

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
DEL CLIMA**

RAFAEL ARTURO COLORADO MICÁN

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2010 I**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
DEL CLIMA**

**RAFAEL ARTURO COLORADO MICÁN
041065
RAFAELCOLORAD25@HOTMAIL.COM**

MONOGRAFÍA

**ASESOR TÉCNICO
RAMSES DE JESÚS MARTÍNEZ MARTÍNEZ
SPIRIT**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2010 I**

Nota de aceptación

Ramsés Martínez

Asesor

Rafael Orlando Cubillos

Jurado 1

Hans Igor López

Jurado 2

Bogotá 11 de junio del 2010

Agradezco primero a DIOS por darme la oportunidad de realizar mis sueños mediante esfuerzos y dedicación, a mi madre Rosa Adelia Micán Micán por su apoyo incondicional, mi hijo Santiago fuente de persistencia, hermanas Diana y Magnolia por su ánimo para continuar...

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas que de manera directa o indirecta contribuyeron con el desarrollo de este trabajo, a mi asesor y amigo ingeniero Ramsés Martínez por sus exigencias y ayuda durante el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Alejandro Reina de la Aeronáutica Civil de Colombia, por su valiosa colaboración y opinión.

Al ingeniero Edgar Blanco del IDEAM por estar siempre dispuesto a prestarme su ayuda y conocimiento.

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1. PROBLEMA | 18 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 19 |
| 3. OBJETIVOS | 20 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 20 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |
| 4. MARCO REFERENCIAL | 21 |
| 4.1 ANTECEDENTES | 21 |
| 4.1.1 Sensor de velocidad climatológico antiguo | 21 |
| 4.2 MARCO CONCEPTUAL | 22 |
| 4.2.1 Estación Meteorológica | 22 |
| 4.2.2 Sensor velocidad de viento | 24 |
| 4.2.3 Sensor de temperatura | 25 |
| 4.2.4 Sensor de humedad | 25 |
| 4.2.5 Medio de transmisión de datos | 26 |
| 4.2.6 Interfaz | 31 |
| 4.3 MARCO TEÓRICO | 33 |
| 4.3.1 Características técnicas sensor de viento | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.2 | Características técnicas sensor de temperatura y humedad | 34 |
| 4.3.3 | Protector contra agente metereológico y radiación | 38 |
| 4.3.4 | Características técnicas del medio de transmisión | 39 |
| 4.3.5 | Sistema de procesamiento | 40 |
| 4.4 | ESTADO DEL ARTE | 42 |
| 4.4.1 | Sensor de viento y precipitación | 42 |
| 4.4.2 | Sensor para nubosidad | 43 |
| 4.5 | LIMITACIONES Y ALCANCES | 43 |
| 5. | DISEÑO METODOLÓGICO | 45 |
| 6. | DESARROLLO | 46 |
| 6.1 | intrumentos de medición | 46 |
| 6.1.1 | Anemómetro de ultrasonido | 46 |
| 6.1.2 | Sensor de temperatura y humedad | 46 |
| 6.2 | Procesamiento | 48 |
| 6.2.1 | Convertor análogo a digital | 49 |
| 6.2.2 | Acondicionamiento de señal | 49 |
| 6.2.3 | Comunicación serial | 50 |
| 6.3 | Módulos de comunicación XBEE | 54 |
| 6.4 | Interfaz | 57 |
| 6.5 | sistema de alimentacion de respaldo | 64 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7. | PRUEBAS Y RESULTADOS | 66 |
| 7.1 | Cobertura de los módulos | 66 |
| 7.1.1 | Objetivo | 66 |
| 7.1.2 | Recursos | 66 |
| 7.1.3 | Procedimiento | 66 |
| 7.1.4 | Desarrollo | 66 |
| 7.1.5 | Conclusión | 67 |
| 7.2 | Aumento de cobertura entre los módulos | 67 |
| 7.2.1 | Objetivo | 67 |
| 7.2.2 | Recursos | 67 |
| 7.2.3 | Procedimiento | 67 |
| 7.2.4 | Desarrollo | 67 |
| 7.2.5 | Conclusión | 69 |
| 7.3 | Comparación datos | 69 |
| 7.3.1 | Objetivo | 69 |
| 7.3.2 | Recursos | 69 |
| 7.3.3 | Procedimiento | 69 |
| 7.3.4 | Desarrollo | 69 |
| 7.3.5 | Conclusión | 74 |
| 7.4 | Rendimiento de la batería | 74 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 7.4.1 | Objetivo | 74 |
| 7.4.2 | Recursos | 74 |
| 7.4.3 | Procedimiento | 75 |
| 7.4.4 | Desarrollo | 75 |
| 7.4.5 | Conclusión | 76 |
| 7.5 | observar linealización de la pt 100 | 76 |
| 7.5.1 | Objetivo | 76 |
| 7.5.2 | Recursos | 76 |
| 7.5.3 | Procedimiento | 76 |
| 7.5.4 | Desarrollo | 77 |
| 7.5.5 | Conclusión | 78 |
| 8. | CONCLUSIONES | 79 |
| 9. | RECOMENDACIONES | 80 |
| | GLOSARIO | 81 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 83 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Datos técnicos del sensor de temperatura. | 38 |
| Tabla 2. Datos técnicos del sensor de humedad. | 38 |
| Tabla 4. Características módulo Xbee | 40 |
| Tabla 5. Tabla de los valores de resistencia vs grados centígrados de la PT100 | 48 |
| Tabla 6. Comparación de datos de temperatura °C. | 70 |
| Tabla 7. Comparación de datos de humedad %. | 71 |
| Tabla 8. Comparación de datos velocidad de viento m/seg. | 72 |
| Tabla 9. Comparación de datos dirección de viento en grados. | 73 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|------|
| Figura 1. Anemómetro de cazoletas | 22 |
| Figura 2. Estación metereológica automática | 23 |
| Figura 3. Estación meteorológica automática recepción de datos | 23 |
| Figura 4. Estación metereológica convencional | 24 |
| Figura 5. Sensor de humedad capacitivo | 26 |
| Figura 6. Cable coaxial | 27 |
| Figura 7. Par trenzado blindado | 28 |
| Figura 8. Par trenzado no blindado | 28 |
| Figura 9. Aplicaciones Xbee | 30 |
| Figura 10. Aplicaciones Labview | 31 |
| Figura 11. Entorno gráfico visual basic | 32 |
| Figura 12. Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico. | 33 |
| Figura 13. Anemómetro ultrasónico | 34 |
| Figura 14. Sensor de temperatura y humedad | 35 |
| Figura 15. Pines de conexión del sensor de temperatura y humedad. | 35 |
| Figura 16. Representación de la linealización de la PT100 | 36 |
| Figura 17. Rango de temperatura y humedad | 37 |
| Figura 18. Grafica de capacitancia contra humedad | 37 |
| Figura 19. Protector de sensor de temperatura | 39 |
| Figura 20. Módulo Xbee | 39 |
| Figura 21. Estructura de un microcontrolador | 41 |
| Figura 22. Microcontrolador PIC 16F876A | 42 |
| Figura 23. Radar metereológico | 43 |
| Figura 24. Sensor metereológico | 43 |
| Figura 25. Polarización del sensor de temperatura y humedad | 47 |
| Figura 26. Mediciones realizadas con el sensor | 47 |
| Figura 27. Acondicionamiento de señal. | 49 |
| Figura 28. Gráfica de la pt 100, voltaje de salida con respecto a la temperatura. | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 29. Diagrama de flujo para el envío de información al puerto serial. | 52 |
| Figura 30. Diagrama de flujo de captura de datos | 53 |
| Figura 31. Asignación del puerto en el computador mediante software X-CTU | 54 |
| Figura 32. Asignación de uno de los módulos como coordinador | 55 |
| Figura 33. Prueba con la tarjeta de configuración módulo coordinador. | 55 |
| Figura 34. Prueba con la tarjeta de configuración módulo router. | 56 |
| Figura 35. Asignación de las direcciones DH, DL, SH y SL | 57 |
| Figura 36. Ventana de desarrollo Labview. | 58 |
| Figura 37. Serial port | 58 |
| Figura 38. Port number | 59 |
| Figura 39. Serial port write | 59 |
| Figura 40. Byte at serial | 60 |
| Figura 41. Serial port read | 60 |
| Figura 42. String sub-set | 61 |
| Figura 43. Type cast | 61 |
| Figura 44. Operadores matemáticos | 62 |
| Figura 45. Herramientas para generar los gráficos de las 4 variables | 62 |
| Figura 46. Herramienta Wait | 63 |
| Figura 47. Close serial driver | 63 |
| Figura 48. Interfaz final | 64 |
| Figura 49. Circuito de alimentación de respaldo. | 65 |
| Figura 50. Acople realizado para el modulo de TX | 68 |
| Figura 51. Dentro del sistema de control se instala el acople | 68 |
| Figura 52. Estaciones en paralelo para corroborar datos en el IDEAM | 70 |
| Figura 53. Comparación gráfica de la temperatura | 71 |
| Figura 54. Comparación gráfica de la humedad | 72 |
| Figura 55. Comparación gráfica de la velocidad de viento | 73 |
| Figura 56. Comparación gráfica de la dirección de viento | 74 |
| Figura 57. Comportamiento del voltaje de la batería con respecto al tiempo. | 75 |
| Figura 58. Comportamiento de la corriente de la batería con respecto al tiempo. | 76 |
| Figura 59. Gráfica de aumento de temperatura en la pt 100. | 77 |

Figura 60. Gráfica de disminución de temperatura en la pt100.

LISTA DE ECUACIONES

| | pág. |
|--|------|
| Ecuación 1. Capacitancia en un condensador | 25 |
| Ecuación 2. Resistencia para circuito de acondicionamiento de señal. | 49 |
| Ecuación 3. Ecuación de la pendiente | 50 |
| Ecuación 4. Configuración de los baudios microcontrolador | 51 |

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MANUAL SENSOR ULTRASONICO WIND OBSERVER II

ANEXO B. MANUAL SENSOR DE TEMPERATURA

ANEXO C. MANUAL DE USUARIO XBEE

ANEXO D. DATASHEET MICROCONTROLADOR PIC16F876A

ANEXO E. DATASHEET MAX-232

ANEXO F. ESTANDAR IEEE 802.15.4

ANEXO G. MANUAL SENSOR DE HUMEDAD

Nota: los anexos se encuentran en formato digital en CD.

RESUMEN

En este trabajo se propone un sistema de monitoreo del clima, donde se pretende recibir información de 4 variables climatológicas de una forma continua con una calidad y duración tales que permitan describir o explicar el clima de una zona o lugar determinado.

Las variables a monitorear son la velocidad y dirección de viento humedad y temperatura, donde se realiza una transmisión inalámbrica por medio de los módulos de comunicación a un computador y de esta manera ser adquiridos para realizar la visualización por el usuario final.

La captura de estas variables se realiza mediante un sensor digital y otro analógico, posteriormente se realiza un procesamiento a través de un microcontrolador, la comunicación inalámbrica se establece por medio de los módulos Xbee y la interfaz para el usuario en el software Labview.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de monitoreo del clima o estaciones meteorológicas tienen como finalidad conocer el comportamiento y medir las variables climatológicas para así lograr establecer probabilidades futuras y tendencias climatológicas.

Existen dos tipos de estaciones meteorológicas; estación meteorológica convencional, la cual cuenta con un observador quien, es la persona encargada de tomar mediciones de los instrumentos que allí se encuentren como anemómetros, sensores de temperatura, humedad, actinógrafos, pluviómetros entre otros. El observador tiene horarios establecidos para la toma de esta información las cuales son 7:00, 12:00 y 19:00 horas de esta manera se lleva un registro de datos para su posterior utilización.

La estación meteorológica automática, cuenta con una serie de sensores de última tecnología los cuales arrojan información de las variables las 24 horas del día a un computador donde el usuario final puede ingresar a consultar la información.

La característica más relevante de este sistema será la portabilidad ya que no presenta estructuras de gran peso y complejidad que requieran gran trabajo para su movilidad.

1. PROBLEMA

El clima cambia por factores naturales y por factores causados por el mismo hombre como por ejemplo contaminación y destrucción de la capa de ozono, Estos cambios se pueden presentar de forma súbita o inesperada en variables como: temperatura, humedad, viento, etc. Los cuales en determinadas circunstancias pueden ser perjudiciales para los seres vivos, es por esto que es vital monitorearlo.

El clima es un elemento natural que el hombre no puede cambiar pero si puede medir con cierta precisión para determinar con certeza sus futuros cambios de estado y tomar decisiones preventivas, imprescindibles, para la integridad y salud de los seres vivos. En Bogotá se encuentra la sede central del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) el cual es un ente del gobierno que tiene como función generar conocimiento, producir y suministrar datos e información ambiental, además de realizar estudios, investigaciones, inventarios y actividades de seguimiento y manejo de la información hidrológica, meteorológica y ambiental que sirvan para fundamentar la toma de decisiones en materia de política ambiental y para suministrar las bases para el ordenamiento ambiental del territorio y tendientes al manejo, el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales biofísicos del país.

El problema radica en que este organismo, no cuenta con una cobertura total de estaciones en la ciudad de Bogotá, para tomar, procesar, almacenar, y entregar algún tipo de información climatológica, este es el caso de la zona norte, siendo este aspecto de vital importancia, debido a la gran densidad de personas que transitan en este sector, y al desenvolvimiento económico, que presenta la ciudad en esta zona.

Al IDEAM recurren grandes empresas como constructoras, interventoras para construcción de vías, demandas particulares por causas de estragos de viento o de cualquier tipo ambiental, además del Sistema Nacional de Salud entre otros, sin contar peticiones que hacen instituciones educativas acerca del pronóstico y estado del clima para realización de diferentes actividades académicas y culturales. La importancia está, en que esta institución a nivel nacional y gubernamental, es la única autorizada para certificar y dar un aval de información acerca del estado del tiempo.

2. JUSTIFICACIÓN

Suministrado datos suficientes e importantes, para que el IDEAM genere certificaciones y avales para levantamientos de obras, inicio de construcciones, alertas sobre fenómenos como niebla y vendavales, informes para ser utilizados por el Sistema Nacional de Salud acerca de un posible disparo de enfermedades en la capital, evitar retrasos en obras civiles y disminuir congestionamientos de tránsito.

Ampliando la información y los datos meteorológicos, se fundamenta la toma de decisiones en materia de política ambiental y bases para el ordenamiento ambiental en la zona norte de la capital.

Implementando este sistema de monitoreo, y comprobando el excelente funcionamiento, mediante convenio con el IDEAM, se pretende que haga parte del Catálogo Nacional de Estaciones Climatológicas, identificada como Estación San Martín la cual entregara datos para toda la parte nororiental de la capital.

