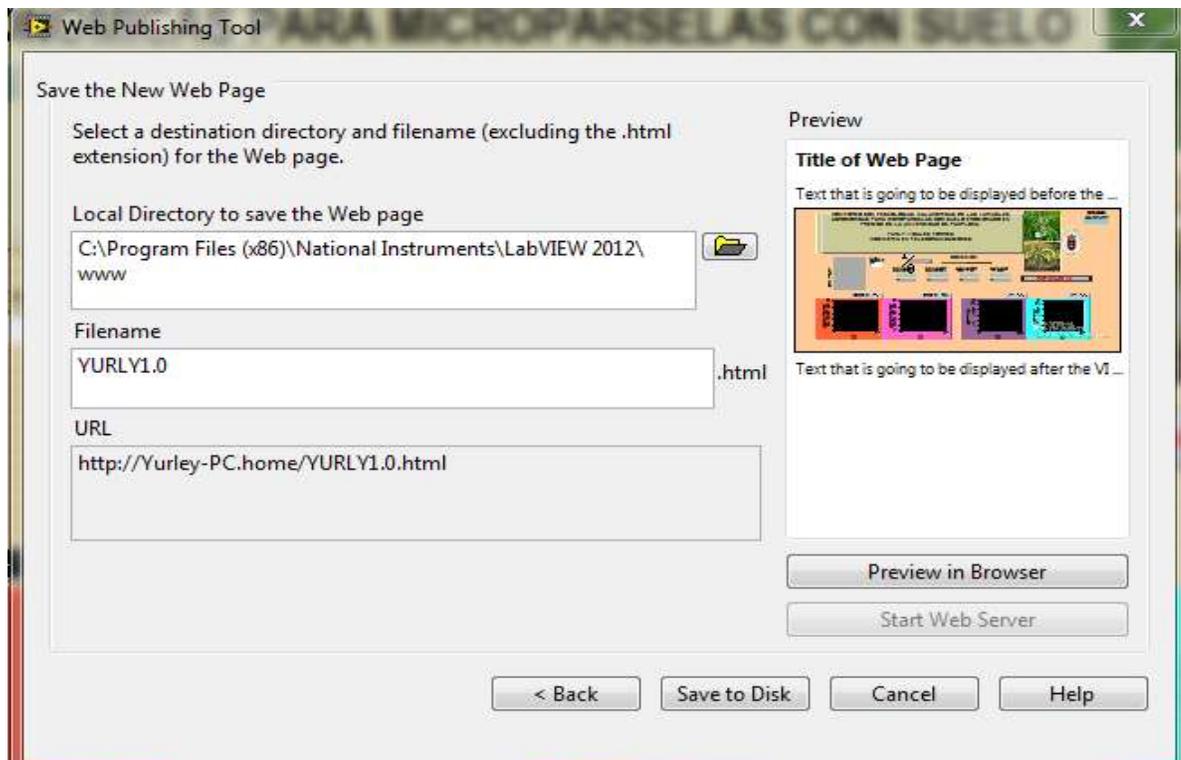
Figura 66. Habilitación del servidor Web 2.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente ventana es la última para terminar de habilitar el servidor Web donde se puede modificar la ubicación, dentro del computador, de la página Web con el instrumento virtual creado por *LabVIEW*; especificar un nombre para el archivo de la página Web con extensión *.html* y la URL por la cual se tendrá acceso a la página Web desde un explorador de Internet, ver Figura 67.

Figura 67. Habilitando servidor web 3.



Fuente: Elaboración propia.

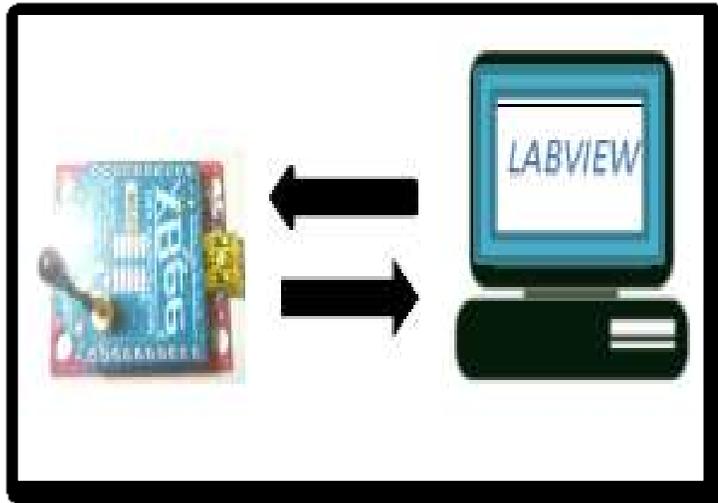
Por último, se selecciona el botón Save to Disk para salvar el archivo y habilitar la página y el servidor Web.

EL tipo de conexión a Internet es muy importante para lograr el objetivo de monitoreo remoto. Una computadora no está conectada directamente a Internet, sino que, es mediante un router que el computador está conectado a la red. La dirección URL que proporciona el servidor web de LabVIEW sólo sirve para usuarios que estén conectados dentro de la misma red y no para otros computadores que estén conectados en otras redes

3.7. TERCERA ETAPA (INTERFAZ DE USUARIO)

Para concluir con la realización del proyecto es necesario mencionar un poco la interfaz gráfica realizada especialmente para un manejo óptimo del usuario, esta es elaborada en el entorno grafico del software LabView del cual es válido afirmar que es fácil manejo y sus herramientas son bastantes eficaces en áreas de comunicación entre ellas protocolos como RS232, bluetooth, radiofrecuencia, Ethernet, etc. Ver Figura 68.

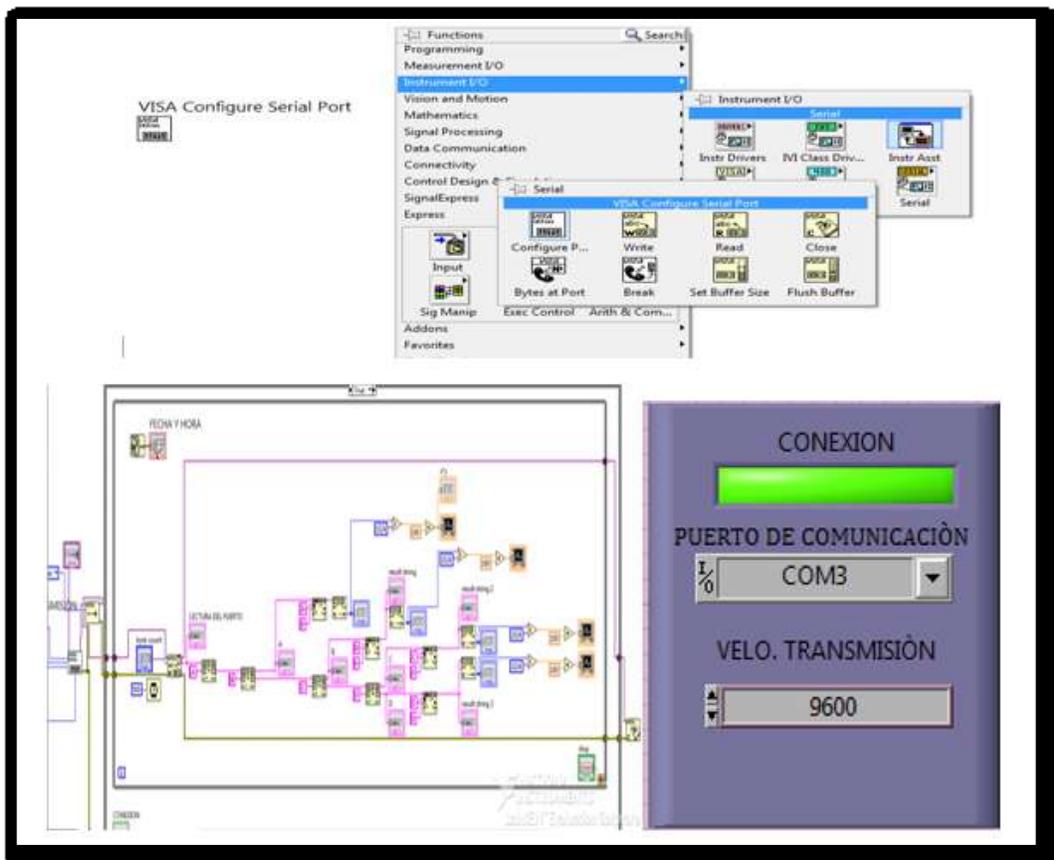
Figura 68. Comunicación interfaz gráfica XBEE receptor y PC.



Fuente: Elaboración propia.

Lo primero fue realizar un programa para recibir la trama serial enviada del PIC18F2550, para tener acceso al puerto serial usando labview se debe iniciar una sesión VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con “**VISA configure serial port**”, que se puede encontrar en **Functions >> Instrument I/O >> Serial >> VISA configure serial port**. Ver Figura 69.

Figura 69.Recepcion y visualización de datos utilizando LabView.

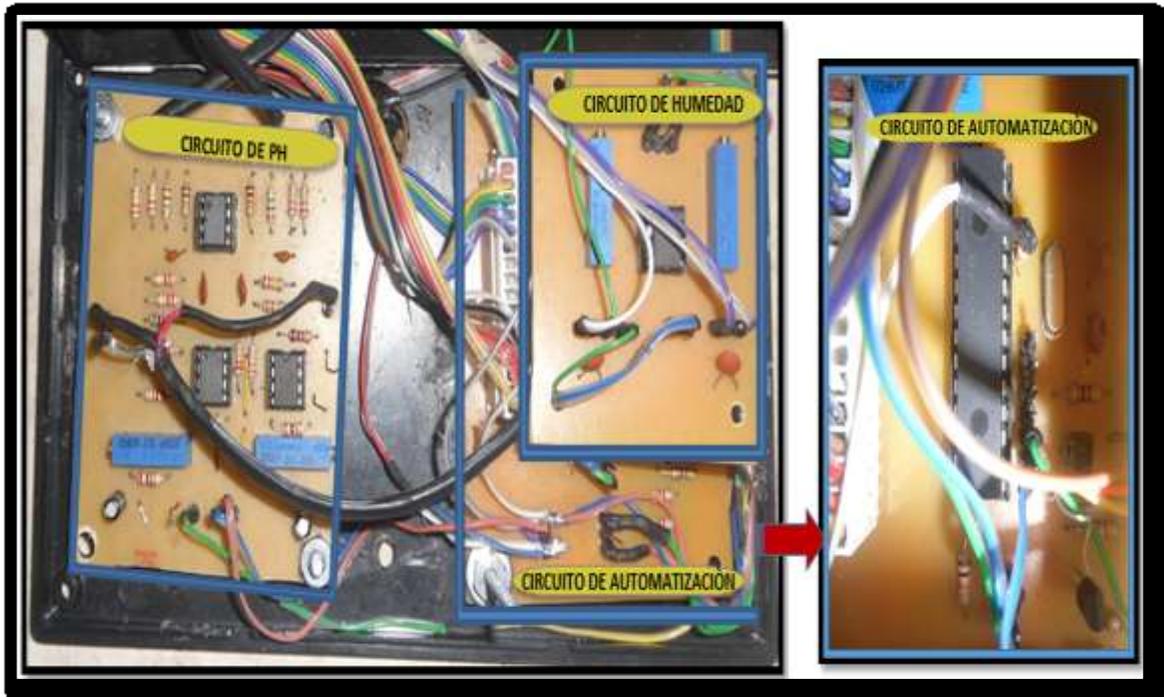


Fuente: Elaboración propia.

3.8. SISTEMA DE MONITOREO DE LAS VARIABLES PH Y HUMEDAD DEL SUELO

En la Figura 70 se puede observar el circuito implementado para el monitoreo de las variables ambientales pH y humedad del suelo.

Figura 70. Sistema de monitoreo de las variables pH y humedad del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

- El circuito de amplificación de pH del suelo, esta estandarizado de modo que el instrumento mida cero en (pH 7) solución neutra, en voltaje positivo es (pH <7) solución acida y en voltaje negativo (pH > 7) solución base. Genera -59.16 milivoltios por unidad de pH a temperatura ambiente (= "potencial de Nernst").
- El circuito de humedad del suelo tiene un amplificador operacional LM393 de propósito específico que esta prediseñado para comparar niveles de tensión.
- Para la realización del procesamiento digital se utiliza un microcontrolador (PIC) que tiene como función ejecutar un algoritmo para la conversión análogo/digital de la señal de entrada.

Necesita del muestreo de la señal: Simplemente parte de una señal o magnitud analógica continua y genera en la salida una secuencia de valores discretos, comúnmente llamado ADC.

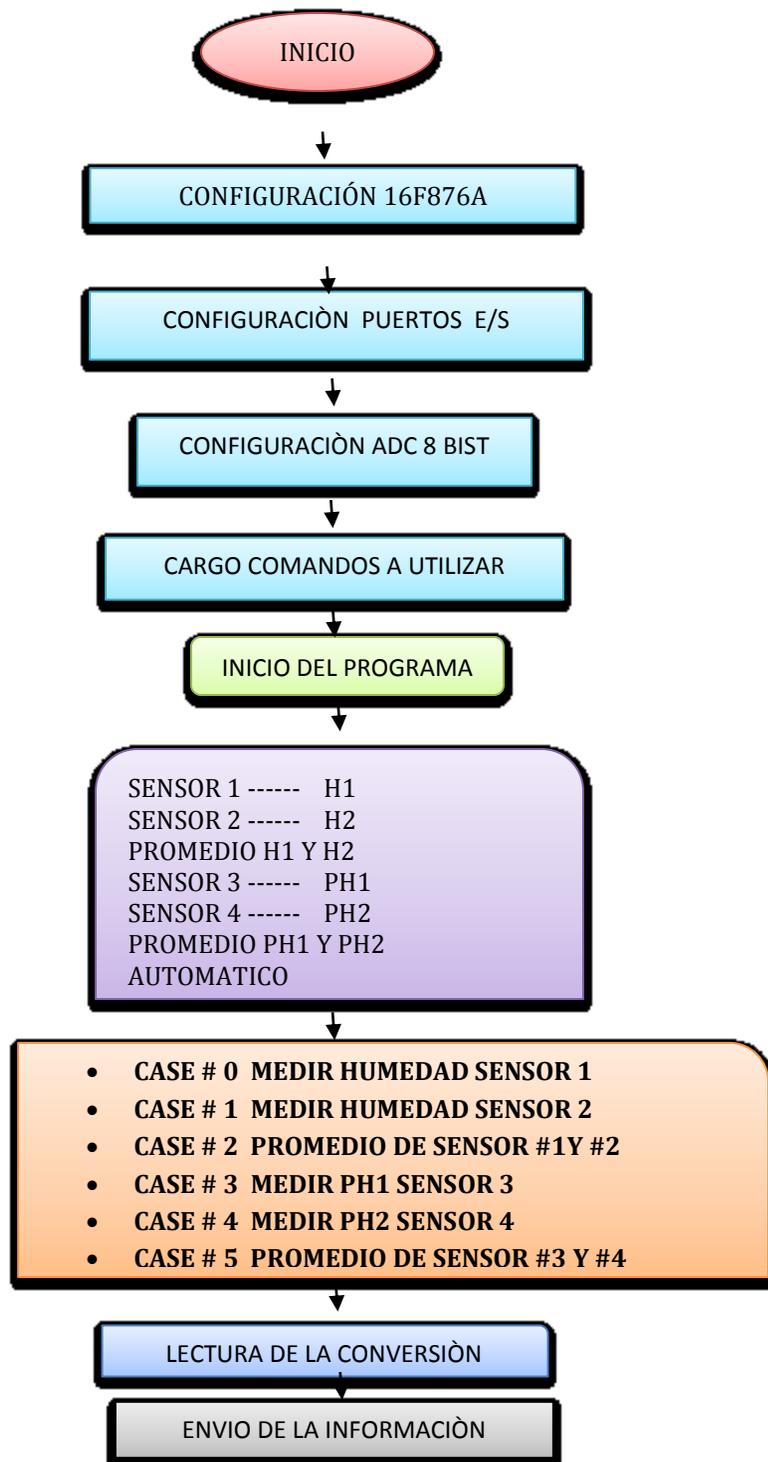
El algoritmo desarrollado permite: muestrear la señal analógica obtenida de la etapa de acondicionamiento en una serie de pulsos, obtener la señal las variables deseadas y enviarla por el protocolo de comunicación inalámbricas ZigBee a un PC.