Otro factor importante que se tiene en cuenta para la elaboración de este proyecto son los costos, ya que una estación automática puede costar \$50.000.000 pesos y la inversión para la realización de este sistema será de \$15.679.000 pesos donde se adquieren datos de los sensores con la misma confiabilidad.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo del clima de las variables temperatura, humedad, velocidad y dirección de viento para la zona norte de la capital de Colombia

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y documentar el funcionamiento de los sensores.
- Realizar el software para adquirir datos de los sensores mediante un dispositivo de procesamiento.
- Documentar el funcionamiento de comunicación de datos de los sensores.
- Realizar la comunicación entre el computador y el sistema remoto.
- Realizar la interfaz mediante un software para visualizar la aplicación por los usuarios.
- Corroborar el sistema de monitoreo con el fin de comprobar un buen desempeño del mismo al compararlo con datos del IDEAM.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

Los primeros instrumentos meteorológicos que llegaron a Colombia, fueron los barómetros (para medir la presión atmosférica) y termómetros, traídos por el botánico español José Celestino Mutis a su llegada en el año de 1.760.

Pero las primeras mediciones se inician alrededor de 1.808, año en el cual comienza la meteorología “moderna”, Francisco José de Caldas, astrónomo y meteorólogo colombiano, continua desarrollando estos estudios en el observatorio astronómico y meteorológico, hasta el año de 1.816(Daza, 2009).

4.1.1 Sensor de velocidad climatológico antiguo

El anemómetro de cazoletas es un tipo de sensor climatológico que mide la velocidad del viento, ha sido substituido totalmente en servicios aeronáuticos y entidades que necesiten precisión en la información, está siendo remplazado paulatinamente por el anemómetro por ultrasonido, debido a que en cambios extremos climatológicos como temperatura y ráfagas de viento muy fuertes el anemómetro de cazoletas, deja de enviar información confiable y segura. Está basado en el uso de un molinete, tres o cuatro tazas o cazoletas de plástico o aluminio montadas simétricamente alrededor de un eje vertical en los extremo de un número igual de brazos sobresalen del cubo del molinete. Debido a que la fuerza del viento es mayor sobre el lado cóncavo de la taza en comparación con el lado convexo, la corriente de aire hacer rotar el molinete.

Para un anemómetro de cazoleta dado, que existe una velocidad de viento mínima que pondrá en movimiento el anemómetro de cazoleta según la fricción en los cojinetes del molinete y los parámetros de diseño del instrumento.

La velocidad de rotación no depende ni de la dirección del viento ni el grado apreciable de densidad del aire, la cantidad de fuerza es responsable de la rotación es debida a la diferencia del valor de los coeficientes de resistencia aerodinámica(Cortés Betancourt, 1987).

A continuación en la figura 1 se ilustra el anemómetro de cazoletas.

Figura 1. Anemómetro de cazoletas



(Pavon, 2007)

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Estación Meteorológica

Las estaciones climatológicas son aquellas en las cuales se obtienen datos meteorológicos de una calidad y duración tales que permitan describir o explicar el clima de una región (Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001)

- Estación meteorológica automática: dispositivo electrónico, con la capacidad de detectar, procesar, almacenar y transmitir variables de tipo ambiental.

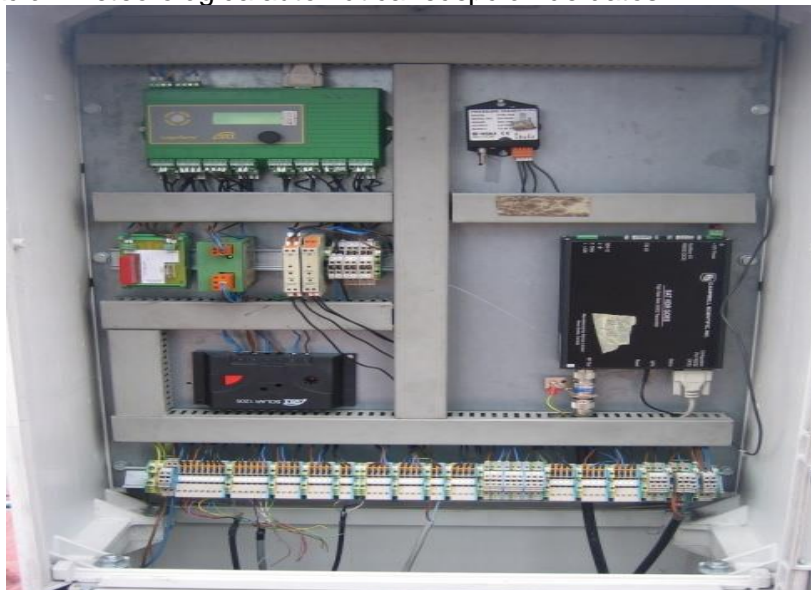
En la figura 2 se muestra la estación automática del IDEAM, compuesta por un anemómetro de ultrasonido, panel solar, y sensor de temperatura.

Figura 2. Estación meteorológica automática



En la figura 3 se muestra el sistema de control de una estación meteorológica automática.

Figura 3. Estación meteorológica automática recepción de datos



- Estación meteorológica convencional: Es un puesto de observación donde se encuentran instrumentos de tipo analógico y se requiere de un observador quien será persona encargada de registrar los datos de cada uno de los instrumentos que allí se encuentren.

En la figura 4 se ilustra una estación meteorológica convencional, la cual contiene instrumentos como pluviómetro, anemómetro, sensor de humedad, sensor de temperatura y un observador.

Figura 4. Estación meteorológica convencional



(IDEAM, 1998)

4.2.2 Sensor velocidad de viento

El sensor de viento llamado anemómetro es un instrumento meteorológico y dispositivo electrónico, el cual transforma la energía generada por el viento en señales eléctricas, determinando el recorrido del viento, en algunos anemómetros se puede determinar, además, la dirección del flujo de aire (Cortés Betancourt, 1987).

4.2.3 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura será el encargado de tomar una medida del calor o energía térmica de las partículas del aire para que pueda ser representado mediante un número conocido y visible para el usuario.

4.2.4 Sensor de humedad

El sensor de humedad es un instrumento que absorbe, la cantidad de moléculas de agua que el aire puede tener. La evaporación será mayor cuanto menor sea la humedad. A continuación se describe algunos tipos de sensores de humedad.

- Sensores de humedad mecánicos, la idea es aprovechar los cambios en las dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad. Los más afectados son algunas fibras orgánicas y sintéticas, como por ejemplo el cabello humano. Al aumentar la humedad relativa, las fibras aumentan de tamaño, es decir, se alargan. Luego esta deformación debe ser amplificada de alguna manera (por palancas mecánicas, o circuitos electrónicos), y debe ser graduada de acuerdo a la proporcionalidad con la humedad relativa.
- Sensor de humedad de sales Higroscópicas, consiste en una sal higroscópica (cloruro de litio por ejemplo), es una molécula cristalina que tiene gran afinidad con la absorción de agua.
- Sensor electrolítico, consiste en producir la electrólisis de las moléculas de agua presentes en el gas, y medir la corriente que se genera cuando aquello ocurre (Glaria, 2001).
- Sensor capacitivo, son los más difundidos en la industria y meteorología, pues son de fácil producción, bajos costos, y alta fidelidad. El principio es en el cambio que sufre la capacidad (C en [Farad]) de un condensador al variar la constante dieléctrica del mismo. Si se utiliza la mezcla gaseosa como dieléctrico entre las placas del condensador, el valor de este estará determinado por la siguiente ecuación (Glaria, 2001)

Ecuación 1. Capacitancia en un condensador

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Donde:

C= valor de la capacidad

ϵ = Permitividad del dieléctrico

A= áreas de las placas del condensador

d=distancia entre las placas del condensador

En la figura 5 se ilustra físicamente un sensor de humedad capacitivo.

Figura 5. Sensor de humedad capacitivo



(rotronic, 2010)

4.2.5 Medio de transmisión de datos

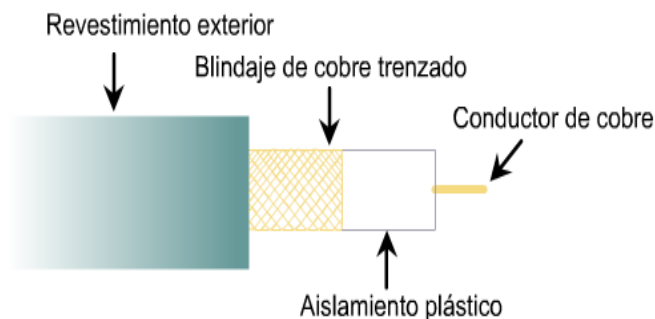
Existen 2 tipos de medios de transmisión de información, guiados y no guiados. Donde los medios guiados proporcionan un camino físico a través de la cual la señal se propaga, y los medios no guiados utilizan una antena para transmitir a través del aire, vacío o agua.

El medio de transmisión será el camino físico entre el transmisor y el receptor, tanto en medios guiados como no guiados la comunicación se lleva a cabo con ondas electromagnéticas.

- Cable coaxial: El cable coaxial consiste de un conductor de cobre rodeado de una capa de aislante flexible, el conductor central también puede ser hecho de un cable de aluminio cubierto de estaño que permite que el cable sea fabricado de forma económica, sobre este material aislante existe una malla de cobre tejida u hoja metálica que actúa como el segundo hilo del circuito y como un blindaje para el conductor interno, esta segunda capa, o blindaje (braided shield), también reduce la cantidad de interferencia electromagnética externa(Huertas, 2004).

En la figura 6 se muestra la composición física de un medio de transmisión guiado en este caso cable coaxial.

Figura 6. Cable coaxial

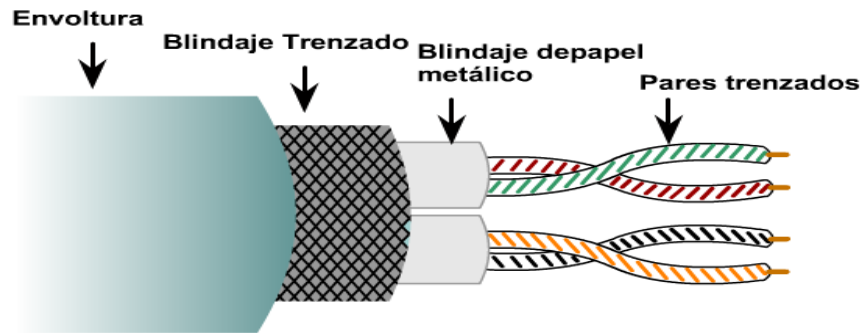


(Huertas, 2004)

- Cable par trenzado: Los cables de par trenzado (twisted pair) consisten de una envoltura que encierra pares de hilos trenzados para reducir el ruido eléctrico. Existen dos tipos principales de cable par trenzado: Par trenzado blindado (shielded twisted pair o STP) y Par trenzado no blindado unshielded twisted pair o UTP(Huertas, 2004).

En la figura 7 se muestra la composición física de un medio de transmisión guiado en este caso par trenzado blindado STP.

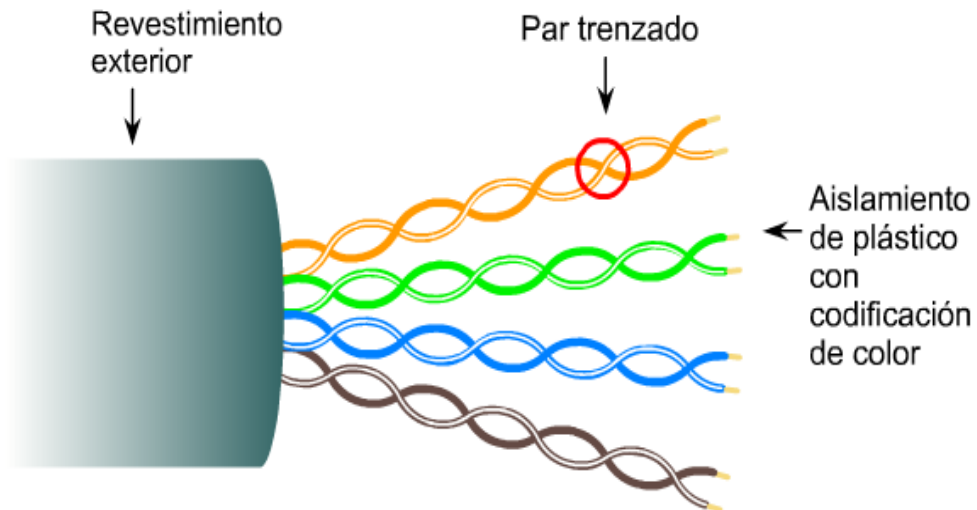
Figura 7. Par trenzado blindado



(Huertas, 2004)

En la figura 8 se muestra la composición física de un medio de transmisión guiado en este caso par trenzado no blindado UTP.

Figura 8. Par trenzado no blindado



(Huertas, 2004)

- Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas, siendo especialmente útil para redes

de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.(García, 2007a).

- ZigBee opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos). y en Colombia con la expedición de la resolución 689 del 21 de abril de 2004 considerada como “norma inalámbrica unificada”, permite la libre utilización de sistemas inalámbricos de baja potencia en esa banda.
- Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps y un rango de cobertura de 30 a 120 metros.
- A pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth su desempeño no se ve afectado, esto debido a su baja tasa de transmisión y características propias del estándar IEEE 802.15.4.
- Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.
- Su topología de malla (MESH) permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación aumentando su confiabilidad.
- Es un protocolo de comunicación multi-salto, es decir, que se puede establecer comunicación entre dos nodos aún cuando estos se encuentren fuera del rango de transmisión, siempre y cuando existan otros nodos intermedios que los interconecten, de esta manera, se incrementa el área de cobertura de la red(Gálvez, junio 2007).
- El IEEE 802.15.4 ofrece dos opciones de PHY que combinan con el MAC para permitir un amplio rango de aplicaciones en red. Se basan en métodos de secuencia directa de espectro extendido (DSSS) que resultan en bajos costos de implementación digital, y ambas comparten la misma estructura básica de paquetes low-duty-cycle con operaciones de bajo consumo de energía. La principal diferencia entre ambas phy's radica en la banda de frecuencias. La PHY de los 2.4 GHz, especifica operación en la banda industrial, médica y científica, que prácticamente está disponible a nivel mundial, la PHY de los 868/915 MHz especifica operaciones en la banda de 865 MHz en Europa y 915 MHz en la banda ISM en Estados Unidos.

Mientras que la movilidad entre países no se anticipa para la mayoría de las aplicaciones de redes en las casas, la disponibilidad internacional de la banda de los 2.4GHz ofrece ventajas en términos de mercados más amplios y costos de manufactura más bajos. Por otro lado las bandas de 868 MHz y 915 MHz ofrecen una alternativa a la congestión creciente y demás interferencias (hornos de microondas, etc.) asociadas a la banda de 2.4 GHz. Y mayores rangos por enlace debido a que existe menores pérdidas de propagación (Gálvez, junio 2007).