3.9. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Se realiza una comunicación serial inalámbrica en modo transparente entre módulos XBee y un sistema embebido “microcontrolador”. Consiste en la lectura del conversor análogo-digital de un microcontrolador, la información leída por el ADC es enviada a otro módulo XBee y este recibe la información y es visualizado el valor del ADC en LCD y en el software Labview.

El microcontrolador realiza una estructura de programación para la transmisión de las señales de los sensores, como se aprecia en la Figura 71.

Figura 71. Diagrama del PIC18F2550.



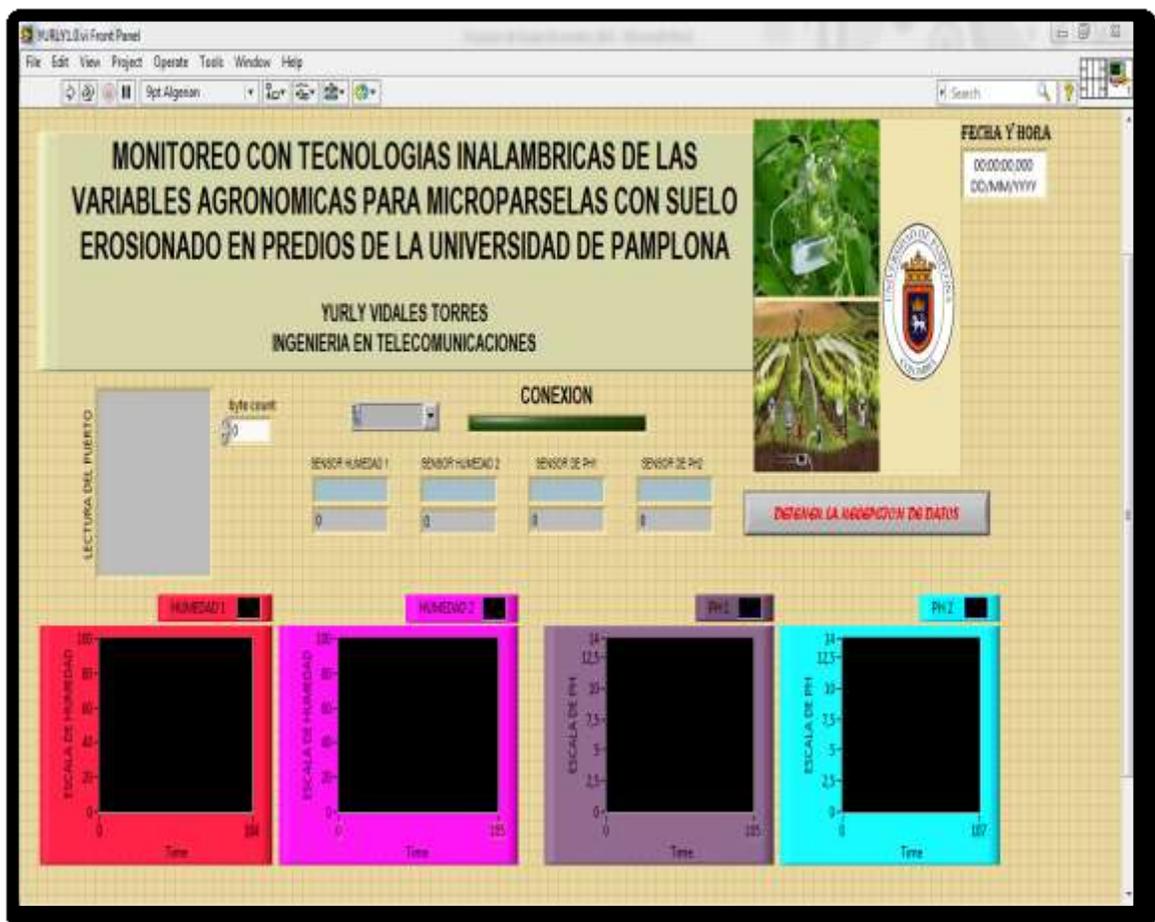
Fuente: Elaboración propia.

3.10. INTERFAZ GRÁFICA LABVIEW

En la Figura 72 se puede observar el panel frontal de la interfaz gráfica desarrollada en Labview, donde el usuario monitoreara el estado del terreno para saber la humedad y el pH del suelo.

La interfaz gráfica muestra un entorno agradable, donde se puede ver los datos de los cuatro sensores (Sensor Humedad1, Sensor Humedad2, Sensor PH1, Sensor PH2), con sus respectivas gráficas.

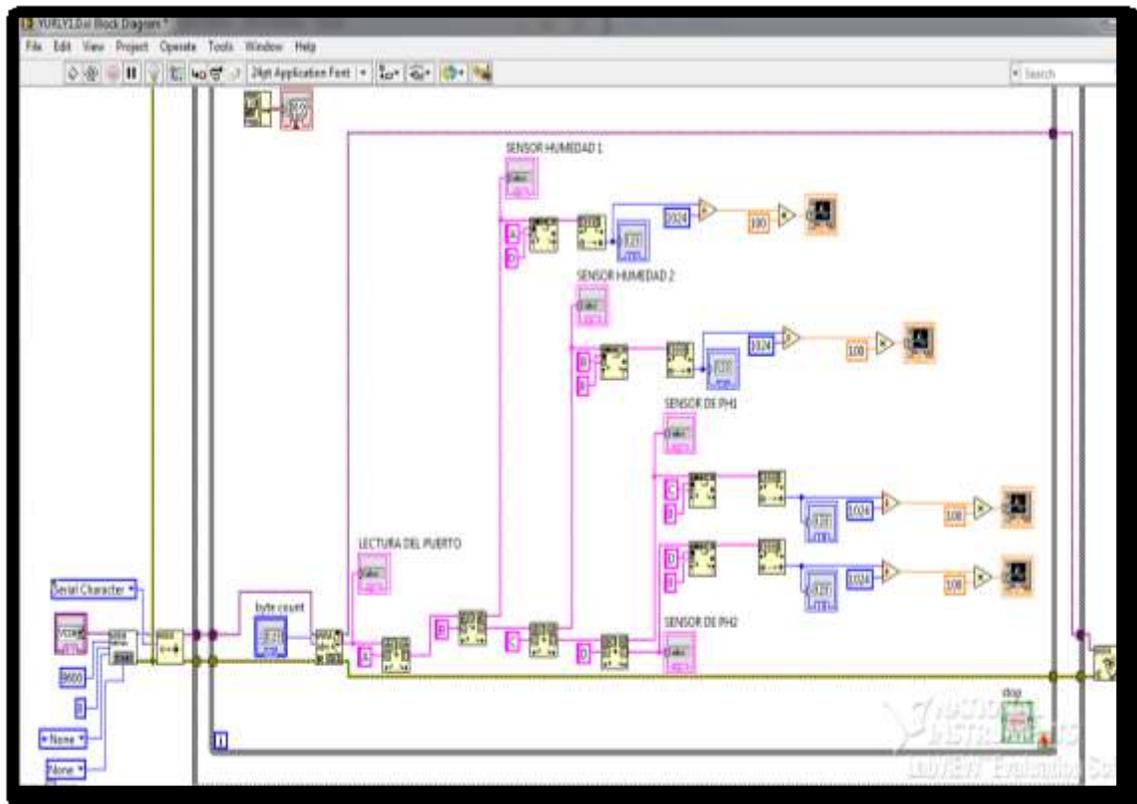
Figura 72. Interfaz gráfica de Labview.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 73 se muestra el diagrama en bloque de la interfaz gráfica, esta constituye el código fuente del VI (Interfaz Virtual). El diagrama en bloque es donde se realiza la implementación del programa del VI, para controlar o realizar cualquier procesamiento de la entrada y salida que se crearon en el panel frontal.

Figura 73. Diagrama en bloque de la interfaz de Labview.



Fuente: Elaboración propia.

3.11. SISTEMA DE MONITOREO DE LOS SENSORES DE PH Y HUMEDAD

Montaje del sistema en el terreno en donde se encuentran conectados los cuatro sensores que medirán el pH y humedad del suelo. El montaje del sistema va de acuerdo a las dimensiones del terreno y se ubica de tal manera que se puedan conectar fácilmente los sensores al circuito. (Ver Figura 74)

Figura 74. Sistema de monitoreo de los sensores.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4

Se describe el presupuesto económico completo, marco legal, impacto ambiental y protección e higiene del trabajo del proyecto.

4.1. ANALISIS ECONOMICO Y ADMINISTRATIVO

El desarrollo de la fuente de poder el cual otorga electricidad imprescindible para alimentar a todo el sistema, se presentó un gasto economico.

4.1.1. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS

Tabla 6. Precio de los componentes utilizados.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN ARTICULO	UNITARIO \$	TOTAL	PROVEEDOR
1	ZENER 4.3V	300	300	CARVAL ELECTRONICS
1	ZENER 2.7V	300	300	CARVAL ELECTRONICS
1	1N4733A	300	300	CARVAL ELECTRONICS
1	1N4148	100	100	CARVAL ELECTRONICS
2	4700X25	1.500	3.000	CARVAL ELECTRONICS
1	BAQUELA 10X10 cm	1.500	1.500	CARVAL ELECTRONICS
1	LM7805	1.000	1.000	CARVAL ELECTRONICS
1	LM3.3	2.500	2.500	CARVAL ELECTRONICS
1	RESISTENCIA 10W A 100 Ω	1.400	1.400	CARVAL ELECTRONICS
5	RESISTENCIA 470Ω	100	100	CARVAL ELECTRONICS
5	220KΩ	100	100	CARVAL ELECTRONICS
10	10KΩ	200	200	CARVAL ELECTRONICS
10	CAPACITORES 104	100	1.000	CARVAL ELECTRONICS
Un metro y medio	BUS DE DATOS DE 14 HILOS	5.600	5.600	CARVAL ELECTRONICS
1	TRANSFORMADOR DE 12V A 2ª	27.000	27.000	CARVAL ELECTRONICS
1	ENCHUFE DE CORRIENTE	2.000	2.000	CARVAL ELECTRONICS
35m	CABLE DUPLEX CALIBRE 16	600	21.000	CARVAL ELECTRONICS
2	ACIDO	1.000	2.000	CARVAL ELECTRONICS
50 cm	TERMOENCOGIBLE	600	600	CARVAL ELECTRONICS
Carrete De Soldadura	ESTAÑO	6.000	6.000	-----0-----
1	PASTA PARA SOLDAR LA UNICA	5.000	5.000	-----0-----
2	TRIMER DE 5K	1300	3.000	CARVAL ELECTRONICS
12	CONECTORES HEMBRA	300	3.600	CARVAL ELECTRONICS

12	CONECTORES MACHO	400	4.800	CARVAL ELECTRONICS
2	TRIMER 10K	2.000	4.000	CARVAL ELECTRONICS
1	TRIMER 100K	2.000	2.000	CARVAL ELECTRONICS
1	BAQUELA DE 20X20	6.000	6.000	CARVAL ELECTRONICS
2	ROLLOS CINTA AISLANTE BLANCA	1.000	2.000	-----0-----
1	REGULADOR DE VOLTAJE 7805	2.000	2.000	CARVAL ELECTRONICS
1	PRUEBA DE PH 80 TIRAS PAPEL ANALISIS AGUA ALCALINO A ÁCIDO	4.999	4.999	MERCADO LIBRE
2	SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO HIGROMETRO ARDUINO	8.000	16.000	MERCADO LIBRE
2	CAJA EN ACRILICO FUENTE Y CIRCUITO DEL SISTEMA	60.000	120.000	
1	Casa en madera	35.000	35.000	
	Total		283.000	

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. DESCRIPCIÓN DE GASTOS DEL CIRCUITO DE AUTOMATIZACIÓN

Tabla 7. Descripción de gastos del circuito de Transmisión.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN ARTICULO	UNITARIO \$	TOTAL	PROVEEDOR
1	PIC16F876	15.000	15.000	CARVAL ELECTRONICS
1	PIC18F2550	20.000	20.000	CARVAL ELECTRONICS
1	CRISTAL 14 MHZ	1.000	1.000	CARVAL ELECTRONICS
1	CRISTAL 16MHZ	1.000	1.000	CARVAL ELECTRONICS
1	CRISTAL 10MHZ	1.000	1.000	
2	CONDENSADORES DE 15PF	100	200	CARVAL ELECTRONICS
2	XBEE S2	55.000	110.000	MERCADOLIBRE
1	PROGRMADOR XBEE S2	33.600	33.600	MERCADOLIBRE

	GASTOS DE ENVIO Y GIRO	15.000	15.000	ENVIOS DEPRISA Y EFACTY
	Total		199.000	

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. DESCRIPCIÓN DE GASTOS POR SOSTENIMIENTO

Tabla 8. Descripción de gastos por sostenimiento.

DESCRIPCIÓN DE GASTOS POR SOSTENIMIENTO	CANTIDAD (MESES)	COSTO TOTAL \$	OBSERVACIONES
Alimentacion	4	900.000	Gastos Personales
Arriendo	4	600.000	Gastos Personales
Transporte	4	120.000	Gastos Personales
Otros	4	200.000	Gastos Personales
Total	4	1'820.000	Gastos Personales

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. DESCRIPCIÓN DE GASTOS DE LOS SENSORES

Tabla 9. Descripción de gastos de los sensores

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN ARTICULO	UNITARIO \$	TOTAL	PROVEEDOR
2	SENSORES ANALIZADOR 3 EN 1 TESTER MEDIDOR DE LUZ PH HUMEDAD DEL SUELO (EN COLOMBIA)	25.000	\$ 50.000	MERCADO LIBRE
	SERVICIO DE ENVIOS	12.000	12.000	DEPRISA
	Total		62.000	

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. DESCRIPCIÓN DE GASTOS DE SOFTWARE

Tabla 10. Software implementado en el trabajo de grado.