- En una frecuencia de 2.4 GHz emplea una técnica de modulación semi-ortogonal basada en métodos de DSSS (con propiedades similares). Los datos binarios son agrupados en símbolos de 4 bits, y cada símbolo especifica una de las 16 secuencias de transmisión semi-ortogonales de código de pseudo-ruido (PN). Las secuencias de PN son concatenadas para que sean datos de símbolos exitosos, y la secuencia agregada al chip es modulada en la portadora utilizando MSK (minimum shift keying). El uso de símbolos “casi ortogonales”(Gálvez, junio 2007).

En la figura 9 se ilustra algunas de las aplicaciones en las cuales se puede implementar la tecnología Xbee.

Figura 9. Aplicaciones Xbee



(García, 2007b)

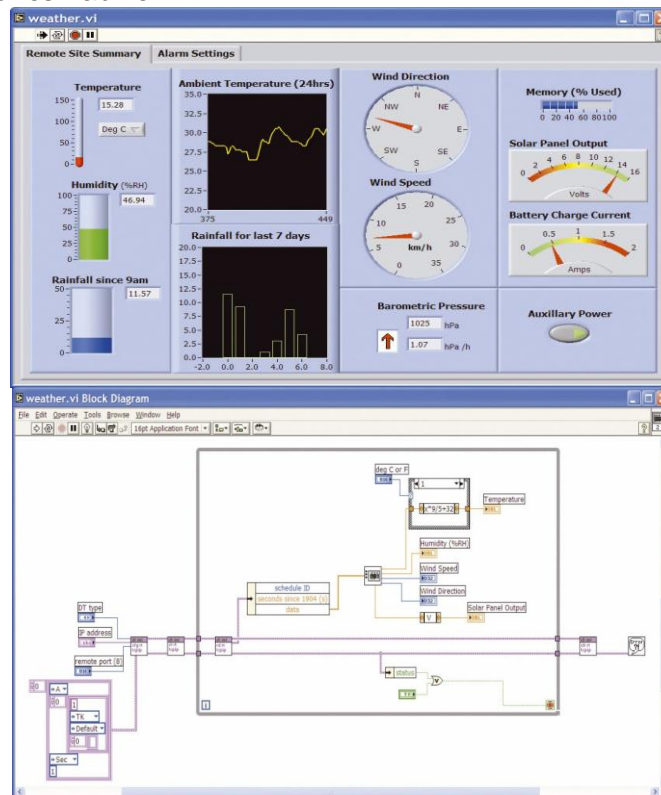
4.2.6 Interfaz

Las interfaces básicas de usuario son aquellas que incluyen cosas como menús, ventanas, teclado, ratón, y algunos otros sonidos que la computadora hace, en general, todos aquellos canales por los cuales se permite la comunicación entre el ser humano y la computadora. La mejor interacción humano-máquina a través de una adecuada interfaz (Interfaz de Usuario), que le brinde tanto comodidad, como eficiencia (tabares, 2009).

Labview, es un entorno gráfico de programación totalmente gráfico, utilizado para desarrollar mediciones, pruebas y sistemas de control, mediante iconos gráficos y los cables que se asemejen a un diagrama de flujo LabVIEW ofrece una integración sin igual con miles de dispositivos de hardware y ofrece cientos de bibliotecas integrales para el análisis avanzado y visualización de datos. (Corporation, 2009).

En la figura 10 parte superior se observa el panel frontal de la aplicación donde el usuario puede observar y manipular los datos obtenidos de la aplicación y en la parte inferior el diagrama de flujo de datos el cual reemplaza el código fuente.

Figura 10. Aplicaciones Labview



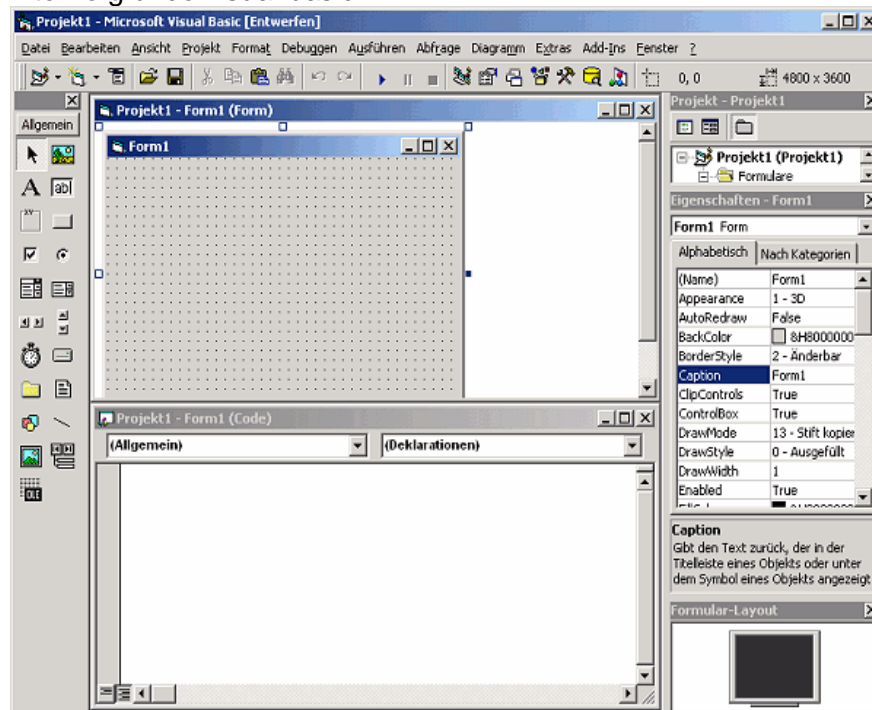
(Datataker, 2009)

Visual basic: es un lenguaje de programación desarrollado por Alan Cooper para Microsoft. El lenguaje de programación es un dialecto de BASIC, su primera versión fue presentada en 1991 con la intención de simplificar la programación utilizando un ambiente de desarrollo completamente gráfico que facilite la creación de interfaces gráficas y en cierta medida también la programación misma. Una librería independiente de la versión del sistema operativo, a través de Visual Basic .NET (y otros lenguajes como C Sharp (C#) de fácil transición de código entre ellos) que presenta serias incompatibilidades con el código Visual Basic existente.

Visual Basic (Visual Studio) constituye un IDE (entorno de desarrollo integrado o en inglés Integrated Development Enviroment) que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código (programa donde se escribe el código fuente), un depurador (programa que corrige errores en el código fuente para que pueda ser bien compilado), un compilador (programa que traduce el código fuente a lenguaje de máquina), y un constructor de interfaz gráfica o GUI (es una forma de programar en la que no es necesario escribir el código para la parte gráfica del programa, sino que se puede hacer de forma visual)(visual, 2009).

En la figura 11 se ilustra el entorno para el lenguaje de programación visual basic.

Figura 11. Entorno gráfico visual basic



(taringa, 2009)

4.3 MARCO TEÓRICO

4.3.1 Características técnicas sensor de viento

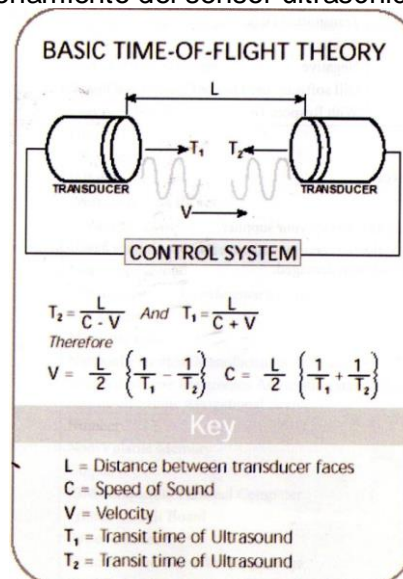
El anemómetro de ultrasonido se compone de cuatro (4) brazos llamados transductores, los cuales se encuentran a una distancia entre si de 200 mm ordenados por parejas donde uno de ellos cumple la función de transmisor y el otro de receptor para una frecuencia de ultrasonido.

Esta señal se transmite con una frecuencia de propagación determinada, mediante un sistema de control se lleva el comportamiento de esta señal, el microcontrolador del componente toma estas mediciones y realiza las conversiones para entregar los datos de las mediciones en un tiempo de diez milisegundos.

Cuando la propagación de la señal de ultrasonido se le suma una fuerza externa en este caso el viento, esta aumenta su velocidad de propagación o por el contrario si esta fuerza se dirige en sentido contrario, provoca una reducción en la velocidad de propagación de la señal (Co.KG, 2009).

De una manera más gráfica se puede ver el funcionamiento del anemómetro de ultrasonido como se muestra en la figura 12

Figura 12. Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico.



(Co.KG, 2009)

En la figura 13 se observa el anemómetro de ultrasonido WindObserver II, de la empresa Gill Instruments, para más información técnica se puede remitir al anexo A.

Figura 13. Anemómetro ultrasónico



(Co.KG, 2009)

4.3.2 Características técnicas sensor de temperatura y humedad

Algunas de las principales características que presenta este sensor se nombran a continuación.

Características:

- Gran estabilidad a largo plazo
- Línea de característica casi lineal
- Buen comportamiento dinámico

El sensor de temperatura PT-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de Platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico.

El material que forma el conductor (platino), posee un coeficiente de temperatura de resistencia, el cual determina la variación de la resistencia del conductor por cada grado que cambia su temperatura, en la figura 14 se muestra como es la linealización de la pt100(Alem, 2005).

En la figura 14 se ilustra cómo es físicamente el sensor de temperatura y humedad.

Figura 14. Sensor de temperatura y humedad

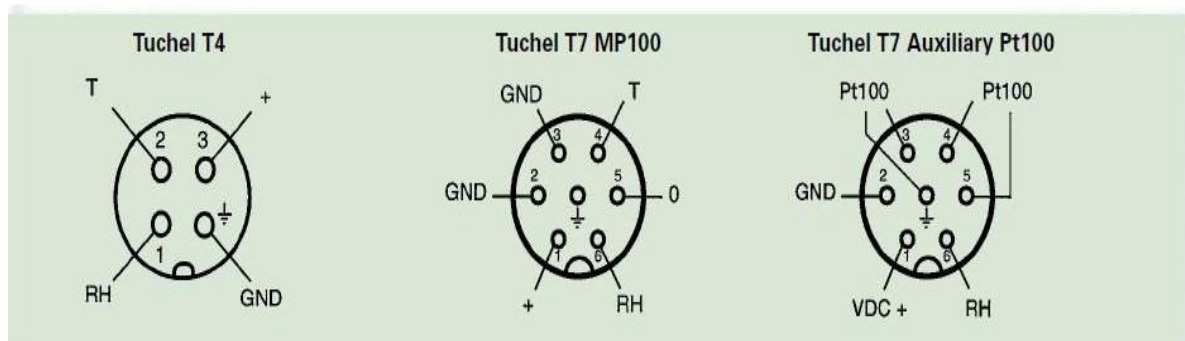


(Co.KG, 2009)

En la figura 15 se ilustra los pines de conexión para el sensor de humedad y temperatura, para más información técnica se puede remitir al anexo B.

Figura 15. Pines de conexión del sensor de temperatura y humedad.

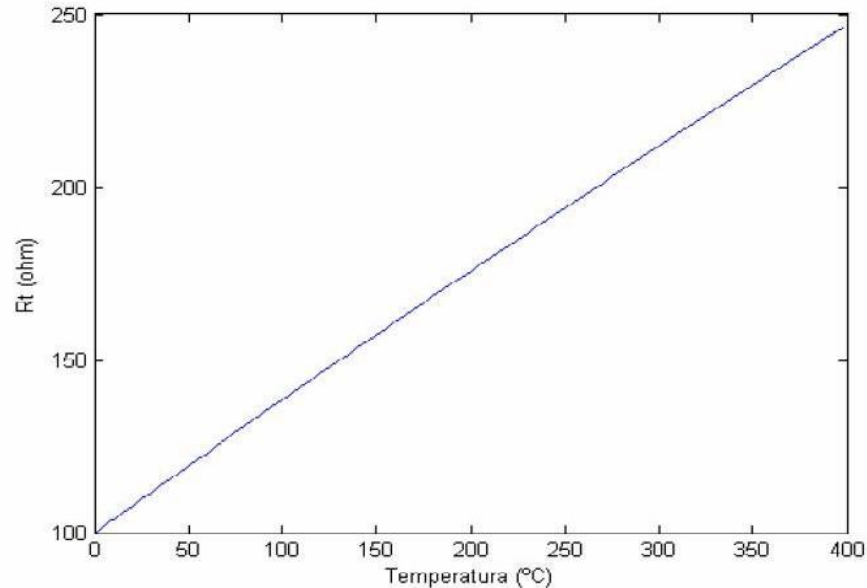
Pinning of Tüchel Plugs for MP100 & MP400 Series



(Co.KG, 2009)

En la figura 16 se muestra el comportamiento de la pt 100, resistencia versus temperatura.

Figura 16. Representación de la linealización de la PT100



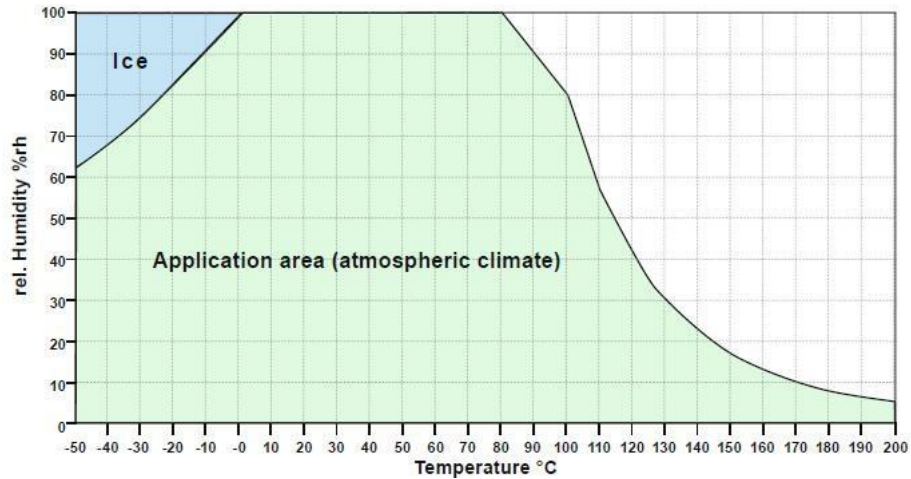
(Alem, 2005)

Los sensores de humedad capacitivos, son los más conocidos en la industria y meteorología, pues son de fácil producción, bajos costos, y mediciones precisas. El principio de funcionamiento es en el cambio que sufre la capacidad (C en [Faradios]) de un condensador al variar la constante dieléctrica del mismo (Glaria, 2001).

Estos cambios en la capacitancia se dan gracias a la naturaleza polar del agua, en presencia de un campo eléctrico, se produce la alineación de las moléculas, siendo esta la causa del porqué el agua presenta una constante dieléctrica mayor que el aire. Luego si se utiliza como dieléctrico, una mezcla gaseosa que contenga vapor de agua, el valor C del condensador va a variar dependiendo de la cantidad de moléculas de agua que estén presentes entre las placas (Glaria, 2001).

En la figura 17 se observan los rangos de temperatura en el cual el sensor de humedad puede realizar mediciones confiables, para este modelo en especial la temperatura máxima será de 200 grados centígrados y un porcentaje de humedad de 100%.

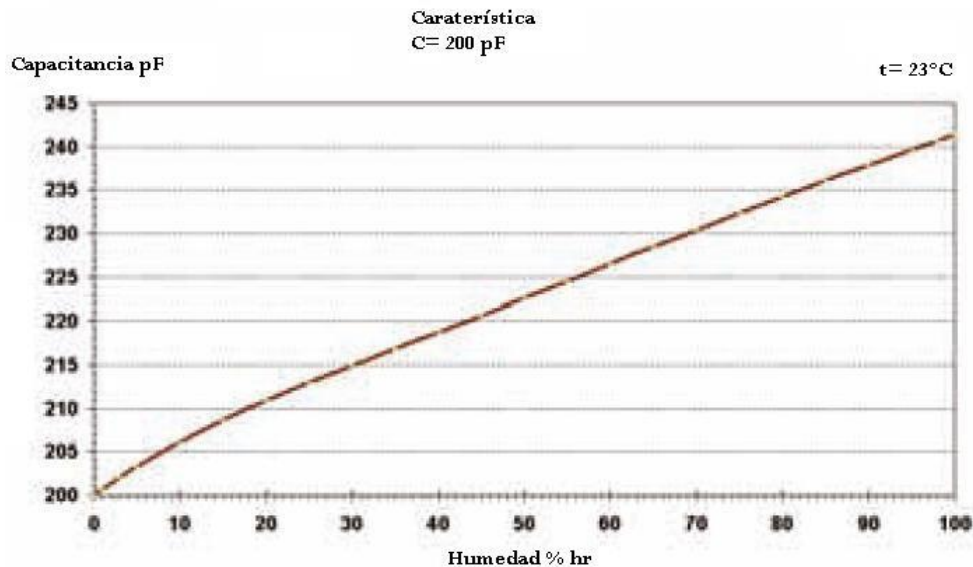
Figura 17. Rango de temperatura y humedad



(rotronic, 2010)

En la figura 18 se observa el comportamiento del sensor de humedad, capacitancia versus humedad para esta gráfica el valor de la temperatura es de 23 grados centígrados.

Figura 18. Grafica de capacitancia contra humedad



(rotronic, 2010)

En la tabla 1 se muestran especificaciones técnicas del sensor de temperatura para mayor profundidad se puede remitir al anexo B.

Tabla 1. Datos técnicos del sensor de temperatura.

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Elemento de Medición | Pt 100 1/3 din clase B |
| Campo de medición | -30...+70°C (mA, salida en V) |
| Tiempo de respuesta | 20 s(>1,5 m/s) |
| Salida I | 12..30 V DC |
| Salida U | 24 V DC |
| Salida U | 9....30 V DC |

(Co.KG, 2009)

En la tabla 2 se muestran especificaciones técnicas del sensor de humedad para mayor profundidad se puede remitir al anexo G.

Tabla 2. Datos técnicos del sensor de humedad.

| | |
|----------------------|---------------------------|
| Elemento de Medición | FE 09/1 |
| Campo de Medición | 0...100% Humedad Relativa |
| Desviaciones | 95%hum. Rel. a 10..40°C |
| Tiempo de Respuesta | 10s(>1,5 m/s) |

(Co.KG, 2009)

4.3.3 Protector contra agente metereológico y radiación

El sensor de humedad y temperatura, es susceptible si se expone directamente a factores externos como la radiación solar, agua, viento, ocasionando averías en el sensor de tipo mecánicas o realizando mediciones erróneas.

Es imprescindible que el sensor se encuentre con un protector para agentes meteorológicos, ya que desminuye notablemente el deterioro del mismo, se obtiene un clima similar a las casetas meteorológicas, lo que conlleva a una medición más exacta(Co.KG, 2009).

En la figura 19 se observa el tipo de cobertor ventilado para el sensor de humedad y temperatura que se utiliza en la implementación.

Figura 19. Protector de sensor de temperatura



(Co.KG, 2009)

4.3.4 Características técnicas del medio de transmisión

Este estándar se puede utilizar para muchas aplicaciones en la industria que requieran una tasa baja en la transmisión de datos y bajo consumo de corriente.

En la figura 20 se ilustra un módulo Xbee físicamente.

Figura 20. Módulo Xbee



(electronics, 2008)

En la tabla 4 se pueden apreciar algunas características técnicas de los módulos Xbee.

Tabla 3. Características módulo Xbee

| | | |
|----------------------------|--|--|
| RENDIMIENTO | Alcance en ambientes interiores/zonas urbanas | hasta 100' (30 m) |
| | Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores | hasta 300' (100 m) |
| | Potencia de Salida en Transmisión | 1 mW (0 dBm) |
| | Régimen RF de datos | 250.000 bps |
| | Sensibilidad del Receptor | -92 dBm (1% PER) |
| Requerimientos de Potencia | Suministro de Voltaje | 2.8 – 3.4 V |
| | Corriente de Transmisión (típico) | 45 mA @ 3.3 V |
| | Corriente de Recepción (típico) | 50 mA @ 3.3 V |
| | Corriente Power-Down | < 10 μ A |
| Información | Frecuencia | ISM 2.4 GHz |
| General | Dimensiones | 0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm) |
| | Temperatura de Operación | -40 to 85° C (industrial) |
| | Opciones de Antena | Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena |
| Trabajo en Red y Seguridad | Topologías permitidas en la Red | Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh |
| | Número de Canales | 16 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable) |
| | Capas de Filtración de la Red | PAN ID & Direcciones 64-bit |

(electronics, 2008)

4.3.5 Sistema de procesamiento

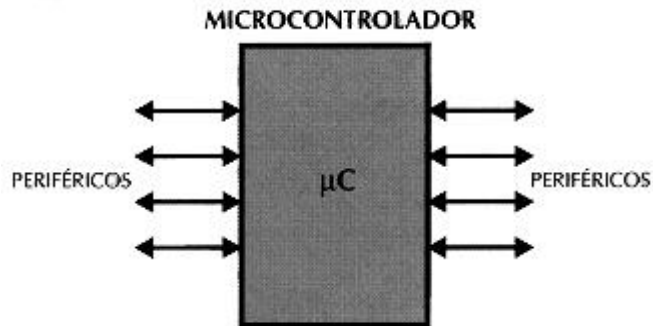
A través del sistema de procesamiento se realiza la toma, almacenamiento y empaquetado de las datos obtenidos por parte de los sensores de velocidad de viento, temperatura y humedad, luego de esto se realiza el acoplamiento con el medio de transmisión y de esta manera sean transmitidos.

El microcontrolador, es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador. Un microcontrolador es un solo circuito integrado que contiene todos los elementos electrónicos que se utilizaban para hacer funcionar un sistema basado con un

microprocesador; es decir contiene en un solo integrado la Unidad de Proceso, la memoria RAM, memoria ROM, puertos de entrada, salidas y otros periféricos(Palazzesi, 2006)

En la figura 21 se ilustra el microcontrolador como un dispositivo el cual puede tener periféricos de entrada y salida.

Figura 21. Estructura de un microcontrolador



(Palazzesi, 2006)

El microcontrolador que se utiliza en esta implementación es el PIC 16F876A de fabricante Microchip, algunas de sus características se enuncian a continuación.

Para mayor profundidad acerca de las especificaciones técnicas de este dispositivo se puede remitir al anexo D.

Memoria ROM: 8Kb

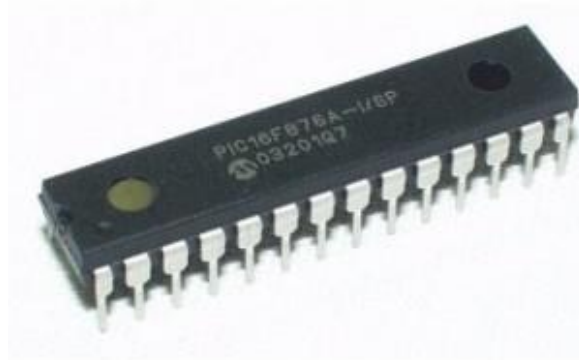
Memória RAM: 368 x 8 bytes

Pines I/O:22

Frecuencia: 20 MHz con cristal externo

La figura 23 ilustra físicamente el microcontrolador PIC 16F876A de Microchip.

Figura 22. Microcontrolador PIC 16F876A



(Briko greet, 2010)

4.4 ESTADO DEL ARTE

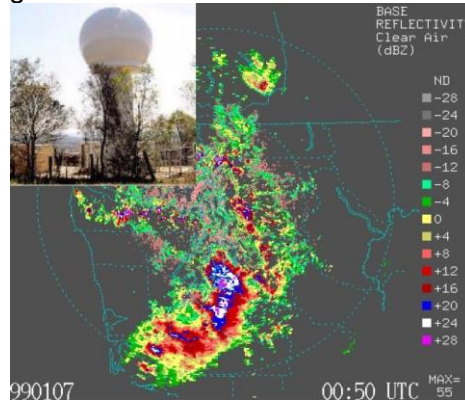
En la actualidad los instrumentos meteorológicos que se encuentran a la vanguardia en tecnología son los siguientes:

4.4.1 Sensor de viento y precipitación

“Radar metereológico, estos funcionan empleando dispersión de microondas por hidrometeoros y efecto doppler para determinar precipitación y viento(Garreaud, 2005).

En la figura 24 parte superior izquierda se ilustra el radar por dispersión de hidrometeoros.

Figura 23. Radar meteorológico



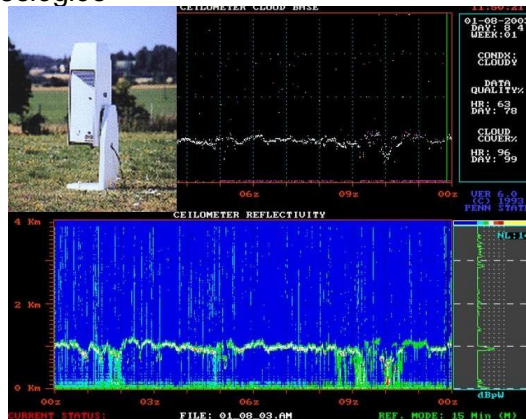
(Garreaud, 2005)

4.4.2 Sensor para nubosidad

LIDAR (laser): emplea dispersión de laser por gotas para estimar base de la nubosidad (Garreaud, 2005).

En la figura 25 parte superior izquierda se ilustra el radar por dispersión laser.

Figura 24. Sensor meteorológico



(Garreaud, 2005)

4.5 LIMITACIONES Y ALCANCES

Este proyecto es un prototipo de estación meteorológica, tiene como fin dar a conocer información de tipo climatológico de la zona norte de Bogotá para Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos de Colombia.

Los rangos de medición obtenidos del sistema para la temperatura son, de cero a cien grados centígrados, la humedad está dada en porcentaje de cero a cien, el

anemómetro realiza mediciones de la velocidad de viento hasta 50 metros por segundo y la dirección del viento es medible en los 360 grados geográficos.

El sistema tiene un circuito respaldo de energía el cual tiene una autonomía de 13 horas continuas para el funcionamiento normal.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología para cumplir el objetivo de un desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo de variables meteorológicas, se divide en las siguientes fases:

- **Requerimientos:** buscar entre los múltiples y variados tipos de sensores de temperatura, humedad y velocidad, que ofrezcan mayor calidad y seguridad en los datos obtenidos, teniendo en cuenta el costo.
- **Investigación:** Establecer mediante manuales las características técnicas de los sensores como voltajes de polarización, adquisición de datos, rangos de operación etc. De la misma forma se realizará con el medio de transmisión, documentación requerida acerca del software realizar la interfaz para el usuario, identificar el sistema de procesamiento microcontrolador que se adapte a las necesidades del proyecto y de esta manera identificar el software requerido para su programación y utilización.
- **Herramientas:** para obtener e identificar los datos obtenidos de los sensores, se utiliza el osciloscopio de los laboratorios de la universidad San Martín, para testar los rangos de funcionamiento de los sensores de temperatura, humedad y velocidad de viento para así, comparar con las características propias investigadas anteriormente en los manuales. Mediante un computador portátil se realizará la interfaz gráfica con el software adoptado. De esta manera se prosigue con la elaboración de software mediante el sistema de procesamiento con el cual se va a capturar, organizar, empaquetar y transmitir la información de los 3 sensores previamente mencionados, mediante un medio inalámbrico, desarrollando algún tipo de alimentación extra en caso de corte de suministro eléctrico.
- **Procedimientos:** se procede a recibir estos datos para ser procesados y manipulados en el computador a través del puerto RS-232, mediante una herramienta gráfica para pruebas, control, la cual va a generar una aplicación para ser vista por los usuarios, donde mostrará los datos obtenidos de los sensores velocidad de viento, temperatura, y humedad, siguiente paso será corroborar los datos obtenidos del sistema, mediante comparación con la estación automática del IDEAM.

6. DESARROLLO

Para la realización de este sistema de monitoreo del clima, el cual mide cuatro (4) variables meteorológicas: velocidad y dirección de viento, humedad y temperatura, se llevaron a cabo las siguientes etapas: instrumentos de medición lo cual hace referencia al tipo sensores implementados; procesamiento y captura de los datos, implementación de la comunicación mediante los módulos de comunicación, desarrollo de la interfaz para el usuario en Labview y por último circuito de respaldo de energía.

6.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Los instrumentos de medición para las variables meteorológicas serán dos sensores físicos; el primero, un anemómetro de ultrasonido, el cual es el encargado de obtener los datos de velocidad y dirección de viento; y el segundo, un sensor de temperatura y humedad, el cual tomará las variables restantes.

6.1.1 Anemómetro de ultrasonido

Algunas de las especificaciones más relevantes para la configuración del sensor serán la de voltaje de polarización a 12 VDC y el hyperterminal a 9600 baudios, modo full dúplex, 8 bits, no paridad, para conocer más configuraciones se puede remitir al anexo A.

6.1.2 Sensor de temperatura y humedad

El voltaje de polarización de este sensor está entre los 4.8 y 30 VDC para esta aplicación el voltaje será de 12VDC.

Se realiza la polarización del sensor con una fuente DC y a continuación se toman las primeras medidas para establecer el modo de funcionamiento como se observa en la figura 26.

Figura 25. Polarización del sensor de temperatura y humedad



En la figura 27 se observa el valor de resistencia con el multímetro, para determinar las diferentes mediciones de acuerdo a los cambios de temperatura y humedad que afectan el sensor.

Figura 26. Mediciones realizadas con el sensor



El rango de medición para el sensor de temperatura está entre cero y cien grados centígrados, la PT100 tiene una tabla la cual presenta valores de resistencia donde 0°C será igual a 100Ω(ohmios) y 100°C serán 138.5Ω(ohmios); se puede remitir a la prueba número 5 para observar la gráfica de la Pt 100.