NOMBRE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	PROVEEDOR	OBSERVACIÓN
PICKIT 2 V2.55	\$ 0	\$ 0	Microchip	Versión Evaluación
PROTEUS 7.9	\$ 0	\$ 0	Edashop	Versión Evaluación
LABVIEW 2014	\$ 0	\$ 0	National	Licencia Gratuita

			Instruments	
PIC C COMPILER	\$ 0	\$ 0	Custom Computer Service, Inc	Versión Evaluación

Fuente: Elaboración propia.

4.3. MARCO LEGAL

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

Decreto Número 2044 de 19 septiembre de 2013

Por el cual se reglamentan los artículos 12 y 68 de la ley 1341 de 2009

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

En ejercicio de sus atribuciones constitucionales y legales, y en especial de las de las que le confieren los artículos 75 y 189 numeral 11 de la constitución política y 12 de la ley 1341 de 2009, y

CONSIDERANDO

Que el artículo 12 de la ley 1341 de 2009 establece que los permisos para el uso del espectro radioeléctrico tendrán un plazo inicial de hasta 10 años, el cual podrá renovarse a solicitud de parte por periodos iguales al plazo inicial, o por un plazo inferior al inicial, cuando resulte indispensable el reordenamiento nacional del espectro radioeléctrico o por razones de interés público, y que renovación, la cual no podrá ser gratuita ni automática, incluirá condiciones razonables y no discriminatorias compatibles con el desarrollo tecnológico del país, así como la continuidad del servicio y los incentivos adecuados para la inversión.

Que el mismo artículo dispone que el interesado deba solicitar la renovación del permiso con tres (3) meses de antelación a su vencimiento.

Que como condición para la renovación, el citado artículo establece que debe tener en cuenta el uso eficiente que se ha hecho en recurso y su disponibilidad, el cumplimiento de los planes de expansión y la cobertura de redes y servicios, sin

perjuicio de que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones pueda establecer condiciones adicionales.

Que de acuerdo con el artículo 68 de la Ley 1341 de 2009 y la Sentencia C-403 de 2010 de la Honorable Corte Constitucional, los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) establecidos al momento de la expedición de la ley pueden acogerse antes del vencimiento de sus respectivas concesiones, licencias, permisos y autorizaciones al régimen de habilitación general previsto en el artículo 10 de la citada ley, lo cual conlleva la terminación anticipada de las respectivas concesiones, licencias, permisos y autorizaciones, surgiendo el derecho para quienes se acojan a que se les renueve el permiso para el uso del espectro radioeléctrico de acuerdo con los términos de su título habilitante, a cuyo vencimiento deben acogerse a lo previsto en el artículo 12 ibídem;

Que de conformidad con el artículo 68 de la Ley 1341 de 2009, la decisión de los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) de terminar anticipadamente las concesiones, licencias, permisos y autorizaciones para acogerse al régimen de habilitación general, no genera derechos a reclamación alguna, ni el reconocimiento de perjuicios o indemnizaciones en contra del Estado o a favor de este;

Que el artículo 35 del Decreto número 19 de 2012 establece que “cuando el ordenamiento jurídico permita la renovación de un permiso, licencia o autorización, y el particular la solicite dentro de los plazos previstos en la normatividad vigente, con el lleno de la totalidad de requisitos exigidos para ese fin, la vigencia del permiso, licencia o autorización se entenderá prorrogada hasta tanto se produzca la decisión de fondo por parte de la autoridad competente sobre dicha renovación. Si no existe plazo legal para solicitar la renovación o prórroga del permiso, licencia o autorización, esta deberá presentarse cinco días antes del vencimiento del permiso, licencia o autorización, con los efectos señalados en el inciso anterior”;

Que adicionalmente, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, dentro del marco del Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para Todos”, debe orientar su accionar hacia la ejecución de las políticas definidas para el sector, que incorporan lineamientos encaminados a alcanzar la competitividad, la prosperidad social y la igualdad de oportunidades, en vía del crecimiento sostenible, lo cual se materializa a través de la inclusión de las TIC como motor de desarrollo, sirviendo de apoyo transversal para mejorar la competitividad del país y potenciar el crecimiento de la productividad de los sectores económicos, incentivando la implementación de herramientas innovadoras, y generando conocimiento, nuevos negocios y el fortalecimiento institucional del Estado bajo la aplicación de los postulados del Buen Gobierno;

Que de otra parte, el Plan de Tecnología Vive Digital Colombia tiene como objetivo principal “Impulsar la masificación del uso de Internet, para dar un salto hacia la Prosperidad Democrática”, y busca que todos los colombianos cuenten con al menos una solución de conectividad gracias a una moderna autopista de la información, siendo uno de sus objetivos estratégicos el lograr que el 100% de las cabeceras municipales tengan cobertura de Internet inalámbrico, con servicios de 3G y, al menos, 50% con servicios de última generación como 4G, por lo cual se requiere asignar nuevas bandas y renovar las existentes para incrementar la penetración de los servicios;

Que en línea con lo anterior, al Ministerio le corresponde asignar las bandas y/o frecuencias del espectro radioeléctrico otorgando los permisos para uso del recurso, así como su renovación en los términos fijados por la ley, todo lo cual, permite

implementar tecnologías que apuntan a mejorar y modernizar el servicio público involucrado y procurar la mayor seguridad jurídica en un sector que comporta inversiones de gran envergadura y permanentes cambios tecnológicos que conllevan a que los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) se vean abocados a actuar de manera dinámica para satisfacer las necesidades del servicio en términos de calidad, cobertura e introducción de nuevos servicios o aplicaciones, entre otros, de forma oportuna;

Que el artículo 7° del Decreto número 4169 de 2011 establece que es función del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la asignación y gestión del espectro radioeléctrico, con el fin de fomentar la competencia, el pluralismo informativo, el acceso no discriminatorio y evitar prácticas monopolísticas;

Que como ente rector del sector de las TIC, al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones le corresponde administrar el régimen de contraprestaciones y otras actuaciones administrativas que comporten el pago de derechos por parte de los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST), lo cual implica procurar un flujo estable de ingresos al Fondo de TIC;

Que, teniendo en cuenta las altas inversiones que exige el sector de las TIC por parte de los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST), así como la necesidad de procurar condiciones que ofrezcan a estos seguridad jurídica que les permita minimizar sus riesgos, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones considera necesario dejar claramente fijados los requisitos y condiciones particulares para obtener la renovación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico de que trata el artículo 12 de la Ley 1341 de 2009 las cuales deben ser razonables, no discriminatorias y compatibles con el desarrollo tecnológico futuro del país, la continuidad del servicio y los incentivos adecuados para la inversión presente o futura, al igual que los requisitos de renovación bajo el régimen de transición de que trata el artículo 68 de dicha ley;

Que de conformidad con el Comunicado número 32 del 21 y 22 de agosto de 2013 emitido por la Honorable Corte Constitucional, esta corporación declaró mediante la Sentencia C-555 de 2013 la asequibilidad del artículo 4° de la Ley 422 de 1998 y del inciso 4° del artículo 68 de la Ley 1341 de 2009, en el entendido de que en los contratos de concesión suscritos antes de la entrada en vigencia de estas normas se deberá respetar el contenido de las cláusulas de reversión en ellos acordadas;

Que en mérito de lo expuesto,

DECRETA:

Artículo 1°. Objeto y ámbito de aplicación. El presente decreto tiene por objeto establecer los requisitos y las condiciones para la renovación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico catalogado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones como IMT, de que trata el artículo 12 de la Ley 1341 de 2009, así como los requisitos para la renovación de los permisos bajo el régimen de transición previsto en el artículo 68 de dicha ley.

Artículo 2°. Requisitos generales para la renovación de permisos para el uso del espectro radioeléctrico. Los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) interesados en obtener la renovación de sus permisos para el uso del Espectro Radioeléctrico en los términos del artículo 12 de la Ley 1341 de 2009, deberán manifestar dicha intención con tres (3) meses de antelación a la fecha de vencimiento del título cuya renovación se solicita, y cumplir los siguientes requisitos:

1. Haber hecho uso eficiente del recurso.

2. Haber cumplido los planes mínimos de expansión si se hubieren establecido y las condiciones técnicas de uso y explotación del espectro.

3. A la fecha de otorgamiento de la renovación, encontrarse cumpliendo con las obligaciones previstas en el respectivo permiso.

4. No encontrarse incurso en causal de inhabilidad para acceder a los permisos para el uso del espectro radioeléctrico, de que trata el artículo 14 de la Ley 1341 de 2009.

5. Encontrarse incorporado en el Registro de Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) - Registro de TIC.

Por solicitud del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, la Agencia Nacional del Espectro deberá informar la disponibilidad del recurso, teniendo en cuenta el cuadro nacional de atribución de frecuencias, la reserva de espectro para ciertos servicios y usos y las medidas adoptadas para garantizar la aplicación de los principios-previstos en el artículo 75 de la Constitución Política.

Una vez evaluada la solicitud de renovación por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, este se pronunciará a través de resolución en la cual se establecerán las condiciones de la renovación en los términos previstos en el artículo 3° del presente decreto.

Artículo 3°. Condiciones particulares para la renovación del permiso para el uso del espectro radioeléctrico. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones establecerá las nuevas condiciones u obligaciones razonables y en igualdad de condiciones aplicables a los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) que soliciten la renovación de los permisos a que se refiere el artículo 12 de la Ley 1341 de 2009, las cuales deben garantizar la continuidad del servicio, los incentivos adecuados para la inversión, y ser compatibles con el futuro desarrollo tecnológico del país, atendiendo los siguientes criterios:

a) Ampliación de cobertura mínima en los sitios que el Ministerio determine, cuando a ello hubiere lugar;

b) Establecimiento de condiciones de calidad o de planes de mejora, cuando a ello hubiere lugar;

c) Prestación de servicios de conectividad a instituciones públicas indicadas por el Ministerio, en las condiciones y características que este determine;

d) Respeto y acatamiento de las disposiciones que establezca el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en materia de seguridad nacional relacionadas con la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones;

e) Prestación gratuita de los servicios de comunicaciones en los términos del artículo 8° de la Ley 1341 de 2009;

f) Cumplimiento de lo señalado en los artículos 18 de la Ley 282 de 1996 y 52 de la Ley 1453 de 2011, el Decreto número 1704 de 2012 y las normas que los adicionen o modifiquen.

Durante el trámite de la renovación el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones comunicará al solicitante las condiciones a que se refiere el presente artículo para que esté presente observaciones dentro de los 10 días hábiles siguientes.

Artículo 4°. Garantía. Toda renovación deberá estar amparada por una garantía de cumplimiento o una garantía bancaria a primer requerimiento, cuyas condiciones

serán determinadas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Artículo 5°. Renovación de permisos para el uso del espectro radioeléctrico bajo el régimen de transición previsto en el artículo 68 de la Ley 1341 de 2009. Los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) a que se refiere el inciso 3° del artículo 68 de la Ley 1341 de 2009 que decidan acogerse al régimen de habilitación general, deberán hacerlo con una antelación mínima de tres meses al vencimiento del título habilitante correspondiente. En consecuencia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en un mismo acto administrativo renovará el permiso para el uso de los recursos escasos por el término que resta del plazo de la concesión, licencia, permiso o autorización, en los mismos términos de su título, contado desde la fecha en que se hayan acogido al nuevo régimen, y a partir del vencimiento de este, por un término igual al plazo inicial de conformidad con lo previsto en el artículo 12 de la Ley 1341 de 2009; en este caso, previo el cumplimiento de los requisitos y demás exigencias previstas en el presente decreto.

Con el propósito de garantizar la continuidad del servicio, se entenderá que la renovación del permiso surte efectos desde el momento en que el Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) se acoge al régimen de habilitación general establecido en la Ley 1341 de 2009 y, en consecuencia, deberá continuar cumpliendo con las obligaciones legales, reglamentarias y regulatorias que le sean aplicables.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones se pronunciará a través de resolución de carácter particular, en la cual se fijarán las contraprestaciones a favor del Estado previstas en la Ley 1341 de 2009, y las condiciones a que se refiere el artículo 3° del presente decreto.

Artículo 6°. Pago de la contraprestación económica por la renovación del permiso para uso del espectro radioeléctrico. El Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) podrá solicitar el pago de la contraprestación económica por la renovación del permiso para el uso del Espectro Radioeléctrico, en cuotas fijas anuales, las cuales se calcularán con base en la tasa de rendimiento de los Títulos de Tesorería TES - Clase B de largo plazo en moneda nacional.

En todo caso el pago inicial no podrá ser inferior al 20% del total del valor de esta contraprestación económica y el plazo al que se difiera el pago de dicha contraprestación no podrá superar el plazo de la renovación del permiso.

La posibilidad de solicitar que se difiera el pago de la contraprestación económica es también aplicable a todos los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) que soliciten la renovación de sus permisos para el uso del espectro radioeléctrico.

Durante el trámite de la renovación, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones informará al Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) las condiciones para la renovación a que se refiere el presente decreto para que esté presente observaciones dentro de los 10 días hábiles siguientes.

Parágrafo 1°. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones podrá modificar el porcentaje de la contraprestación periódica establecida para el régimen de habilitación general, con una periodicidad no inferior a 5 años, previa realización del estudio correspondiente. En cualquier caso, la contraprestación periódica para los Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) a que se refiere este artículo será la misma a la que están obligados los demás

Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones (PRST) bajo el régimen de habilitación general establecido en la Ley 1341 de 2009.

Parágrafo transitorio. Cuando se conozca el texto íntegro de la Sentencia C-555 de 2013 de la Honorable Corte Constitucional, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, establecerá los criterios de liquidación de los respectivos contratos.

4.4. IMPACTO AMBIENTAL

El proyecto no presenta respuestas negativas al medio ambiente ya que es una tesis que la mayor parte de su desarrollo fue en el laboratorio.

En el manejo del ácido para quemar el cobre de las váquelas, no se presentaron impacto ambiental porque se reutilizó el ácido y que al final fue desechado en un recipiente.

Tampoco la fuente de alimentación, se presenta impacto ambiental debido a que se trabajó con el fluido eléctrico suministrado a la ciudad de Pamplona.

El módulo de ZigBee (XBee serie 2), no presenta implicación ambiental ninguna, ya que la transmisión y recepción se realizó de forma. El único pero que se podría ver sería por cuestiones de fabricación del módulo, pero esto queda bastante atado debido a las nuevas normativas (certificación ROHS) que prohíben el uso de diversas sustancias perjudiciales en las soldaduras y fabricación de componentes.

El equipo de computación usado para el desarrollo del software, requiere de energía eléctrica para funcionar. El incremento de la utilización del mismo, genera un aumento en las necesidades de energía y en la producción de la misma, que tendrán un impacto sobre el medio ambiente.

4.5. PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO

El libro de trabajo de grado se escribió bajo las normas Técnicas de ICOTEC - NTC 1486. Sexta actualización julio 23 del 2008. Las hojas del libro combinan la parte gráfica (logo) y tipografía (nombre) con los recursos corporativos de la Universidad de Pamplona.

Para citar referencias y la bibliografía, se hizo bajo las normas APA.

El software, hace uso del escudo de la Universidad de Pamplona, permitiendo la representación de la identidad e imagen institucional. Que a su vez hacen parte de los componentes de la identidad visual corporativa de la Universidad de Pamplona.

Los colores del entorno del software se basa en la teoría del color, que es un grupo de reglas básicas en la mezcla de colores para conseguir el efecto deseado combinado colores de luz y pigmento que logra impactar a cualquier persona y puede llegar a causar efecto como sensaciones y emociones, incluso recuerdos. Además de esto, también es de mencionar que de la teoría del color se desprenden la percepción o primera impresión en aspectos como orden, detalles, entre otros, que pueden llegar a generar incluso una identidad o imagen propia por parte del observante. Para este caso, el software tiene los colores representativos de la Universidad de Pamplona, además de hacer de sus logos e imágenes corporativa, presentados de forma que el usuario tenga la percepción de orden, pertinencia y eficiencia del mismo.

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema de adquisición con un PIC 16F 876 que procesa las variables obtenidas de los 4 sensores de pH y Humedad, mostrando el promedio de las mismas en tiempo real, procesando estas variables para arrojar con precisión el dato que necesita el agrónomo para tomar decisiones.
- El sistema inalámbrico se desarrolló con el módulo XBEE serie S2 para realizar la comunicación entre el circuito de medición de las variables y el ordenador que muestra al usuario (agrónomo) las características del terreno (pH y Humedad). El radio de acción del módulo es de 35 metros en exteriores y 25 en interiores. Es de mencionar que los posibles obstáculos del terreno (como árboles, arbustos o muros) pueden limitar el radio de acción.
- El software utilizado para la adquisición de datos es Labview y está en el procesador (PC) que muestra al usuario los datos finales en tiempo real. Este se comunica a través de un puerto COM3 que es el XBEE receptor al circuito donde se encuentra el módulo transmisor (XBEE) realizando por una comunicación serial RS232 entre ambos. Es de mencionar que se presentaron problemas de reconocimiento del software con el módulo receptor,

solucionándose a través de la verificación de las conexiones y actualizando el programa.

- Al realizar las pruebas de funcionamiento, son de vital importancia las líneas de vista entre los módulos receptores y transmisores para una mejor comunicación y procesamiento de información. Todos los sensores deben estar situados en el terreno antes de poner en funcionamiento el sistema completo, disminuyendo las posibles interferencias o ruidos presentes principalmente en el circuito de medición de pH.
- El sensor de humedad toma como punto de partida el porcentaje de cero como un limete que se refiere a terreno seco y aumenta al variar la humedad del terreno. El sensor de pH toma el valor de 2.5 voltios para pH neutro (pH 7), al aumentar de este valor arroja valores negativos (indicando que el terreno es base) y si pH es menor el voltaje es positivo (indicando acidez en el terreno).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se puede implementar más variables (como Temperatura, radiación solar, saturación del terreno, entre otros) siendo las principales limitantes el costo de los sensores, la información a procesar y la forma de medición.
- Se recomienda que las pruebas se realicen con las sondas o sensores ya puestas en el terreno, antes de alimentar el sistema.
- Mejoramiento de la calidad de los materiales para la implementación del dispositivo, sensor, circuito, procesador puede mejorar la calidad y la precisión del sistema.
- Se debe tener muy en cuenta las condiciones climáticas en el terreno antes, durante y después de la toma de medición; esto puede representar un problema en el procesamiento de la información y deteriorar los sensores.
- Se debe tener en cuenta la capacidad de memoria del PIC(microcontrolador) para el código del programa, debido a que este puede ser muy extenso. Para este caso el PIC seleccionado (PIC16F876A) fue reemplazado por uno de mayor capacidad(PIC 18f2550).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Javier Sánchez V, F. S. (Enero de 2007). Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de Plantas. Recuperado el 13 de Noviembre de 2014, de <http://www.agronegociosperu.org/downloads/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- [2] Francis Shaxson, R. B. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Italia, Roma: 1ra Ed. Fiat panis.
- [3] Aranda, D. C. (1998). Procesos de ciclos hidrológicos. México: 3ra ed. San Luis Potosí, S.L.P.
- [4] L.M. Thompson, F. T. (2002). Los suelos y su fertilidad. España: 4ta Ed, Editorial Reverté. S.A.
- [5] Agro.Infoclima.com. (27 de Septiembre de 2010). Humedad del Suelo. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de http://agro.infoclima.com/?page_id=506
- [6] MX, I. (14 de Junio de 2014). XBee Comunicaciones Inalambricas. Recuperado el 31 de Agosto de 2014, de <http://modulosxbee.blogspot.com/2014/01/modulos-xbee.html>

- [7] Cristhian Manuel Durán Acevedo, A. X. (2012). (2012). Automatización de un Sistema de Suministro de Agua Potable a Través de tecnología Zigbee. . Recuperado el 15 de Agosto de 2014, de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_20/05112012/05.pdf
- [8] Biviana Ballesterero Corzo, S. P. (2008). Aplicación Web Para Captura, Monitoreo y Análisis de Datos Transnitados a Través de Redes de Sensores Inalámbrico. Recuperado el 07 de Febrero de 2015, de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2588/2/128674.pdf>
- [9] Danilo Santiago Vargas, E. V. (Diciembre de 2013). Iternativas para Detección y Monitoreo de Amenaza Sísmica Basadas en Arduino. Recuperado el 30 de Enero de 2015, de <http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v4n2/v4n2a5.pdf>
- [10] Naturales, D. d. (Junio de 2000). Calculo de la Humedad del Suelo Por tacto y Apariencia. TARGET Center de USDA.
- [11] Edward C, M. (20 de Octubre de 2010). Método para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo? Recuperado el 09 de Mayo de 2015, de <http://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1220s.pdf>
- [12] Derenzo, E. E. (2003). Practical Interfacing In The Laboratory Using Pc for Instrumentation Data Analysis and Control. New York: Cambridge University Press.
- [13] Antonio Serna Ruiz, F. A. (2010). Guía Práctica de Sensores. España: Creaciones Copyright, S.L.
- [14] José María Pernía Llera, J. M. (2003). Operatividad de la Instrumentación en Aguas subterráneas, Suelos Contaminados y Riesgos geológicos. España. Madrid, España: Naturprints.S.L- Trueno.
- [15] Soto, C. A. (Agosto de 2013). Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Recuperado el 29 de Abril de 2105, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0347_EO.pdf
- [16] Areny, R. P. (2003). Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona, España: 4ta Ed. Marcombo S.A
- [17] Prados, N. C. (2007). Invernadero de Plástico Tecnología y Manejo. Madrid : 2da Ed, Mundi- Prensa Libros ,S.A, Castelló.
- [18] Concejo Superior de Investigaciones Cientificas, C. (1987). Introducción a los Sensores. Madrid: El Museo Universal. Recuperado el 20 de Abril de 2015
- [19] Moreno, J. M. (1994). Desarrollo, Evolución y caracterización de fases Reactivas Sensibles a Diferentes Alalitos y su Empleo en Sensores Ópticos en flujo. Recuperado el 10 de Mayo de 2015, de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/X/0/X0012401.pdf>
- [20] infoagro.com. (15 de Octubre de 2011). Medidor económico de pH del suelo. Recuperado el 14 de Mayo de 2015, de http://infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=5411&_medidor_economico_de_ph_del_suelo_soilstik_tienda_on_line

- [21] Antonio Ruiz Canales, J. M. (2010). Automatización y telecontrol de sistemas de riego. Barcelona: 1ra Ed. Marcombo S.A. Recuperado el 25 de Mayo de 2015
- [22] José Carlos Gallego, L. F. (s.f.). Montaje y Mantenimiento de Equipos. Editex.
- [23] Dignami, J. P. (2011). Análisis del protocolo ZigBee. Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf
- [24] Maestre, J. M. (2015). Domótica para Ingenieros. Madrid , España: Copyright Ediciones Paraninfo, S.A.
- [25] Veuthey, J. R. (s.f.). Prototipo de sistema de localización por GPS para salvamento marítimo. Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15369/pfc_jorge_raldua_veuthey_2012.pdf?sequence=1
- [26] Stefan Junestrand, X. P. (2005). Domótica y Hogar Digital. Madrid, España: Copyright internacional Thomson Ediciones Spain Paraninfo S.A.
- [27] Caprile, S. R. (2009). Esquisbi Desarrollo de Aplicaciones con comunicación Remota Basado en Modulo ZigBee y 802.15.4. Buenos Aires: 1ra ed Edicio, GAE.
- [28] R.Caprile, S. (2010). El camino del Conejo Guia práctica Para Avanzar en el Desarrollo con procesadores y Modulos Rabbit. Buenos Aires: 2da Ed, Gran Aldea Edictores- GAE.
- [29] Wilman Michael Fonseca Rodríguez, L. R. (2012). Corporación Universitaria minuto de Dios Facultad de Ingenieria Facultad de Tecnologíaeb Electrónica. Recuperado el 09 de Mayo de 2015, de http://repository.uniminuto.edu:8080/jspui/bitstream/10656/2376/1/TTE_FonsecaRodriguezWilmanMichael_2012.pdf
- [30] Andreu, J. (2010). Servicio en Red. Madrid: Editex, S.A.
- [31] Seide, N. R. (2003). Manual de Redes Inalámbricas. México: Litografía Ingramex.
- [32] Nuñez, J. C. (Noviembre de 2006). Estudio de Herramientas Computacionales de Simulación Para el Diseño de una Red Hibrida entre las Tecnologías Inalámbricas WIFI Y WIMAX para la ciudad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
- [33] Fernando Andreu, I. P. (2006). Fundamentos y Aplicaciones de Seguridad en Redes WLAN. Barcelona, España: Marcombo. S.A.
- [34] liexpress.com. (2010). Aliexpress. Recuperado el 30 de Mayo de 2015, de http://es.aliexpress.com/store/product/1pc-3-in-1-PH-Soil-Tester-Moisture-Light-Sensor-PH-Meter-for-Indoor-Outdoor-Garden/313134_32292844321.html
- [35] Unicrom, E. (2002). El transformador eléctrico ideal. Recuperado el 31 de Mayo de 2015, de http://unicrom.com/Tut_transformador.asp
- [36] Electrónicos, B. C. (2012). Componentes Electrónicos. Recuperado el 31 de Mayo de 2015, de http://www.brielco.net/b2c/index.php?page=pp_producto.php&md=0&ref=VEL112012C
- [37] todos, E. C. (23 de Febrero de 2012). Circuito Integrado LM358. Recuperado el 31 de Mayo de 2015, de http://www.ecured.cu/index.php/Circuito_integrado_LM358

- [38] Embajadores, E. (Diciembre de 2003). LF353 Wide Bandwidth Dual Jpet Input Operational Amplifier. Recuperado el 31 de Mayo de 2015, de <http://www.electronicaembajadores.com/datos/pdf1/sm/smci/lf353.pdf>
- [39] DatasheetCatalog.com. (2015). ICL7660 Datasheet pdf - Inversor del voltaje, +5 a $\pm 5V$. Recuperado el 01 de Junio de 2015, de http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/I/C/L/7/ICL7660.shtml
- [40] S.A, P. F. (s.f.). Regulador de Voltaje de 5 volts, L7805. Recuperado el 01 de Junio de 2015, de <http://www.puntoflotante.net/REGULADOR-DE-VOLTAJE-7805.htm>
- [41] EME Systems, B. C. (2003). Ph Sensor OWL2pe or BASIC Stamp interface. Recuperado el 16 de Julio de 2015, de <http://www.emesys.com/OL2ph.htm>
- [42] Anthoni, J. F. (2005). pH meter principles What is pH and how is it measured? Recuperado el 18 de Julio de 2015, de <http://www.seafriends.org.nz/dda/ph.htm#Ho>
- [43] Information, C. (2012). *Futurlec*. Obtenido de <https://www.futurlec.com/Microchip/PIC16F876.shtml>
- [44] Michelone, M. L. (19 de Octubre de 2013). Nuevos trucos para un viejo display LCD. Obtenido de <https://www.unocero.com/2013/10/19/nuevos-trucos-para-un-viejo-display-lcd/>
- [45] S.a., P. f. (26 de Marzo de 2014). Regulador de voltaje de 5 volts, L7805. Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de <http://www.puntoflotante.net/REGULADOR-DE-VOLTAJE-7805.htm>
- [46] Pallás Areny, R. (2003). Sensores y Acondicionadores de Señal (Vol. 4ta Edición). Barcelona: MARCOMBO, S.A. Recuperado el 2 de Noviembre de 2015

ANEXO 1: MICROPARCELA Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SANIDAD VEGETAL Y BIOINSUMO DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Inmediaciones donde se lleva a cabo la investigación de monitoreo con tecnología inalámbrica de las variables ambientales pH y humedad del suelo.



CISVEB, donde se encuentra el nodo principal



Microparcela donde se lleva a cabo la pruebas de monitoreo.

ANEXO 2: INSTRUCCIONES Y ESPECIFICACIONES PARA INSTALAR LABVIEW

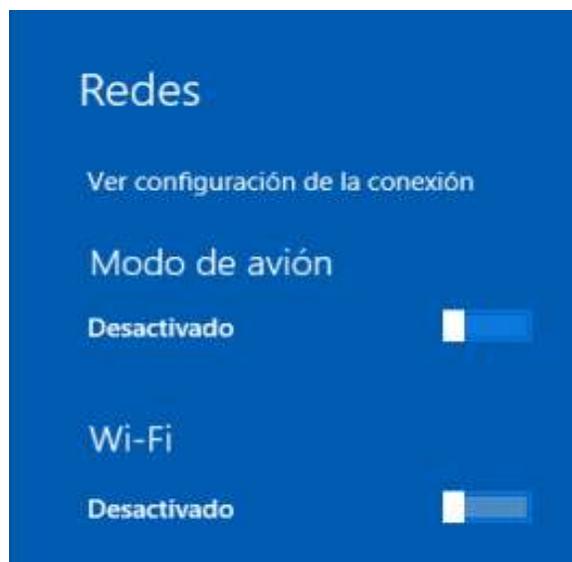
El software LabVIEW es ideal para cualquier sistema de medidas y control y el corazón de la plataforma de diseño de NI. Al integrar todas las herramientas que los ingenieros y científicos necesitan para construir una amplia variedad de aplicaciones en mucho menos tiempo, NI LabVIEW es un entorno de desarrollo para resolver problemas, productividad acelerada y constante innovación.

Para la instalación del software Labview se debe tener las siguientes especificaciones en los equipo.