En la tabla 5 se muestra el valor correspondiente a resistencia dependiendo la temperatura en la que se encuentre el sensor.

Tabla 4. Tabla de los valores de resistencia vs grados centígrados de la PT100

| PT 100 ohms °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| -190 | 22.78 | 22.35 | 21.93 | 21.50 | 21.08 | 20.66 | 20.23 | 19.81 | 19.38 | 18.96 |
| -180 | 27.01 | 26.59 | 26.17 | 25.74 | 25.32 | 24.90 | 24.47 | 24.05 | 23.63 | 23.20 |
| -170 | 31.24 | 30.81 | 30.39 | 29.97 | 29.55 | 29.13 | 28.70 | 28.28 | 27.86 | 27.44 |
| -160 | 35.45 | 35.03 | 34.61 | 34.19 | 33.77 | 33.34 | 32.92 | 32.50 | 32.08 | 31.66 |
| -150 | 39.65 | 39.23 | 38.81 | 38.39 | 37.97 | 37.55 | 37.13 | 36.71 | 36.29 | 35.87 |
| -140 | 43.78 | 43.37 | 42.96 | 42.54 | 42.13 | 41.72 | 41.30 | 40.89 | 40.48 | 40.06 |
| -130 | 47.90 | 47.49 | 47.08 | 46.67 | 46.26 | 45.85 | 45.43 | 45.02 | 44.61 | 44.20 |
| -120 | 52.01 | 51.60 | 51.19 | 50.78 | 50.37 | 49.96 | 49.55 | 49.14 | 48.73 | 48.32 |
| -110 | 56.11 | 55.70 | 55.29 | 54.88 | 54.48 | 54.07 | 53.66 | 53.25 | 52.84 | 52.43 |
| -100 | 60.20 | 59.79 | 59.38 | 58.98 | 58.57 | 58.16 | 57.75 | 57.34 | 56.93 | 56.52 |
| -90 | 64.23 | 63.83 | 63.43 | 63.02 | 62.62 | 62.22 | 61.81 | 61.41 | 61.01 | 60.60 |
| -80 | 68.25 | 67.85 | 67.45 | 67.05 | 66.65 | 66.25 | 65.84 | 65.44 | 65.04 | 64.64 |
| -70 | 72.26 | 71.86 | 71.46 | 71.06 | 70.66 | 70.26 | 69.86 | 69.46 | 69.06 | 68.66 |
| -60 | 76.26 | 75.86 | 75.46 | 75.06 | 74.67 | 74.27 | 73.87 | 73.47 | 73.07 | 72.67 |
| -50 | 80.25 | 79.85 | 79.45 | 79.06 | 78.66 | 78.26 | 77.86 | 77.46 | 77.06 | 76.66 |
| -40 | 84.22 | 83.83 | 83.43 | 83.03 | 82.64 | 82.24 | 81.84 | 81.44 | 81.05 | 80.65 |
| -30 | 88.18 | 87.79 | 87.39 | 87.00 | 86.60 | 86.21 | 85.81 | 85.41 | 85.02 | 84.62 |
| -20 | 92.13 | 91.74 | 91.35 | 90.95 | 90.56 | 90.16 | 89.77 | 89.37 | 88.98 | 88.58 |
| -10 | 96.07 | 95.68 | 95.29 | 94.89 | 94.50 | 94.11 | 93.71 | 93.32 | 92.92 | 92.53 |
| 0 | 100.00 | 99.61 | 99.22 | 98.82 | 98.43 | 98.04 | 97.65 | 97.25 | 96.86 | 96.47 |
| 0 | 100.00 | 100.39 | 100.78 | 101.17 | 101.56 | 101.95 | 102.34 | 102.73 | 103.12 | 103.51 |
| 10 | 103.90 | 104.29 | 104.68 | 105.07 | 105.46 | 105.85 | 106.24 | 106.63 | 107.02 | 107.41 |
| 20 | 107.79 | 108.18 | 108.57 | 108.96 | 109.35 | 109.74 | 110.12 | 110.51 | 110.90 | 111.29 |
| 30 | 111.67 | 112.06 | 112.45 | 112.84 | 113.22 | 113.61 | 114.00 | 114.38 | 114.77 | 115.16 |
| 40 | 115.54 | 115.93 | 116.32 | 116.70 | 117.09 | 117.47 | 117.86 | 118.24 | 118.63 | 119.01 |
| 50 | 119.40 | 119.78 | 120.17 | 120.55 | 120.94 | 121.32 | 121.71 | 122.09 | 122.48 | 122.86 |
| 60 | 123.24 | 123.63 | 124.01 | 124.39 | 124.78 | 125.16 | 125.54 | 125.93 | 126.31 | 126.69 |
| 70 | 127.07 | 127.46 | 127.84 | 128.22 | 128.60 | 128.99 | 129.37 | 129.75 | 130.13 | 130.51 |
| 80 | 130.89 | 131.28 | 131.66 | 132.04 | 132.42 | 132.80 | 133.18 | 133.56 | 133.94 | 134.32 |
| 90 | 134.70 | 135.08 | 135.46 | 135.84 | 136.22 | 136.60 | 136.98 | 137.36 | 137.74 | 138.12 |
| 100 | 138.50 | 138.88 | 139.26 | 139.64 | 140.02 | 140.40 | 140.77 | 141.15 | 141.53 | 141.91 |
| 110 | 142.29 | 142.67 | 143.04 | 143.42 | 143.80 | 144.18 | 144.55 | 144.93 | 145.31 | 145.69 |

(automático, 2009)

6.2 PROCESAMIENTO

El sensor de velocidad y dirección de viento arroja los datos de sus mediciones digitalmente cosa que no acontece con el sensor de temperatura y humedad que se obtienen de forma analógica, por lo que se hace necesario transformar esos valores de voltaje en datos binarios, mediante un conversor análogo a digital.

Para luego ser transmitidos a través del puerto serial del microcontrolador.

6.2.1 Conversor análogo a digital

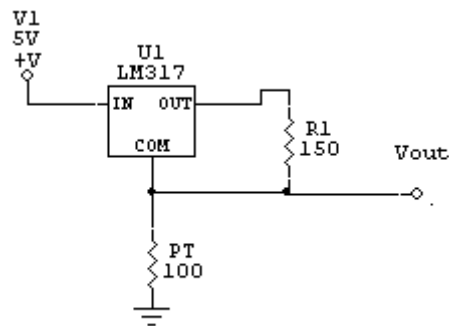
En el mundo real las señales analógicas varían constantemente, y lentamente como la temperatura. Las señales de ese tipo son difíciles de manipular, guardar y después recuperar con exactitud, si esta información analógica se convierte a información digital, se podría manipular sin problema y fácilmente.

El conversor análogo a digital realiza la relación entre la señal de entrada analógica del sensor de temperatura y humedad y la señal de salida digital a una resolución de 2 mV. Este valor se establece de dividir el voltaje de referencia de 2.046VDC entre la cantidad máxima de salida en dígitos binarios para este caso es de 1023.

6.2.2 Acondicionamiento de señal

Al realizar la prueba número 7.5, se establece un acondicionamiento de señal para mantener la linealidad de la pt 100.

Figura 27. Acondicionamiento de señal.



En la ecuación 2 se halla el valor de resistencia R1

Ecuación 2. Resistencia para circuito de acondicionamiento de señal.

$$R1 = \frac{1.25 V}{8.158 mA} = 153.2 \Omega$$

La denominada PT100, será quien presenta diferente valor de resistencia de acuerdo a la temperatura del ambiente en el momento, el sensor tomara medidas en un rango entre los 0 grados centígrados y los 100 grados centígrados, los cuales tienen valores de resistencia establecidos por fabricante que se observan

En la tabla número 5 los valores resistencia corresponde a 100Ω de 0 grados centígrados y de 138.5Ω para 100 grados centígrados.

Los puntos y_1 y y_0 corresponden al valor máximo y al valor mínimo de grados centígrados sobre los cuales la pt 100 va a censar.

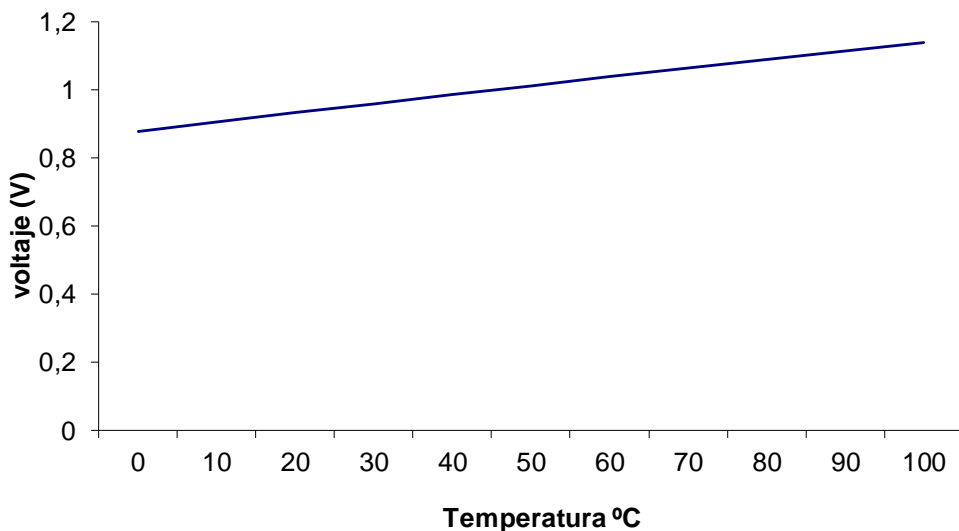
Ecuación 3. Ecuación de la pendiente

$$m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

$$m = \frac{100 - 0}{569 - 438} = 0,766$$

En la figura 28 se observa el comportamiento casi lineal que presenta la pt100.

Figura 28. Gráfica de la pt 100, voltaje de salida con respecto a la temperatura.



6.2.3 Comunicación serial

La comunicación serial se establece mediante el módulo USART del PIC. Para utilizar este módulo, primero se debe fijar los baudios a los que se transmitirá por medio del puerto serial. El datasheet del PIC 16F876A, el módulo puede usarse para transmitir tanto de manera síncrona como asíncrona. En esta aplicación el módulo se configura para transmitir y recibir datos de manera asíncrona.

El bit encargado de configurar la forma de transmitir los datos, es SYNC, el bit número 4 del registro TXSTA. Para usar el modo asíncrono, el bit SYNC debe estar en 0, los pines RC7 y RC6 respectivamente RX y TX. Para habilitar el puerto serial, existe el bit SPEN (bit 7 del registro RCSTA). Si SPEN es 1, entonces el puerto serial se habilita y los pines RC7/RX y RC6/TX son configurados para ser usados por el puerto serial, otro bit importante en la configuración del puerto serial es CREN bit 4 del registro RCSTA, que indica si la recepción de datos será continua o no valor 1 y 0 del bit, respectivamente.

Finalmente, si se desea transmitir a través del puerto serial, el bit TXEN bit 5 del registro TXSTA como 1. Si dicho bit es 0, la transmisión por el puerto serial estará deshabilitada, la tasa de transferencia. Para trabajar con una tasa determinada, existe el generador de tasas de transferencia (Baud Rate Generator, BRG).

El BRG posee dos modos, el modo de transmisión lento, y el rápido. Para utilizar el modo de transferencia lento, se debe configurar el bit BRGH = 0. Si se quiere utilizar el modo de transferencia rápido, entonces se debe configurar el bit BRGH = 1 en este caso BRGH=1.

La configuración de los periodos a los que trabajará el BRG, se escribe en el registro SPBRG, y su valor debe ser el entero más cercano a los valores indicados en la formula que se detallan a continuación.

La frecuencia a la que se encuentra trabajando PIC 4MHz y los baudios (bits por segundo) a los que desea transmitir 9600, la fórmula para hallar este valor entero se muestra en la ecuación 4.

Ecuación 4. Configuración de los baudios microcontrolador

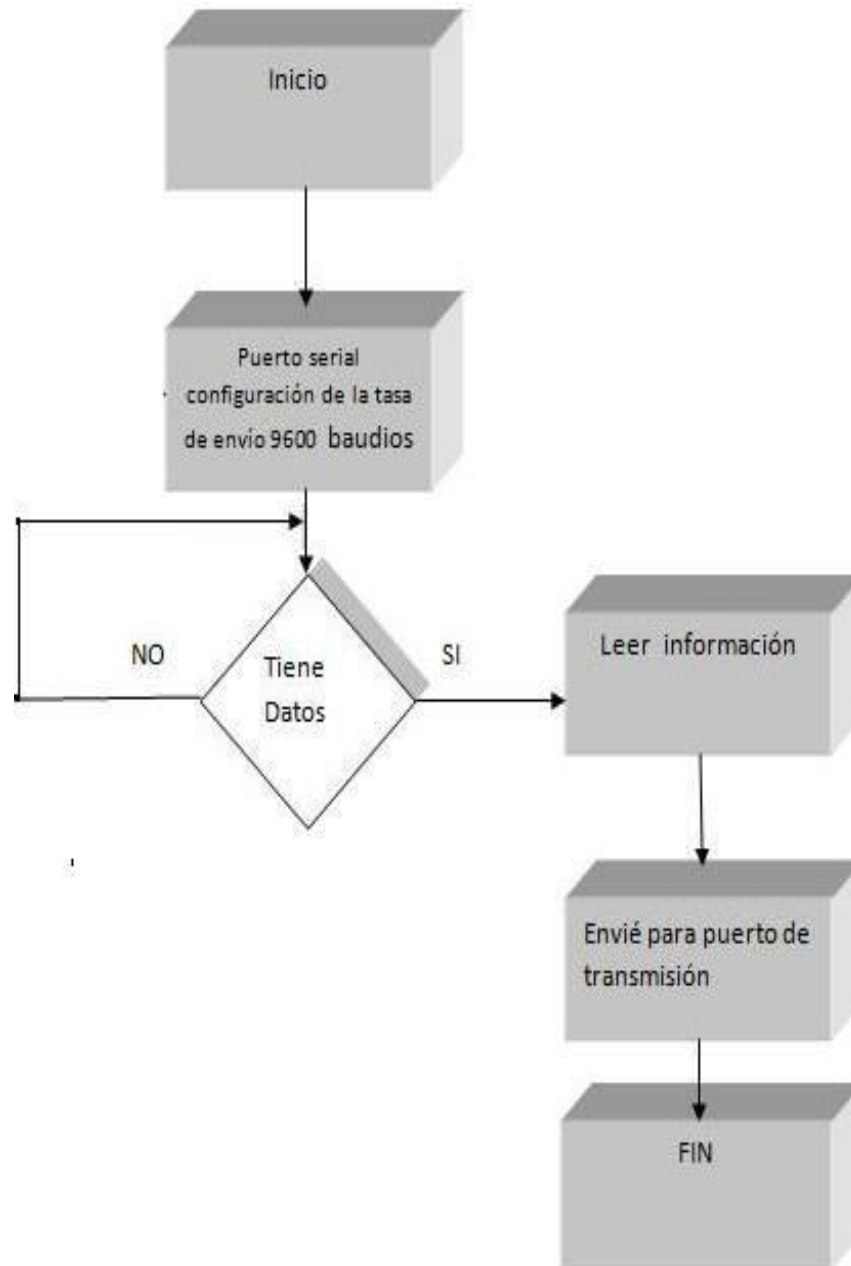
$$x = \frac{\text{frecuencia de oscilacion}}{(16 * \text{baudios}) - 1}$$