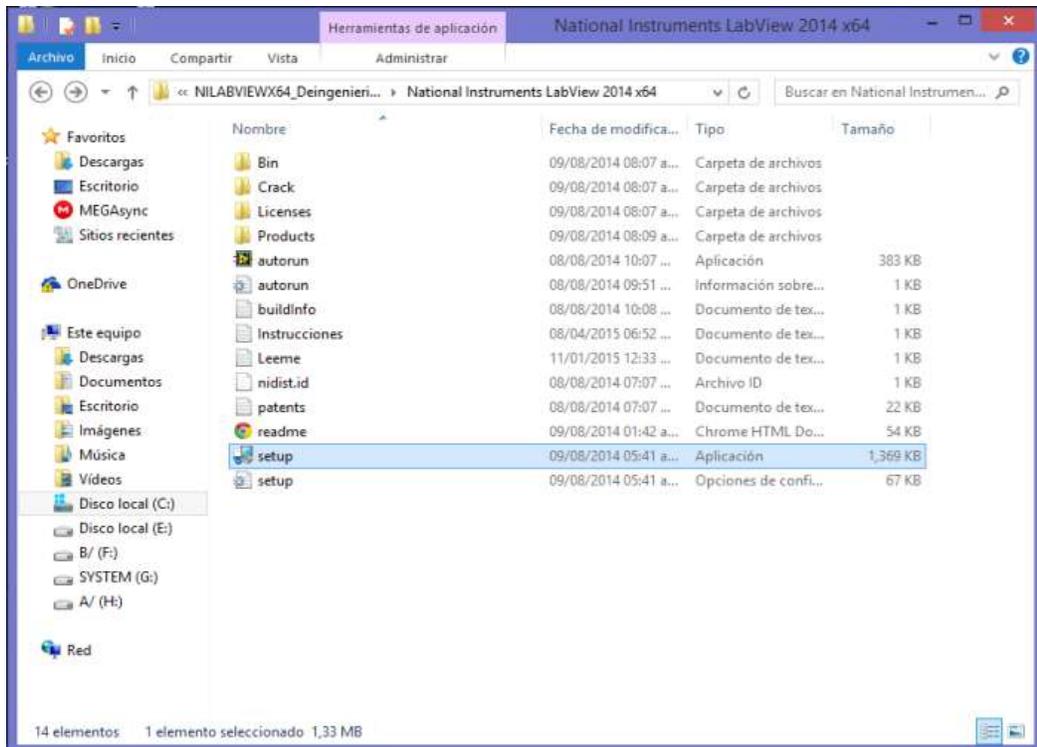
Windows		
	Run-Time Engine	Entorno de Desarrollo
Procesador	Pentium III/Celeron 866 MHz o equivalente	Pentium 4/M o equivalente
RAM	256 MB	1 GB
Resolución de Pantalla	1024 x 768 pixeles	1024 x 768 pixeles
SO	Windows 8.1/8/7/Vista (32 bits y 64 bits) Windows XP SP3 (32 bits) Windows Server 2012 R2 (64 bits) Windows Server 2008 R2 (64 bits) Windows Server 2003 R2 (32 bits)	Windows 8.1/8/7/Vista (32 bits y 64 bits) Windows XP SP3 (32 bits) Windows Server 2012 R2 (64 bits) Windows Server 2008 R2 (64 bits) Windows Server 2003 R2 (32 bits)
Espacio en Disco	500 MB	5 GB (Incluye controladores predeterminados del DVD de Controladores de Dispositivos de NI)

Las instrucciones para su instalación se realizan con los siguientes pasos.

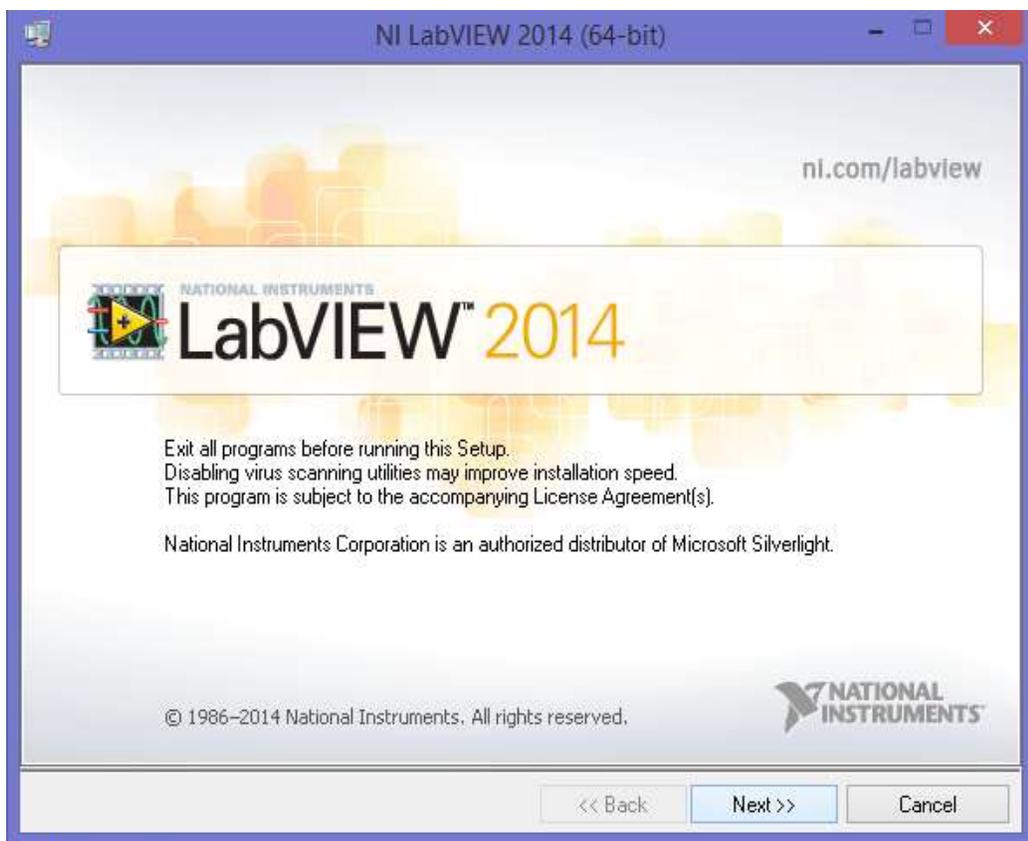
1. * Antes de comenzar a instalar, se deshabilita la red Wifi:



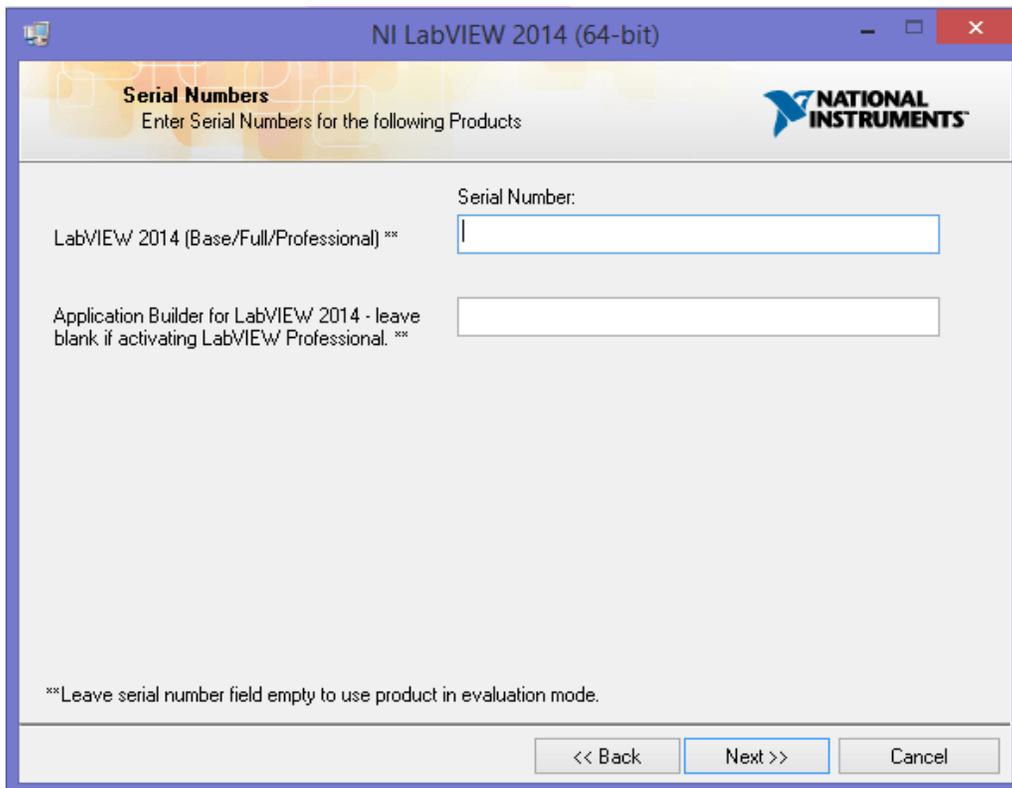
2. * Se Extrae el archivo y se ejecuta el archivo setup:



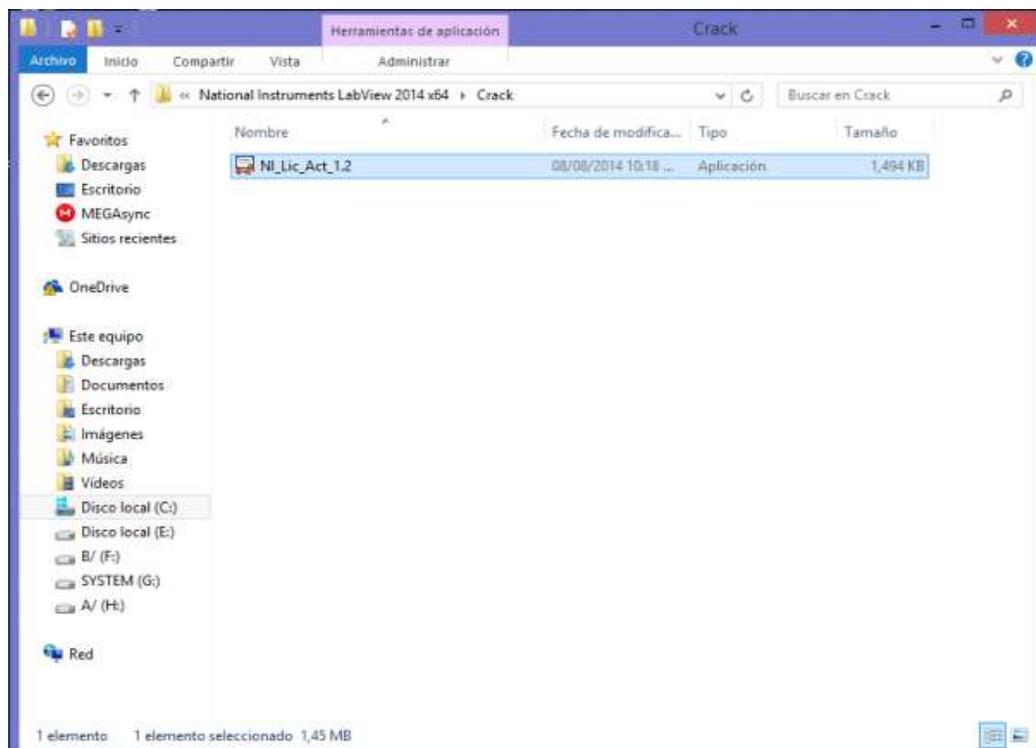
3. * Se espera que cargue y se da clic en **Next**:



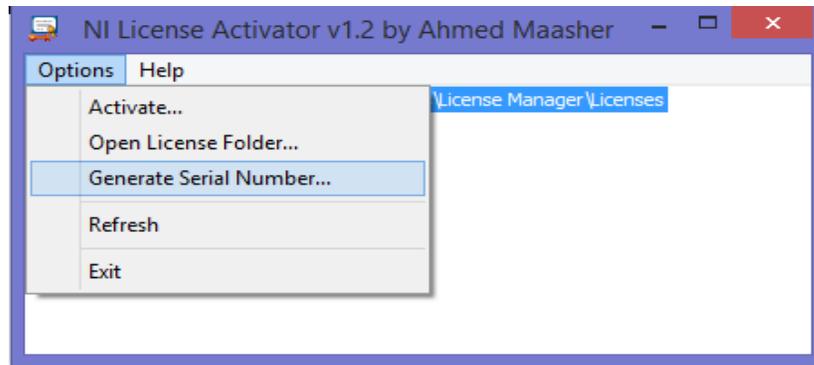
4. * Se muestra esta pantalla en donde se pedirá un serial:



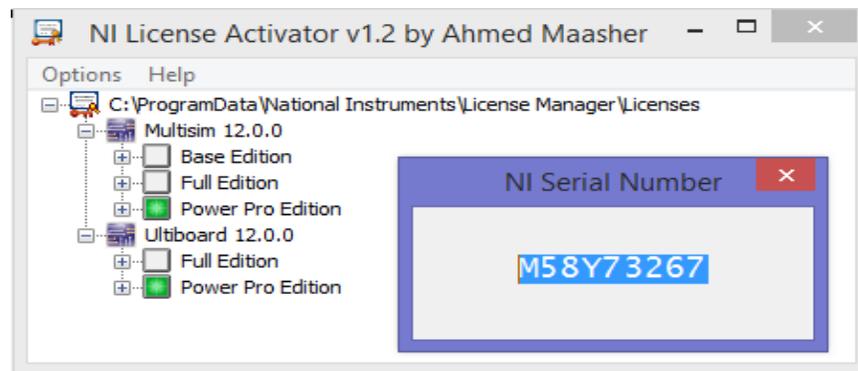
5. * De regreso a la carpeta, se ubica sobre la carpeta "**Crack**", ahí dentro se ejecuta el único archivo que contiene (**NI_Lic_Act_1.2**):



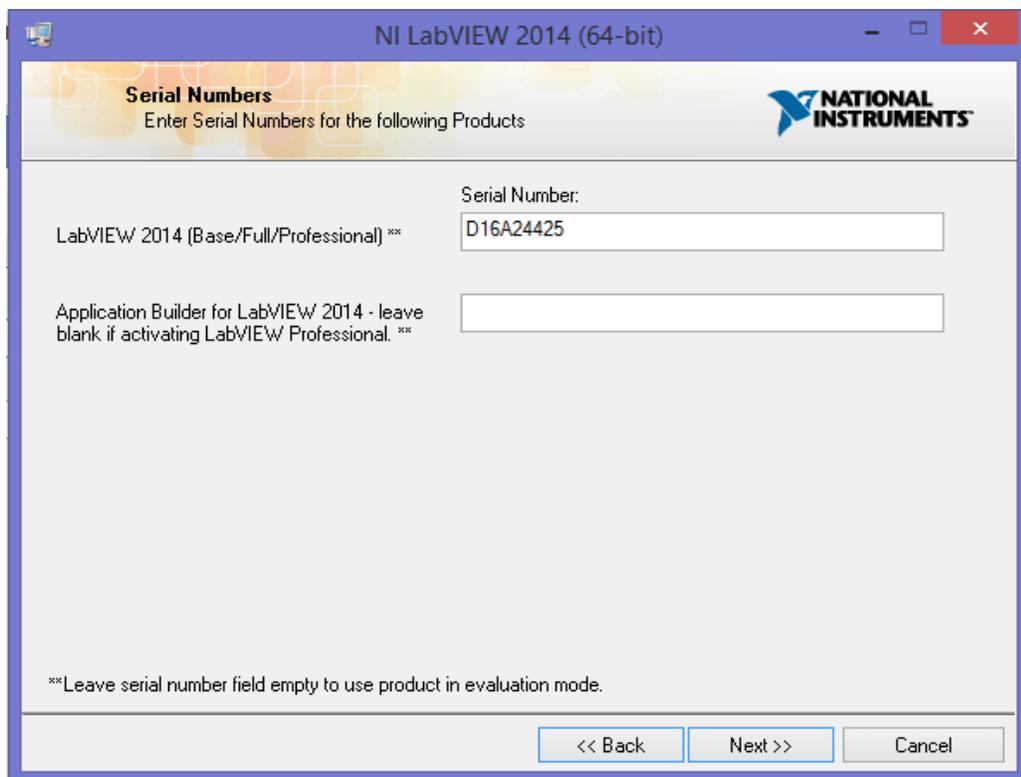
6. * Dentro del programa que se acaba de ejecutar, se va a la pestaña **Options** y se da clic en **Generate Serial Number...**