$$x = \frac{4000}{(16 * 9600) - 1}$$

$$x = 26$$

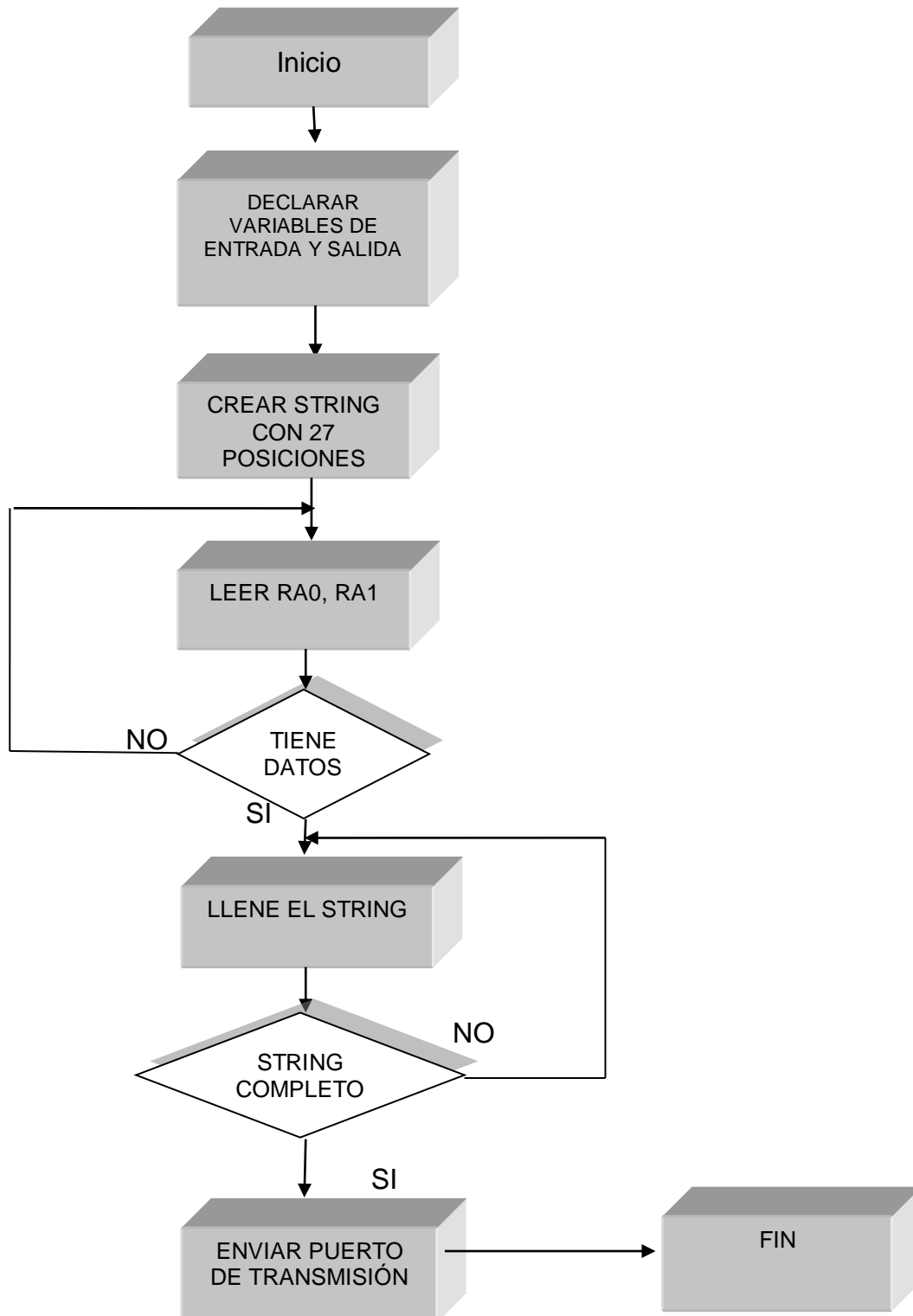
En la figura 29 se muestra el diagrama de flujo para el envío de información al puerto serial.

Figura 29. Diagrama de flujo para el envío de información al puerto serial.



En la figura 30 se muestra el diagrama de flujo para la captura de datos de los sensores de humedad y temperatura.

Figura 30. Diagrama de flujo de captura de datos



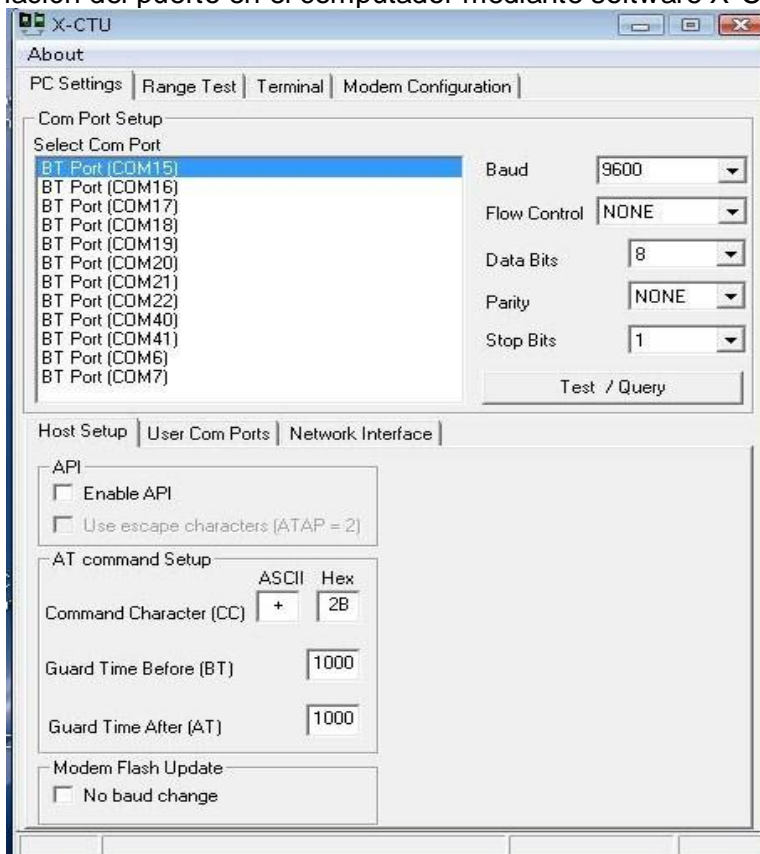
6.3 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN XBEE

Como primera medida estos módulos tienen un software propio llamado XCTU, mediante el cual se realiza la configuración de, velocidad de transferencia de datos, asignación del puerto para toma de datos, configuraciones de direcciones de coordinador y el router mediante las direcciones DH, DL, SH y SL y pruebas de transmisión y recepción de datos entre otros.

A continuación se muestra la interfaz que se utilizó para la configuración y su posterior implementación.

Con este menú se fija velocidad a 9600 baudios, y se designa cual de los 2 módulos se comporta como coordinador y como router como se observa en la figura 31.

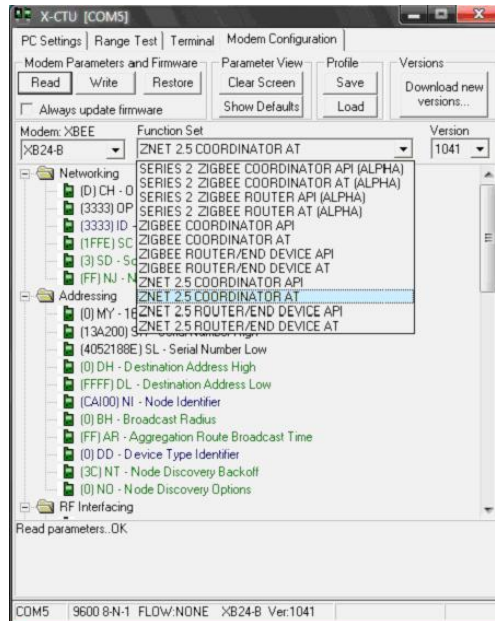
Figura 31. Asignación del puerto en el computador mediante software X-CTU



(XCTU , 2010)

En figura 32 mediante el software xctu se establecen cual de los módulos va actuar como coordinador.

Figura 32. Asignación de uno de los módulos como coordinador



(XCTU , 2010)

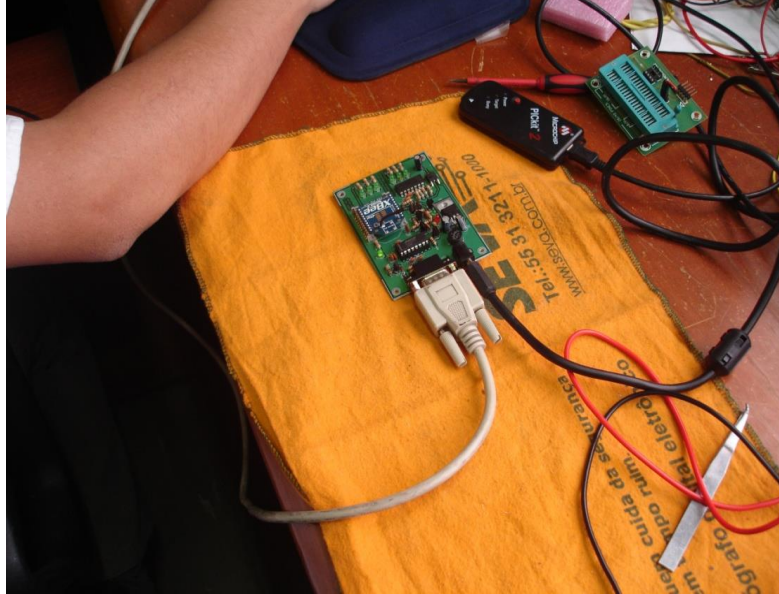
En la figura 33 se observa la tarjeta de programación del módulo de comunicación a través del cable serial a USB para la configuración por medio del software XCTU.

Figura 33. Prueba con la tarjeta de configuración módulo coordinador.



En la figura 34 se observa la tarjeta de programación del módulo de comunicación a través del cable serial para la configuración por medio del software XCTU.

Figura 34. Prueba con la tarjeta de configuración módulo router.



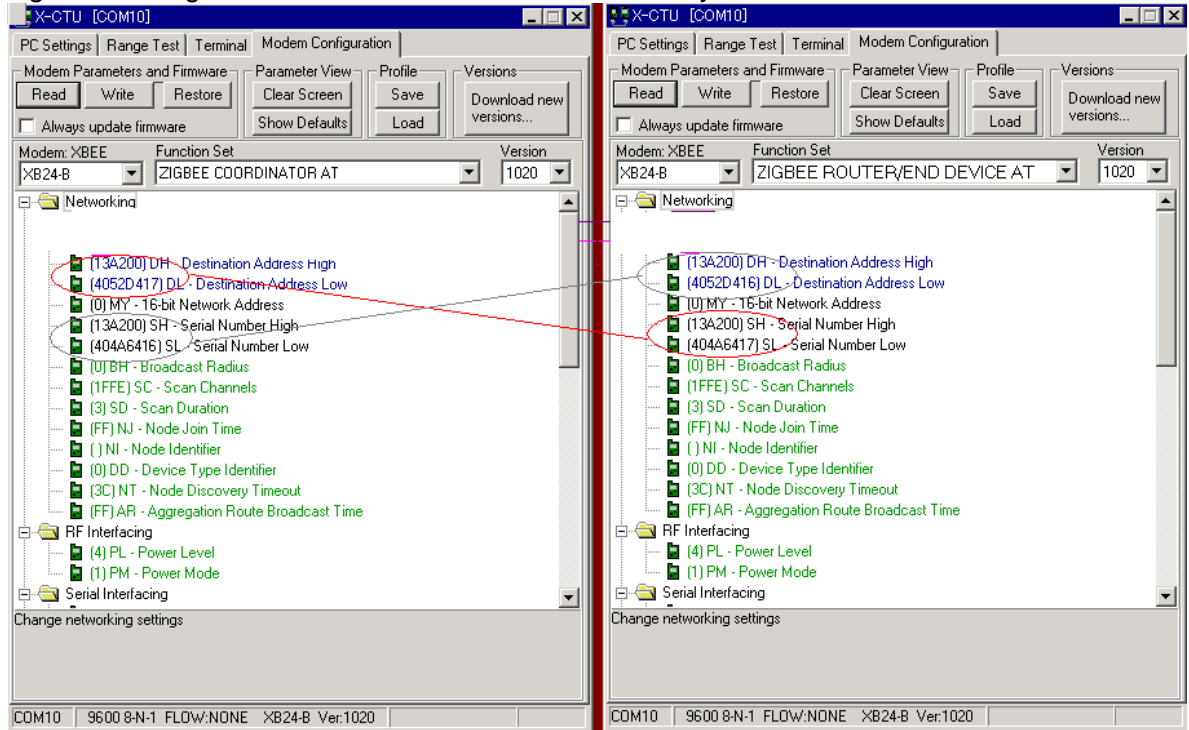
Los módulos Xbee tienen múltiples aplicaciones como se menciona anteriormente, en esta aplicación en particular la conexión ideal es transparente punto a punto para reemplazar la comunicación serial por un cable. Esta viene por defecto y es la manera más simple de configurar el módem. Consiste en que todo lo que entre por el pin (DIN, pin 3), será enviado al módulo deseado, y lo recibido en el módulo, es enviado devuelta por el mismo puerto (DOUT, pin2).

En modo de conexión punto-punto, el procedimiento a realizar será asignar las direcciones DH(direction high) y DL(direction low) del coordinador a las direcciones SH(serial high) y SL(serial low) del router, las cuales se encuentran por defecto en los módulos, en el espacio MY se asigna una dirección de red llamada PAN ID , la cual será el identificador de red para establecer comunicación entre los módulos asociados a este PAN ID.

En este modo, el módulo receptor del mensaje envía un paquete al módulo de origen llamado ACK (viene de Acknowledgment) que indica que el mensaje se recibió correctamente, de lo contrario pide retrasmisión

En la figura 35 se observa cómo se deben asignar las direcciones para establecer la comunicación.

Figura 35. Asignación de las direcciones DH, DL, SH y SL



(XCTU , 2010)

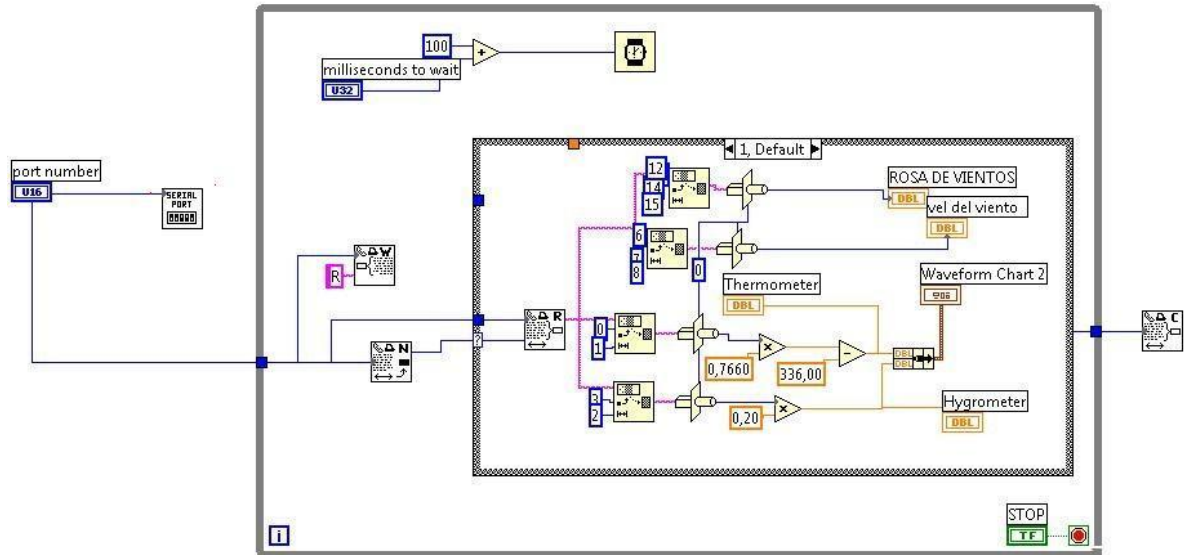
6.4 INTERFAZ

Desarrollado por National Instrument, es una herramienta utilizada para la adquisición de datos y control. Su entorno de programación a diferencia de otros lenguajes como visual basic o C, es que deja de ser escrito para ser totalmente gráfico llamado lenguaje G, en el cual un diagrama de flujo de datos realiza las funciones del código fuente.

Labview se estructura en dos partes, la primera una interfaz interactiva (panel frontal), en la cual el usuario encuentra botones, indicadores, pulsadores, etc. Para manipular la aplicación y la segunda el diagrama de bloques o código fuente en cual recibe las instrucciones de la interfaz interactiva las cuales fueron ingresadas por teclado o mouse (comunidad virtual labview, 2008).

En la figura 36 se observa el diagrama de bloques en la cual se desarrolla la aplicación mediante iconos e intersecciones que permiten en el control de la aplicación para obtener los resultados esperados.

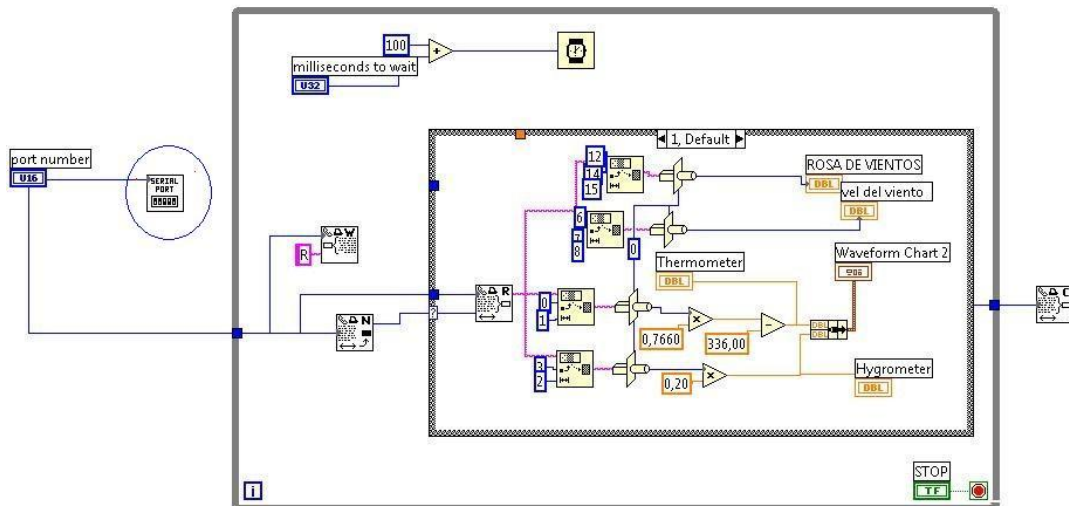
Figura 36. Ventana de desarrollo Labview.



(National instruments, 2008)

Lo primero que se realiza en la ventana de desarrollo es llamar la herramienta serial port, por medio de esta se permite la entrada de los datos del string creado llamado temp, el cual contiene los 24 registros con la información de los sensores como se observa en la figura 37.

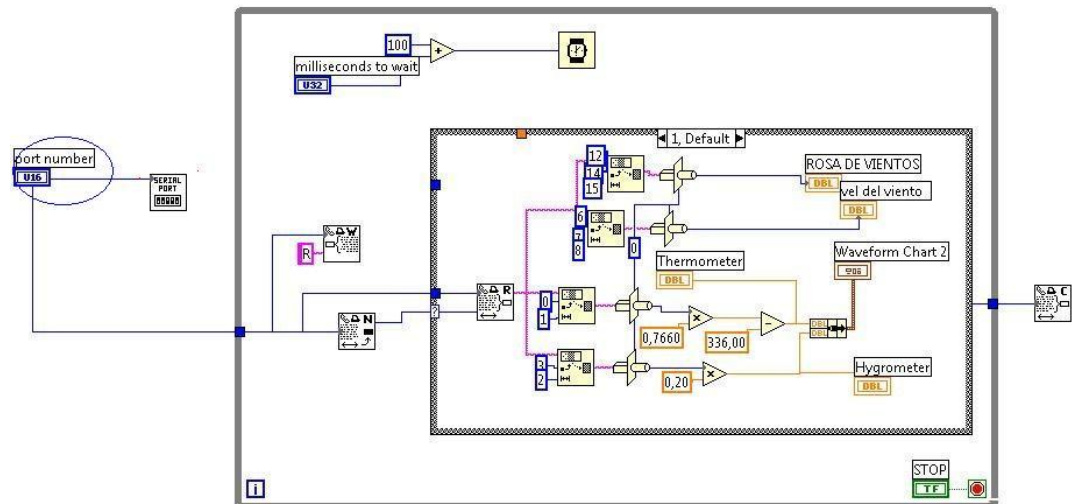
Figura 37. Serial port



(National instruments, 2008)

La siguiente herramienta es port number. Esta permite seleccionar uno de los múltiples puertos que tiene el computador para la adquisición de datos a través de puerto serial como se observa en la figura 38.

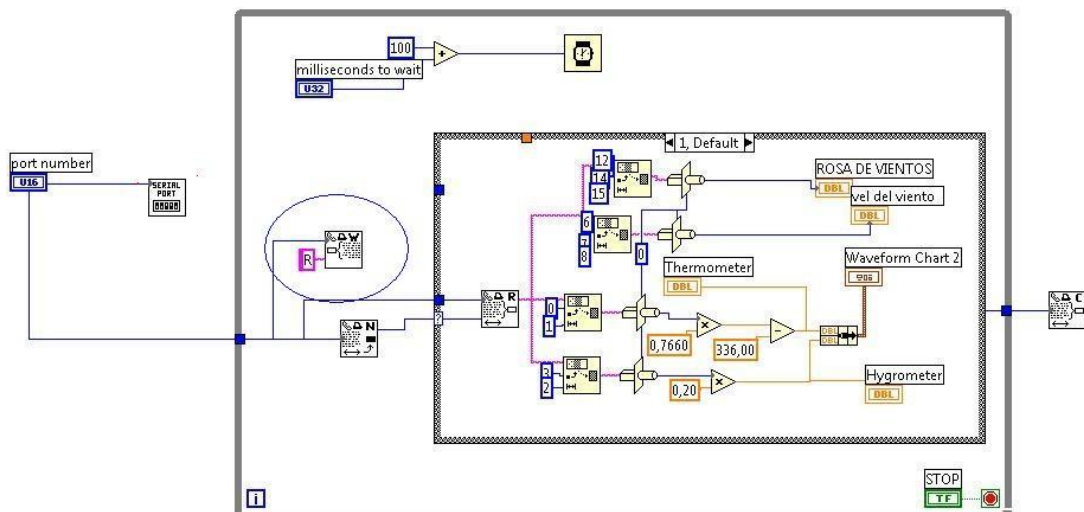
Figura 38. Port number



(National instruments, 2008)

Serial Port Write en este caso muestra un carácter R, indicando que el puerto serial presenta algún problema o, el string temp no contiene información como se observa en la figura 39.

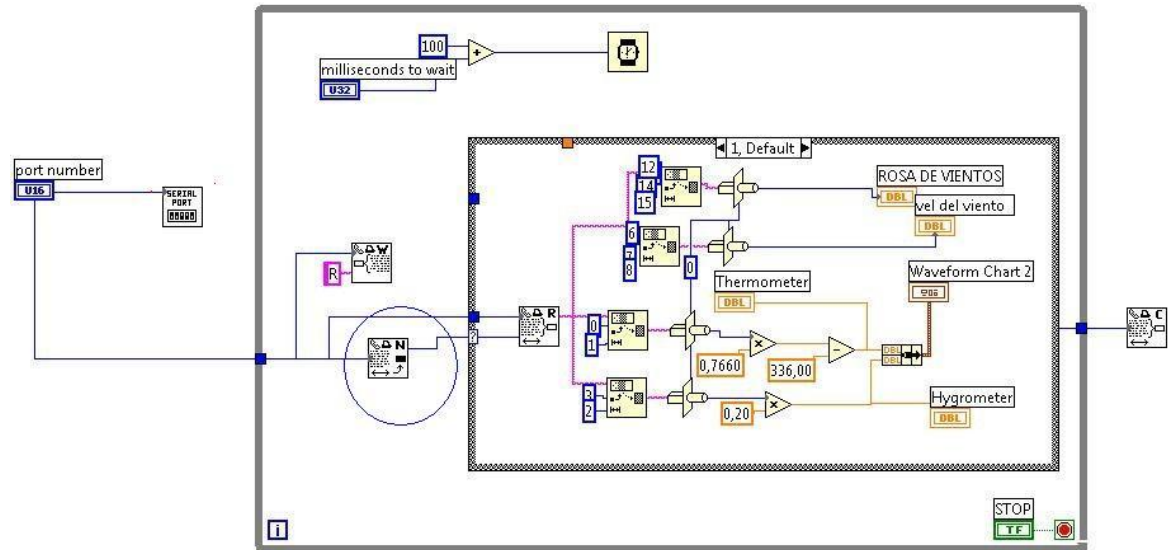
Figura 39. Serial port write



(National instruments, 2008)

Byte at serial esta herramienta cuenta el numero de bytes que está entrando del puerto serial para ser utilizado posteriormente por el comando serial port read como se muestra en la figura 40.

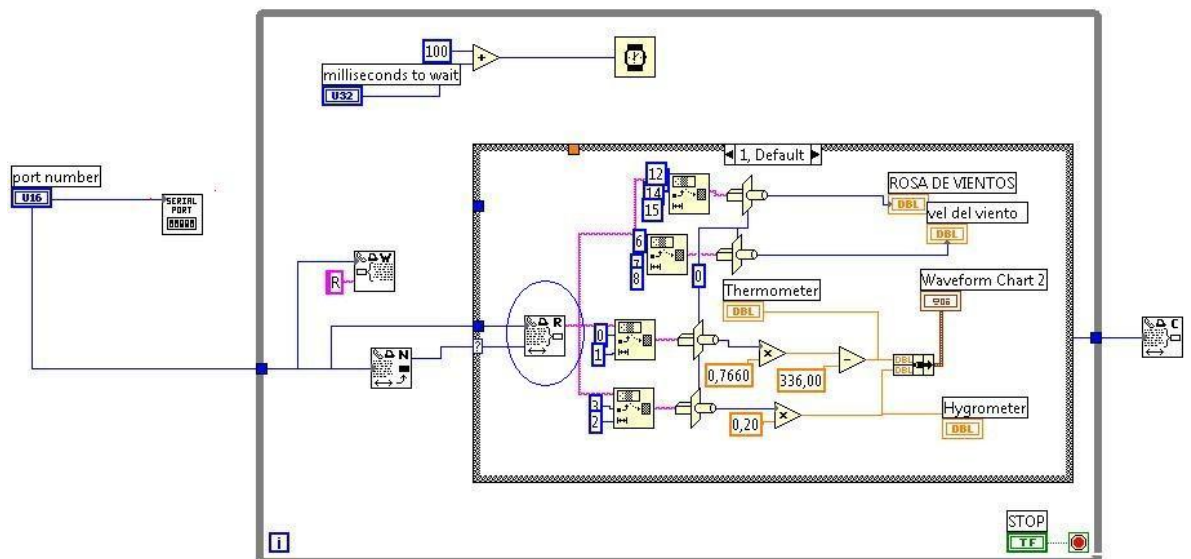
Figura 40. Byte at serial



(National instruments, 2008)

Serial port read permite leer los bytes que fueron contados por la herramienta byte at serial en este caso tomará el string temp con los registros de información de los sensores como se muestra en la figura 41.

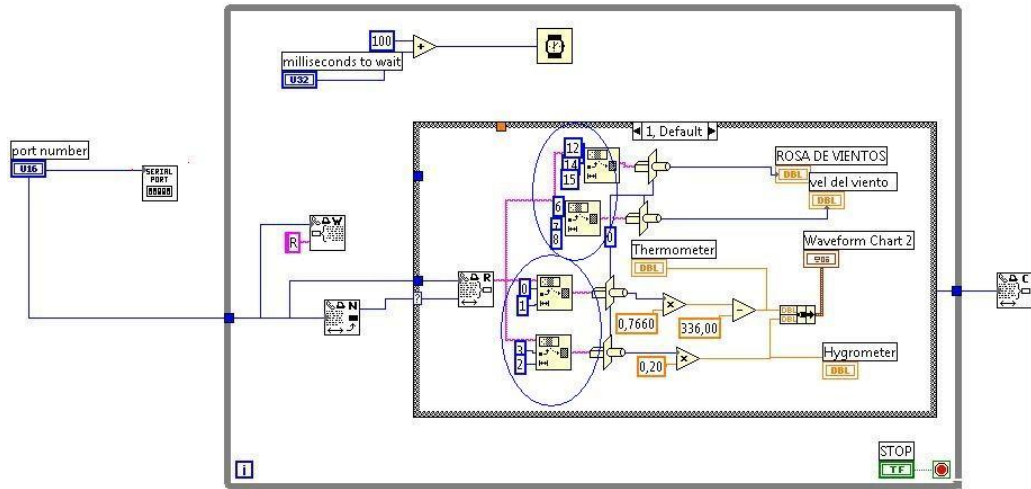
Figura 41. Serial port read



(National instruments, 2008)

String subset, esta herramienta toma el string temp, lo particiona en sub-string indicando las posiciones de los registros de información mediante los recuadros azules, como se muestra en la figura 42.