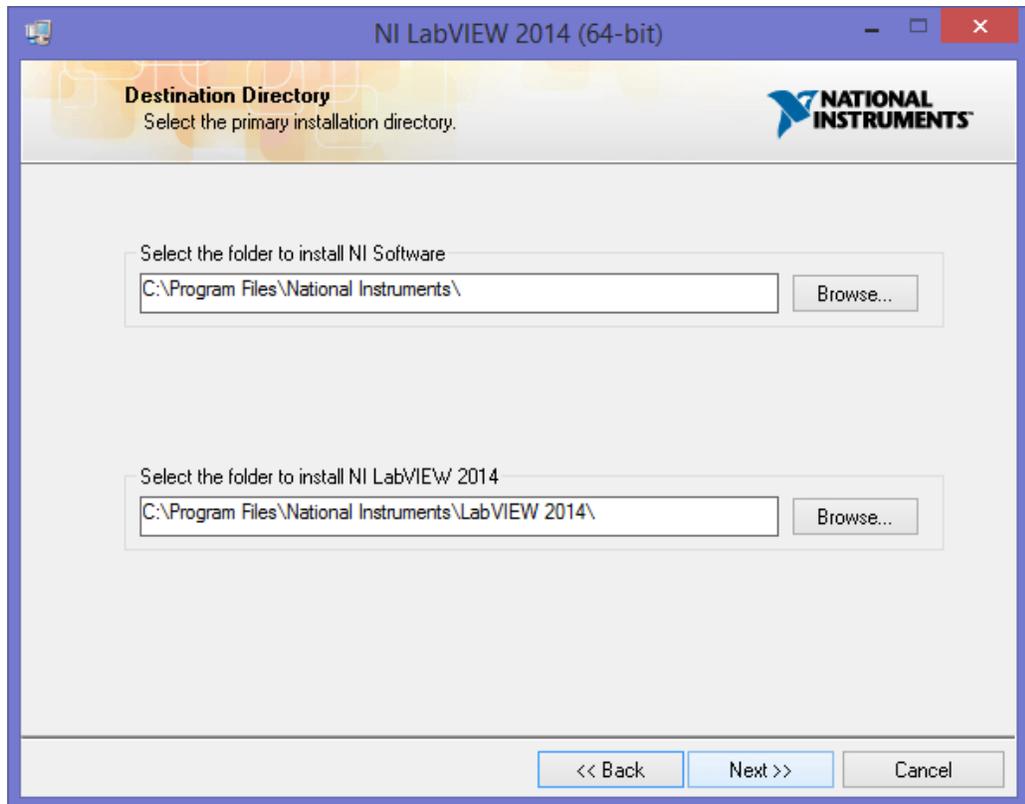
7. * Nos generará un serial el cual se utiliza para la activación, se guarda el serial y se cierra el programa:



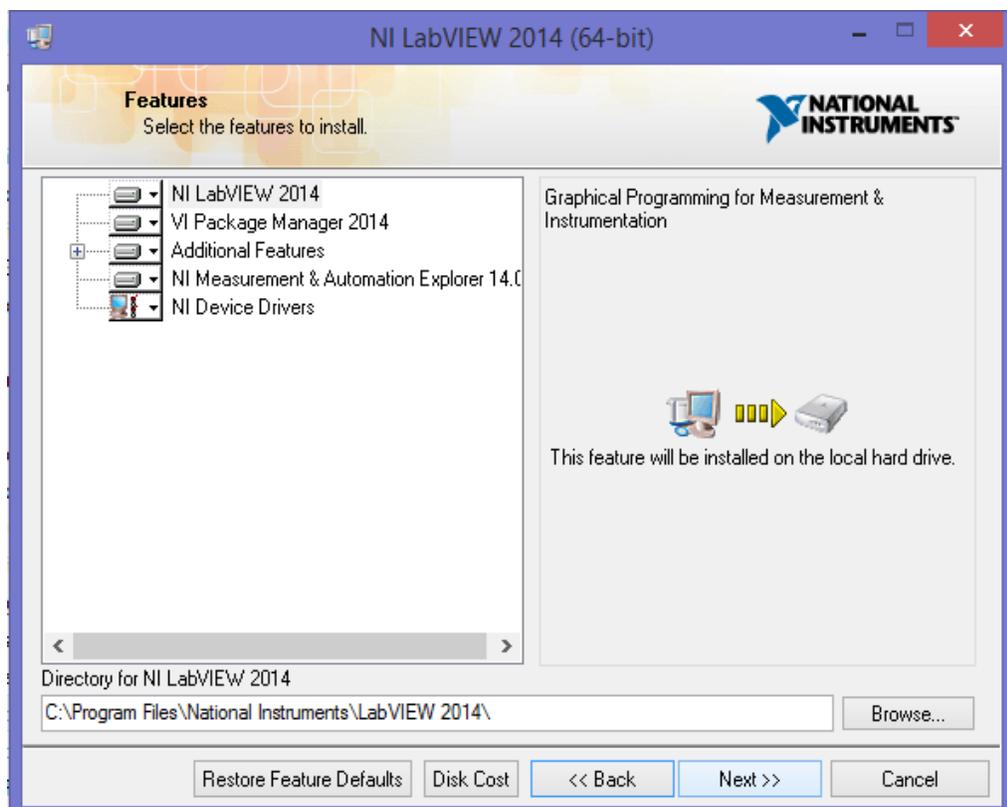
8. * Se copia el serial y se coloca justo como aparece en la siguiente imagen, el segundo bloque se deja en blanco y se da clic en Next:



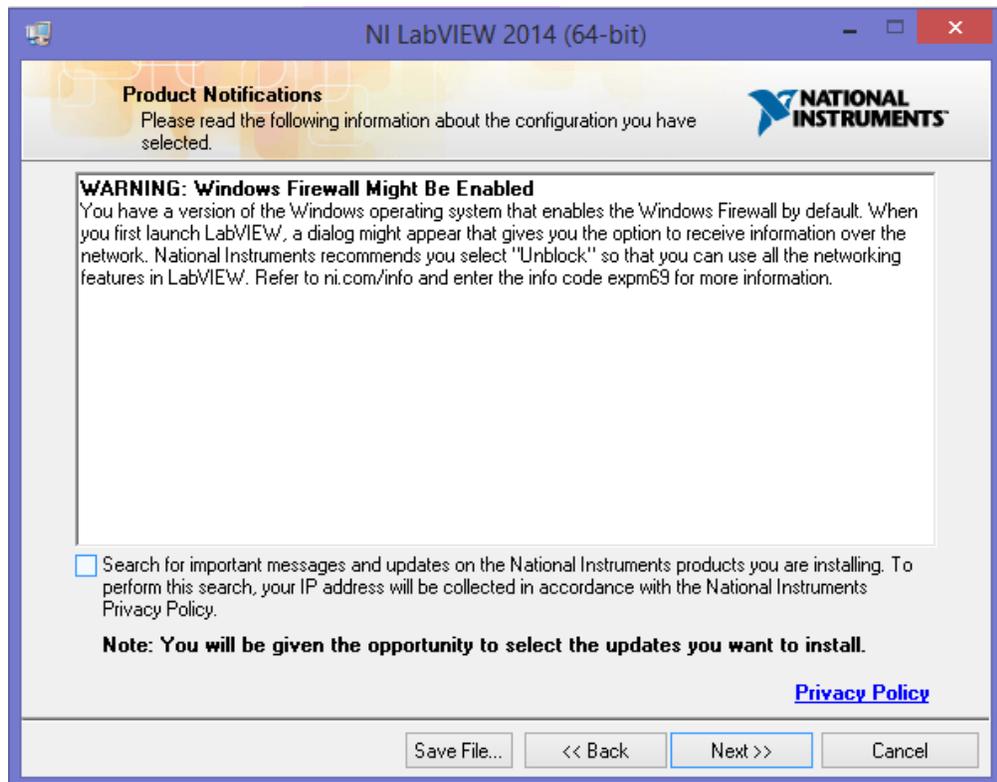
9. * Esto se deja como tal y se da clic en *Next*:



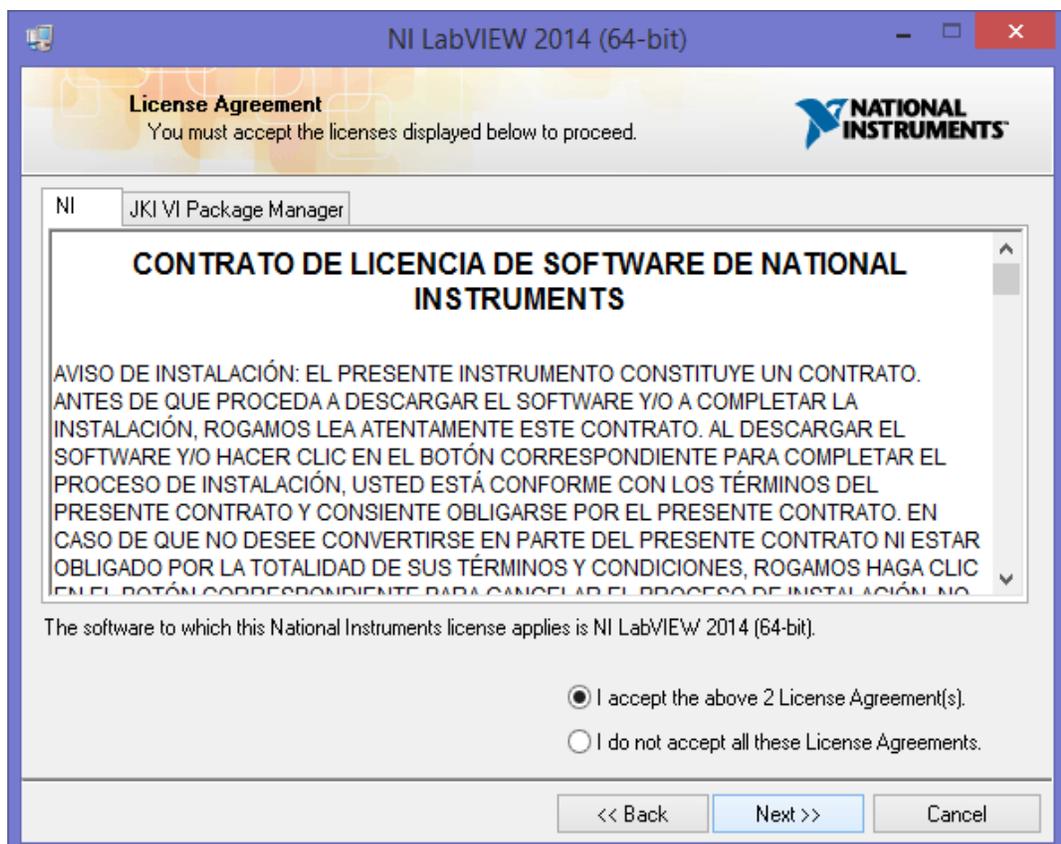
10.* Igualmente no se modifica nada en esta parte, clic en Next:



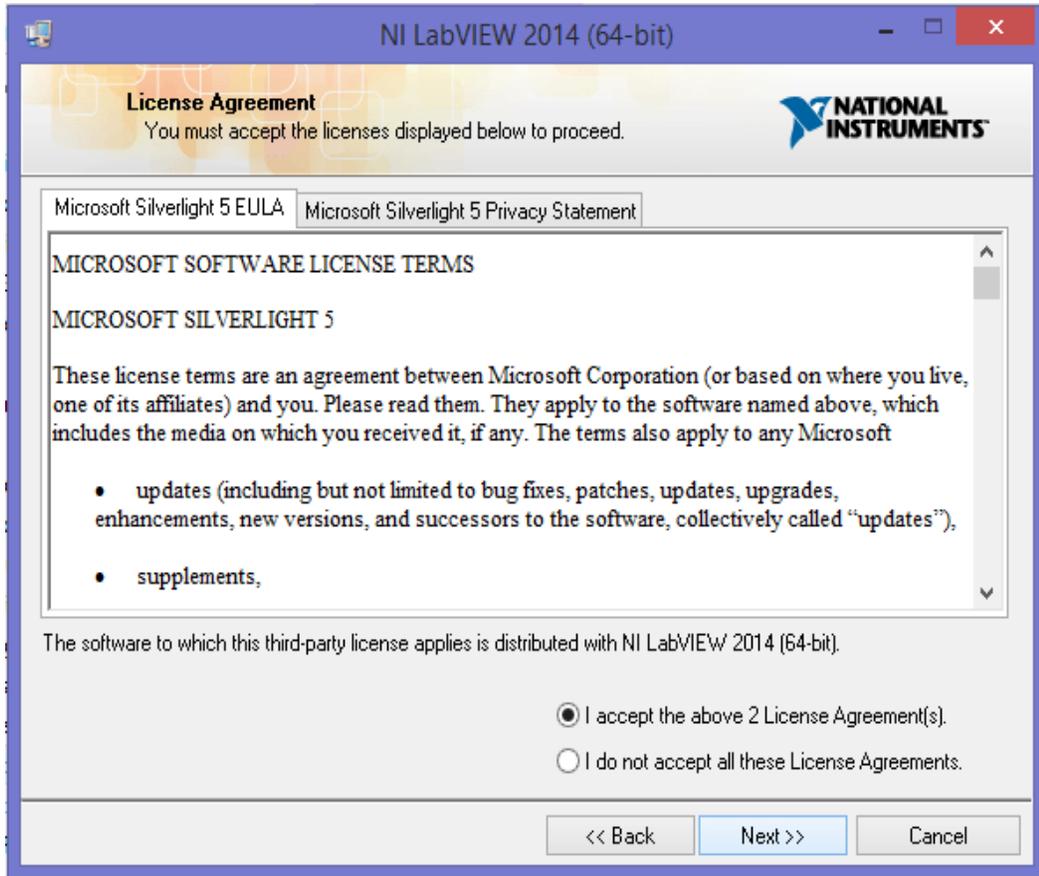
11.* Se desmarca la casilla que aparece en la parte inferior y se da clic en *Next*



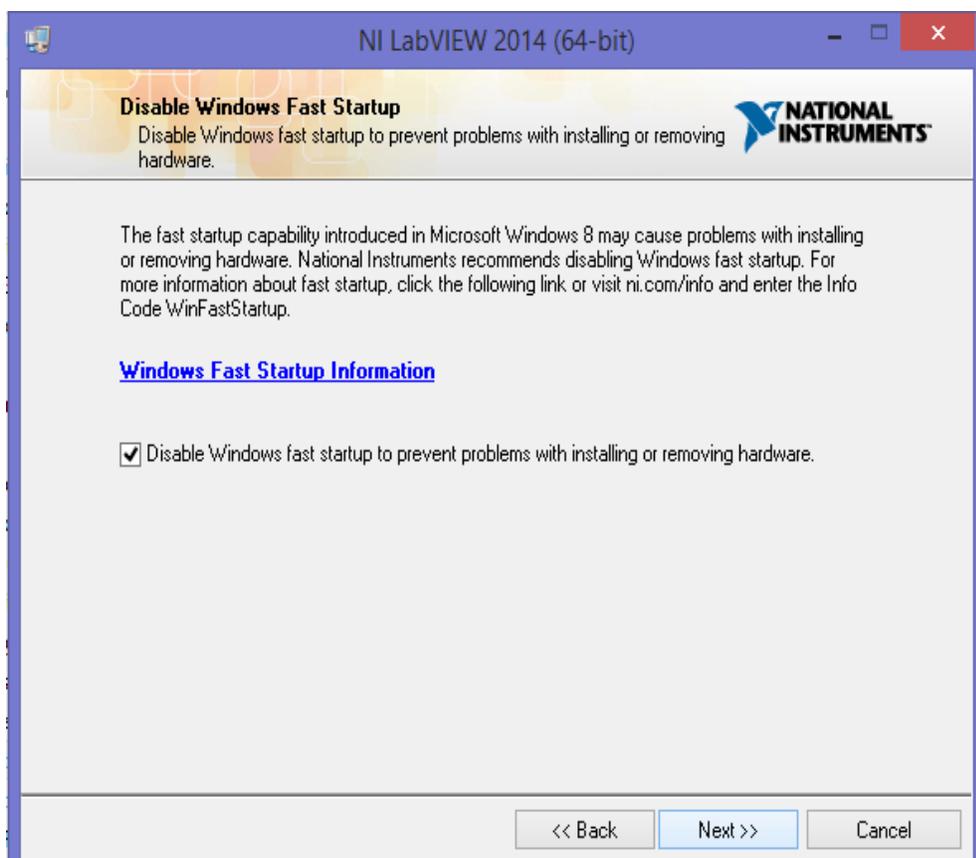
12.* Se Acepta ambas licencias como aparece en la siguiente imagen y se da clic en Next:



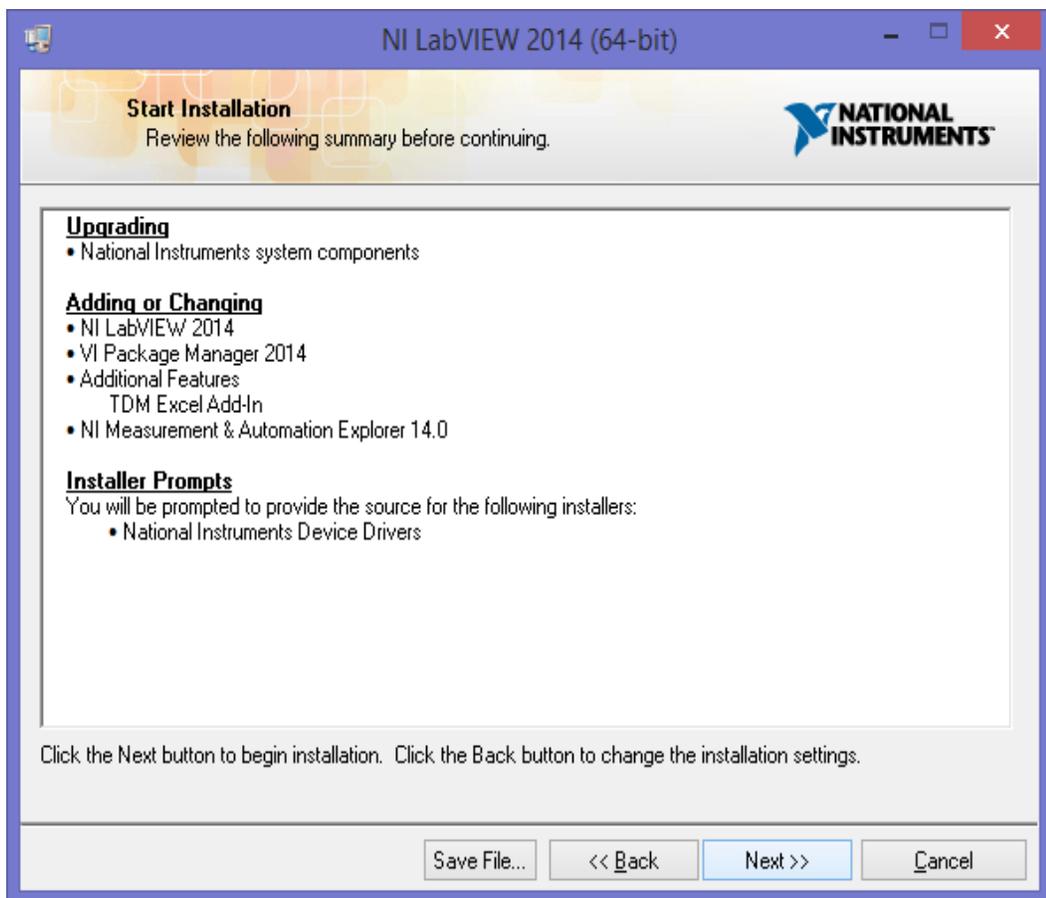
13.* Se hace lo mismo que en el paso anterior:



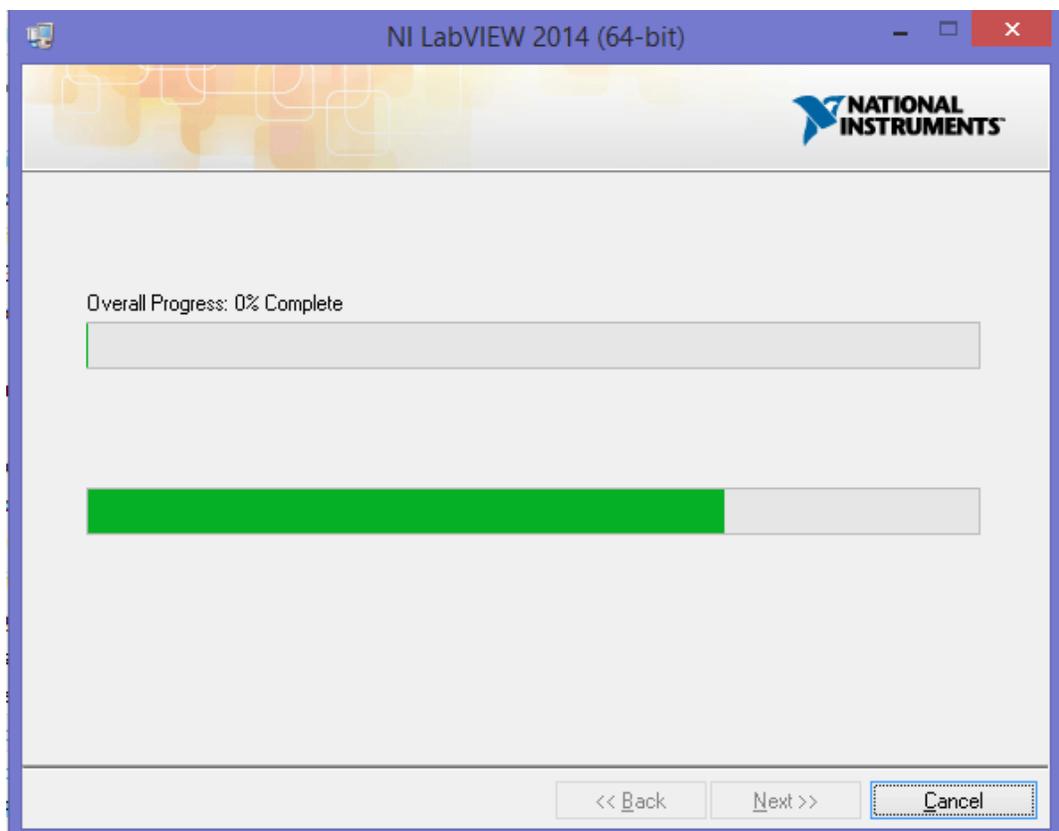
14.* Esta pantalla es opcional, si la muestra dejarla como sigue, si no la muestra no hay problema y sigan con los siguientes pasos:



15. * Clic en **Next**:



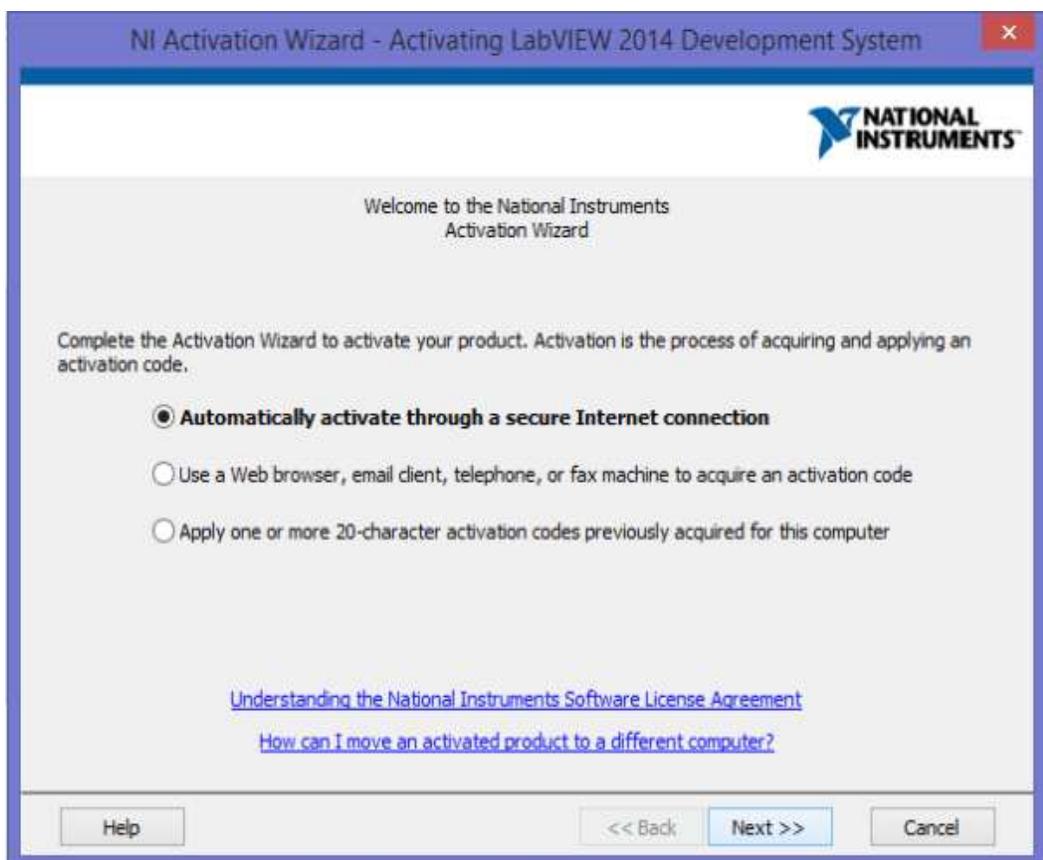
16. *Se espera a que termine la instalación:



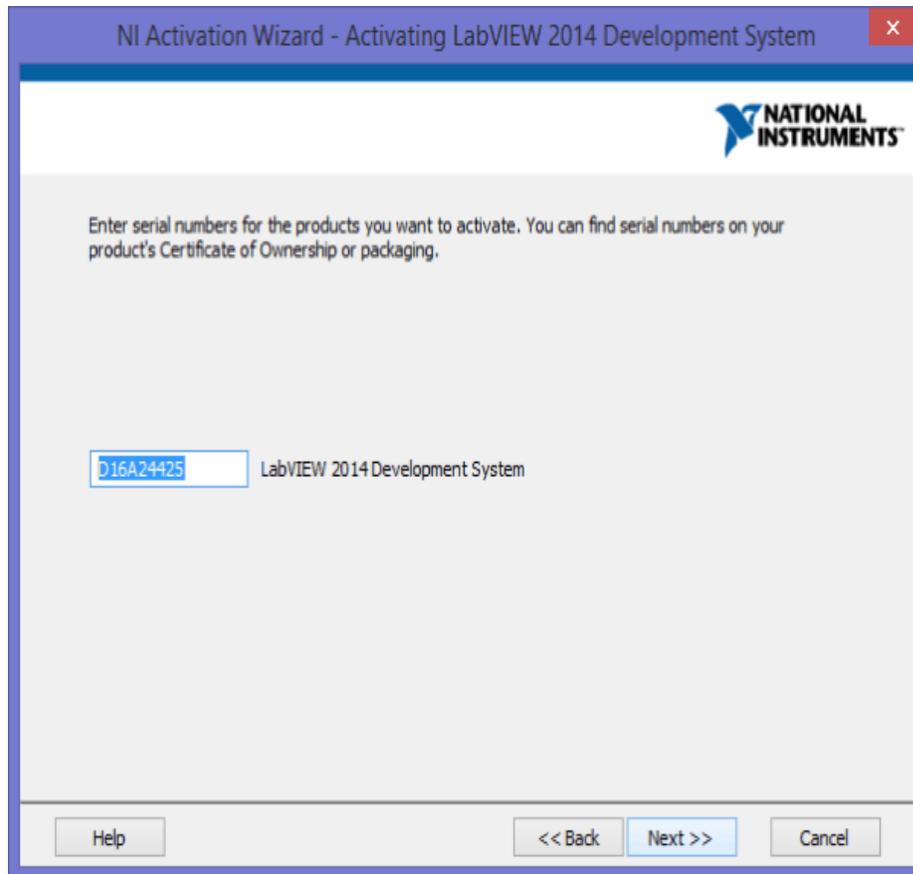
17.* Se da clic en **Decline Support**:



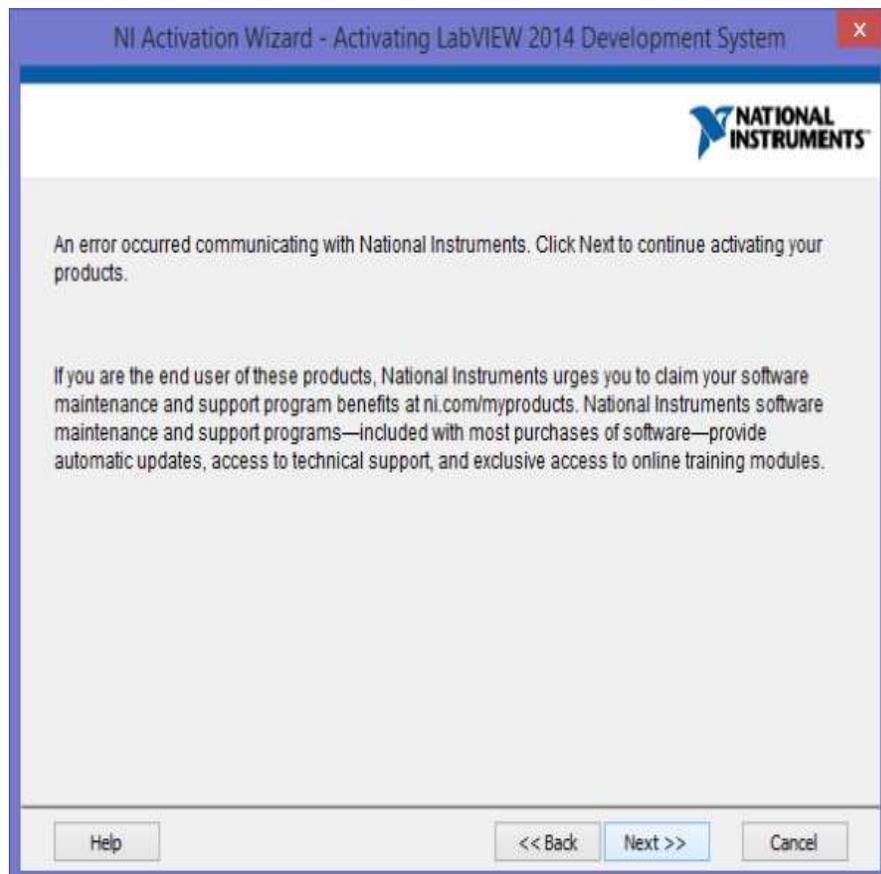
18.* En esta pantalla se deja activada la primera opción y se da clic en Next:



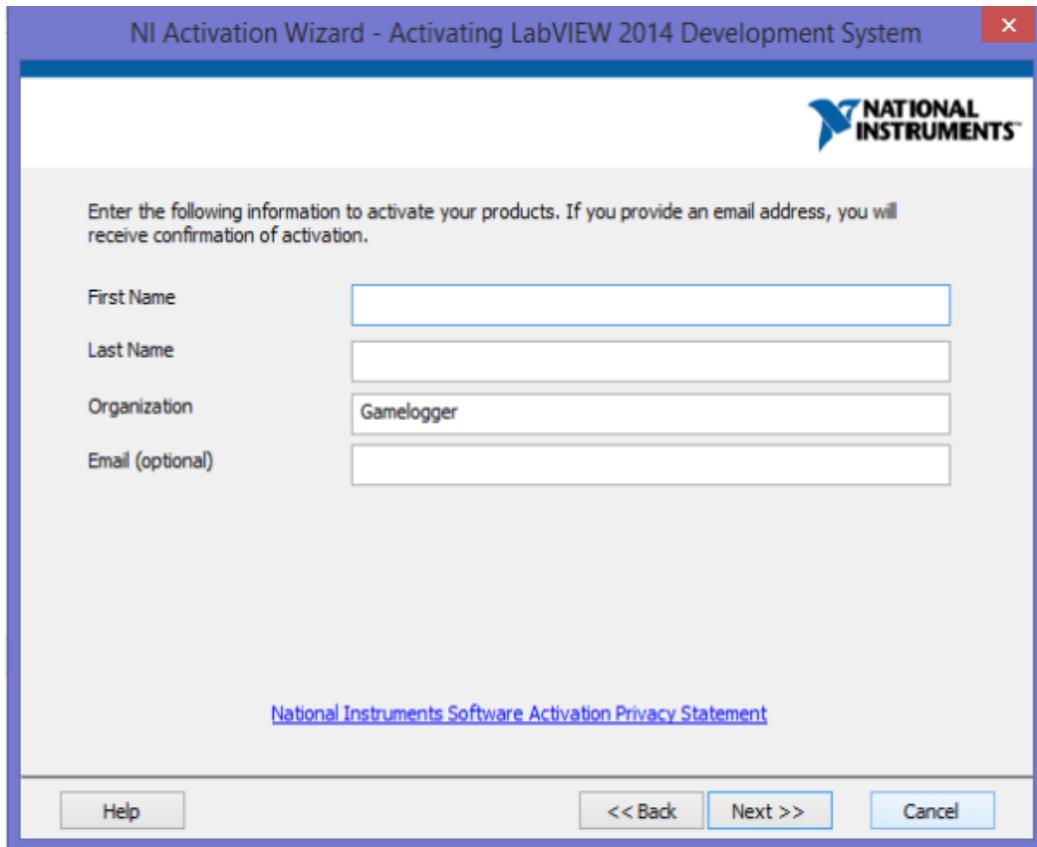
19.* En esta pantalla debe aparecer el serial que se había colocado anteriormente:



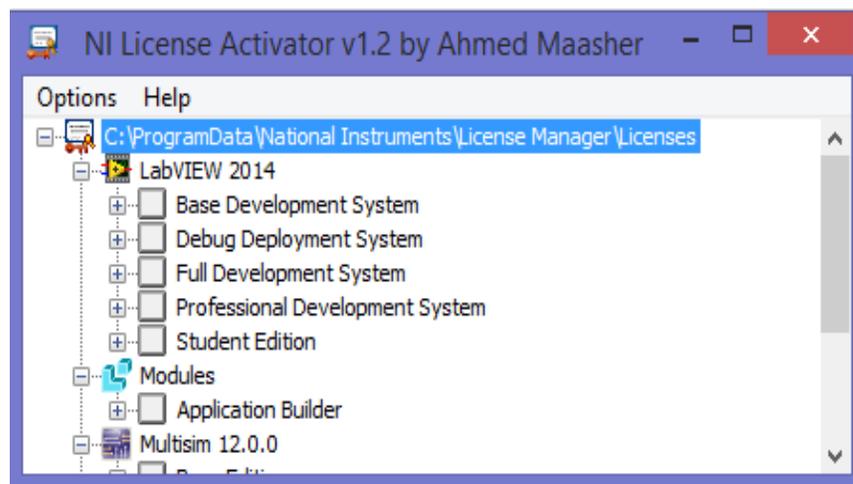
20.* Se mostrará este error, simplemente se da clic en Next:



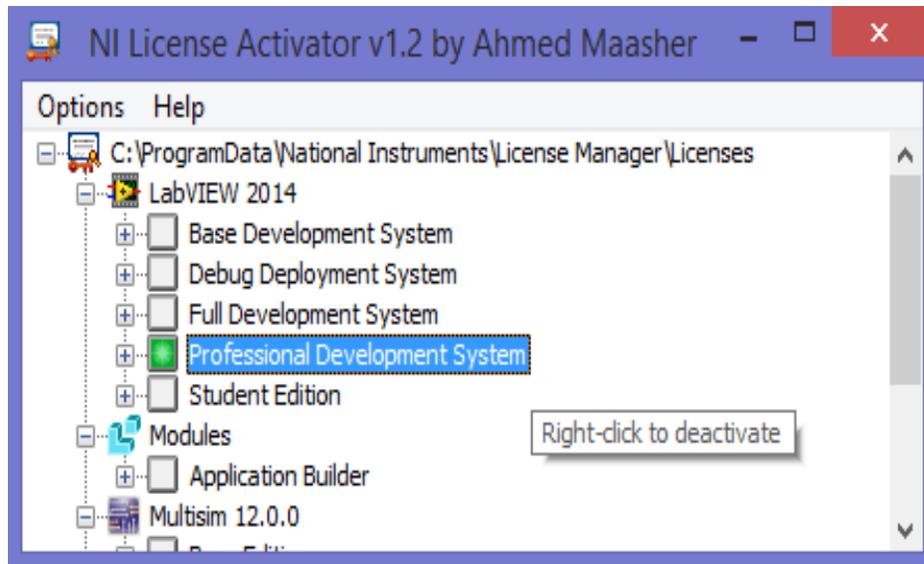
21.* En este punto es muy importante dar clic en “Cancelar”:



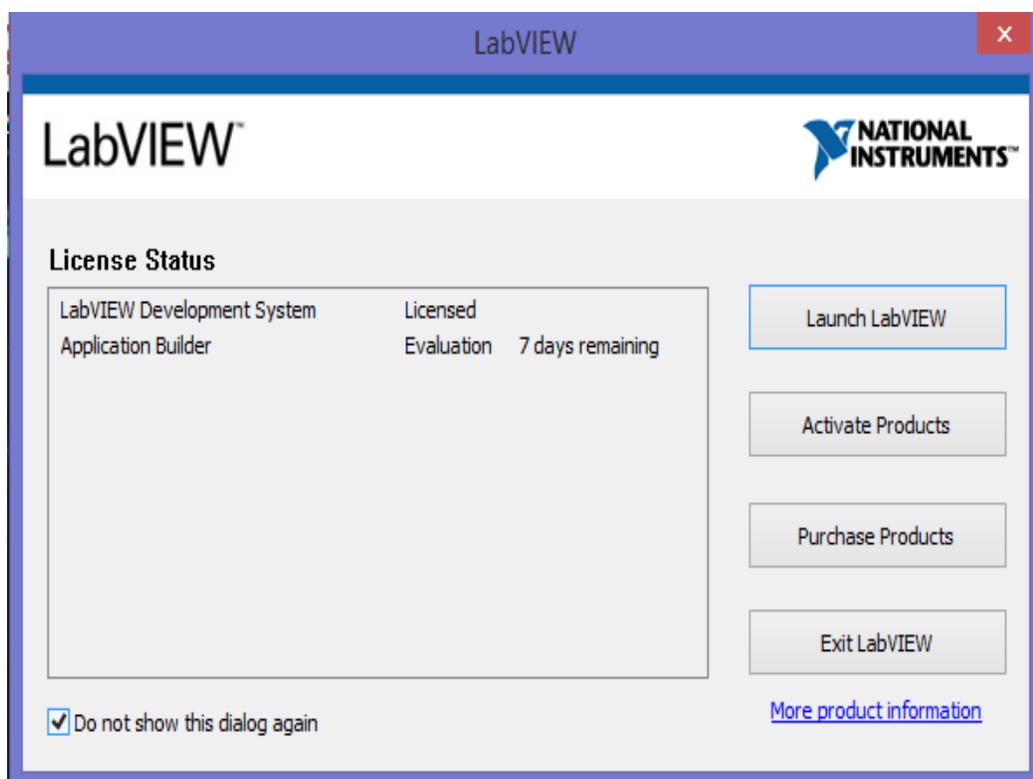
22.* Se vuelve a abrir el activador, ahora se mostrará unas casillas que son de LabVIEW, en estas casillas se da clic derecho sobre cada una y se da en "Activar":



23.* Cada uno deberá cambiar a color verde:



24. * Se cierra el activador y ahora se ejecuta LabVIEW dando clic en 'Launch LabVIEW':



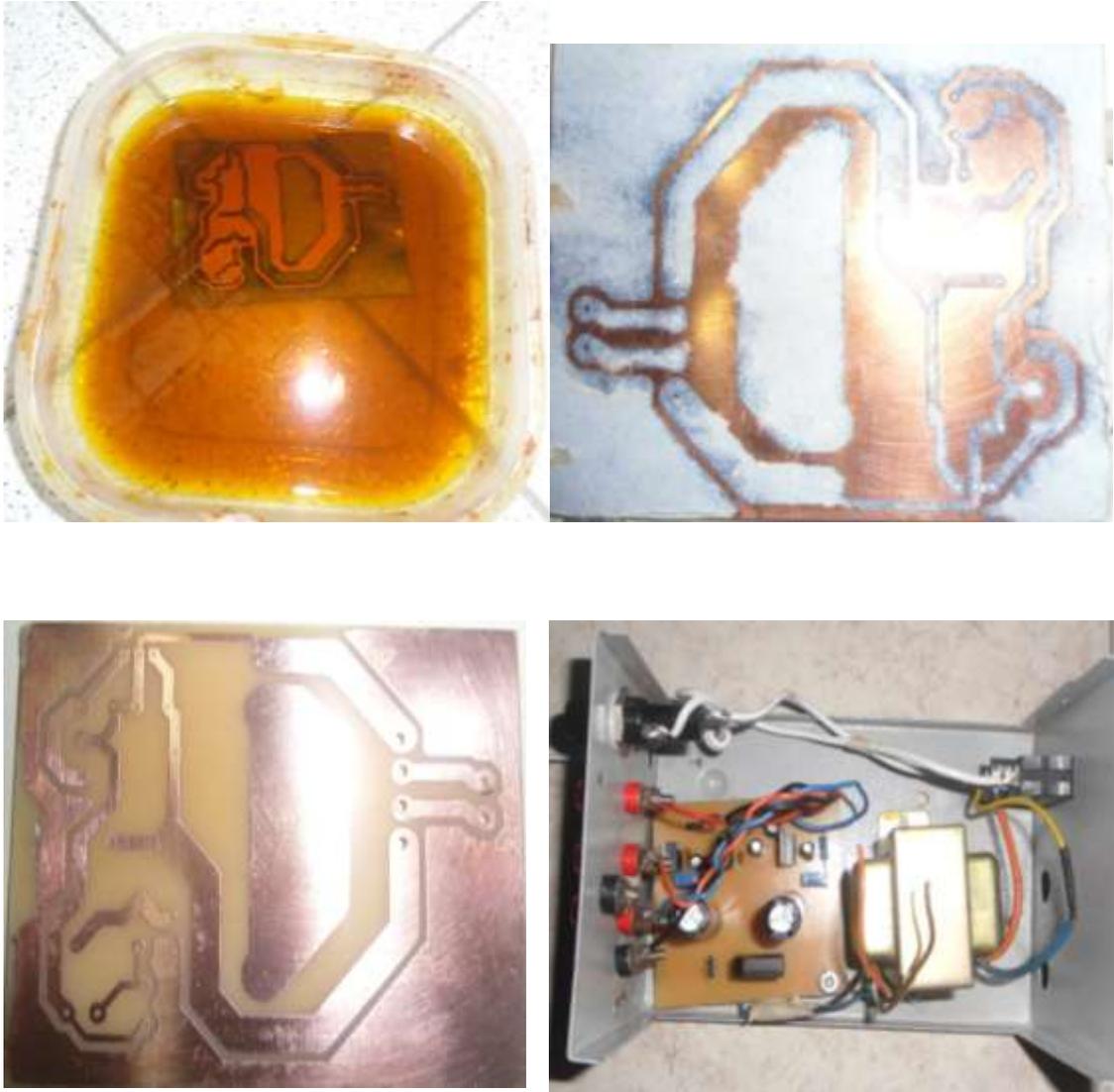
25. * Se espera a que cargue:



26. * Listo para trabajar y realizar cualquier aplicación.



ANEXO 3: DISEÑO DE LA FUENTE DE PODER



ANEXO 4: DISEÑO DE LA CAJA DEL SISTEMA DE MONITOREO



Diseño caja frontal



Diseño caja lateral derecha



Diseño de la caja en el interior