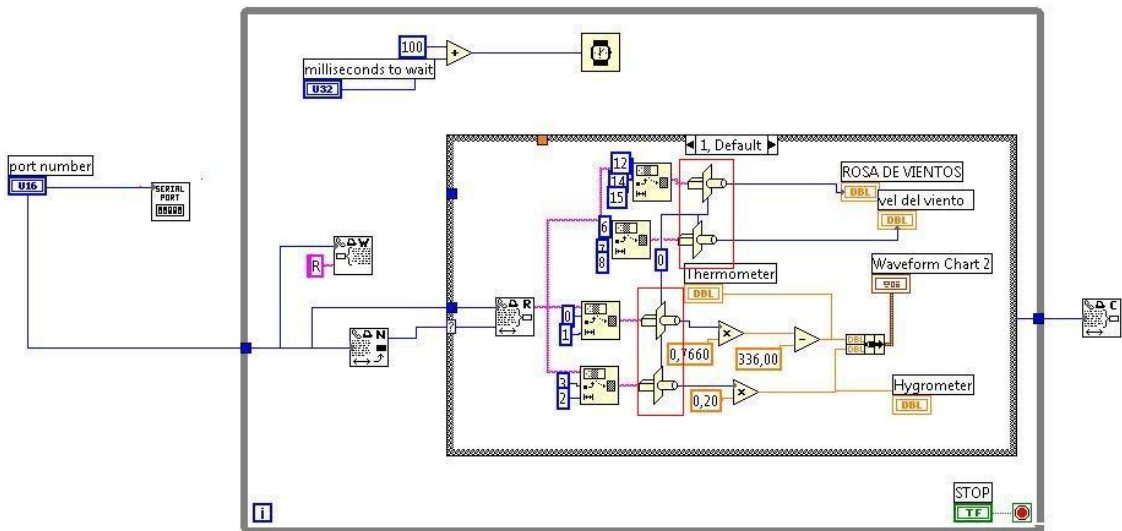
Figura 42. String sub-set



(National instruments, 2008)

Type cast convierte los sub-string obtenidos del string temp en datos independientes para ser leídos y distribuidos para el sensor de temperatura, sensor de humedad, sensor de velocidad y dirección, esto puede realizarse de forma numérica como se muestra en la figura 43.

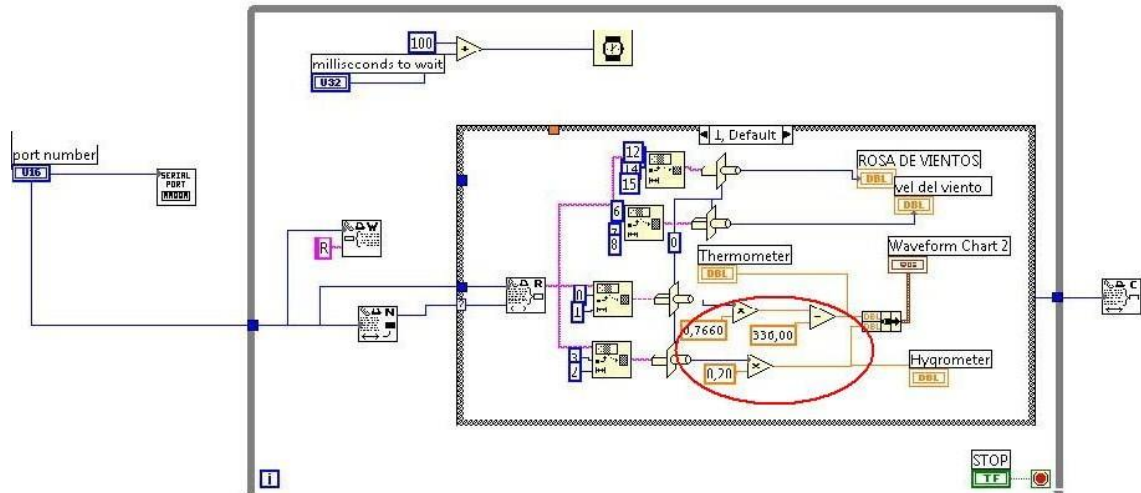
Figura 43. Type cast



(National instruments, 2008)

Operadores matemáticos se realizan en esta ventana ya que se debe ingresar datos importantes como son la pendiente multiplicada por el dato obtenido menos el punto de corte esto se realiza en el sensor de temperatura para linealidad de la pt 100 como se muestra en la figura 44.

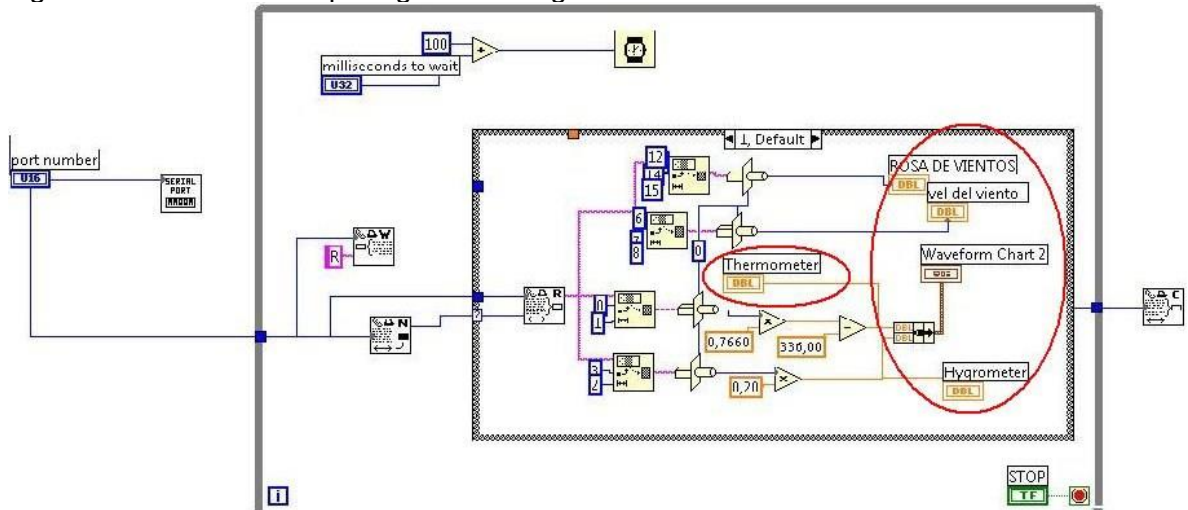
Figura 44. Operadores matemáticos



(National instruments, 2008)

Herramientas gráficas que permiten observar los datos obtenidos de una forma más agradable y entendible para el usuario en este caso serán las gráficas de humedad y temperatura, rosa de vientos y velocidad de viento como se muestra en la figura 45.

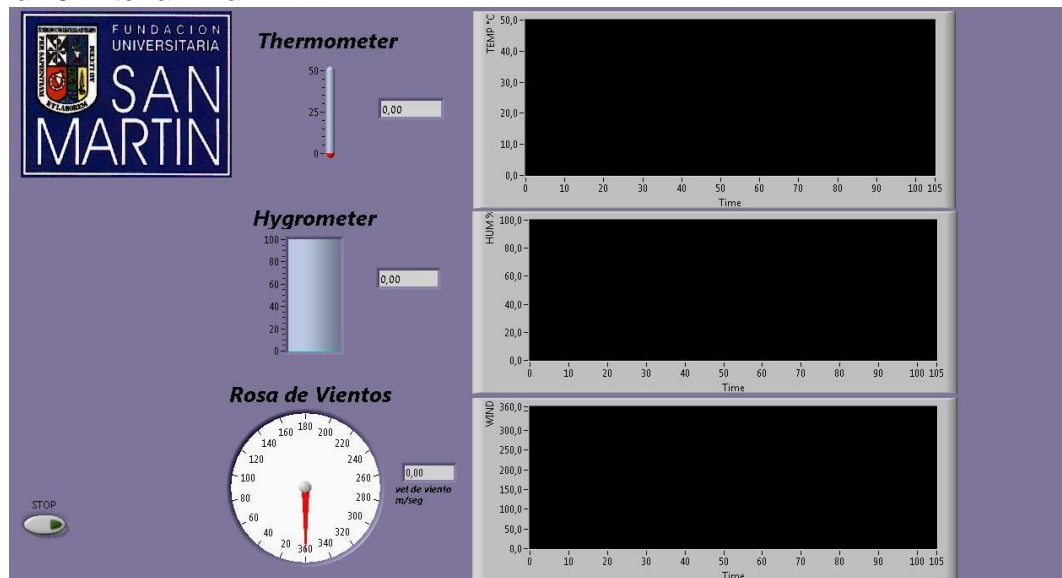
Figura 45. Herramientas para generar los gráficos de las 4 variables



(National instruments, 2008)

Interfaz final que permite al usuario observar de manera numérica y gráfica los datos obtenidos de los sensores de humedad, temperatura, velocidad y dirección de viento, permite ajustar velocidad de visualización de las gráficas, asignar el puerto por el cual se va a recibir la información y un botón de pausa para la aplicación como se muestra en la figura 48.

Figura 48. Interfaz final



(National instruments, 2008)

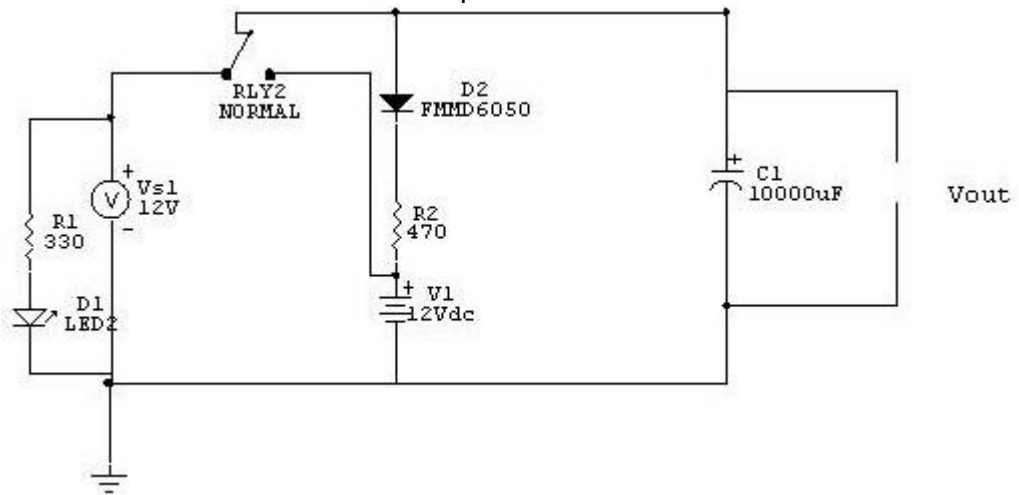
6.5 SISTEMA DE ALIMENTACION DE RESPALDO

Este circuito tiene como objetivo conmutar en forma automática la alimentación de 12 VDC suministrada mediante un transformador el cual permanece conectado a la red eléctrica (120 Vrms) a la alimentación de DC (batería 12 VDC), para que un sistema con microcontrolador PIC siga funcionando cuando se corte la alimentación de AC, sin perder los datos almacenados en la RAM, o reinicio de los sensores etc. Además cuando la alimentación de AC vuelva, este circuito conmuta de DC a AC continuando con la carga de la batería.

El circuito está comprendido por un relé encargado de realizar la conmutación de alimentación alterna a alimentación DC de batería, el circuito consta de un diodo conectado en directo para permitir paso de voltaje para carga de la batería, cuando el relé conmuta a estado continuamente abierto el diodo impide el paso del voltaje a otros componentes del circuito, el condensador con una capacitancia de 10.000 μ F, proporciona energía al sistema.

La figura 49 ilustra el circuito de alimentación y respaldo.

Figura 49. Circuito de alimentación de respaldo.



7. PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1 COBERTURA DE LOS MÓDULOS

7.1.1 Objetivo

Establecer la distancia máxima a la cual los módulos realizan la transmisión de los datos, se espera que esta distancia sea igual o parecida a las especificaciones de fabricante las cuales son de 100 metros con línea de vista y 30 metros en interior.

7.1.2 Recursos

Computador portátil, circuito de transmisión y circuito de recepción, Labview.

7.1.3 Procedimiento

El procedimiento es realizar la comunicación con línea de vista desde 5 metros y alejarse cada 10 metros del transmisor observando mediante la aplicación en Labview, que acontece con los datos enviados del transmisor al receptor

7.1.4 Desarrollo

En esta etapa se realiza el procedimiento para una cobertura con línea de vista y con obstáculos físicos, comenzando con la prueba con línea de vista.

En los primeros 40 metros los datos se observan de manera continua y clara, a partir de los 45 metros en los datos se observan de retardos los cuales no permiten una visualización clara en la interfaz, al llegar a una distancia de 50 metros el sistema no presenta ningún tipo de información enviada desde la circuito transmisor.

Se procede a realizar la prueba con obstáculos, se inicia la transmisión de los datos del punto de monitoreo el cual está ubicado en la terraza piso 8 del edificio a 20 metros del suelo y el punto de recepción de datos el cual se ubica en un comienzo a una distancia de 5 metros, en esta distancia se observa mediante la interfaz que la transmisión de los datos es continua y sin ningún tipo de pausa, se procede a descender cada 2,50 metros, a los 10 metros los datos son recibidos lentos y pausadamente y en 15 metros no observa ningún tipo de tipo de dato.

Se espera que el alcance de los módulos presente distancias iguales o parecidas a las indicadas por el fabricante, además que la visualización fuera constante dentro distancias anteriormente dichas.

7.1.5 Conclusión

En conclusión estas distancias cobertura dependen de la gran cantidad de obstáculos que se encuentran en los 10 metros como muros, ruido, interferencia, la caja metálica que contiene el módulo puede presentar un fenómeno llamado jaula de Faraday, el medio ambiente es determinante en una comunicación inalámbrica, las características físicas. Al incrementar la distancia el modulo de transmisión tiene que enviar en repetidas ocasiones la información presentando retardos en la transmisión.

7.2 AUMENTO DE COBERTURA ENTRE LOS MÓDULOS

7.2.1 Objetivo

Incrementar la cobertura de los módulos de transmisión.

7.2.2 Recursos

Cable coaxial, conector tipo N.

7.2.3 Procedimiento

Extraer la antena del módulo transmisor Xbee, realizar una extensión y fijarla fuera de la caja metálica, realizando de nuevo la prueba de transmisión y observar si presenta cambios en el alcance de los módulos, se espera que esta incremente.

7.2.4 Desarrollo

La antena de módulo Xbee, es desoldada para realizar un acople con el conector tipo N al cable coaxial, seguidamente el cobre del medio de transmisión es soldado donde se encontraba la antena del módulo y el blindaje del cable conectado a la caja metálica.

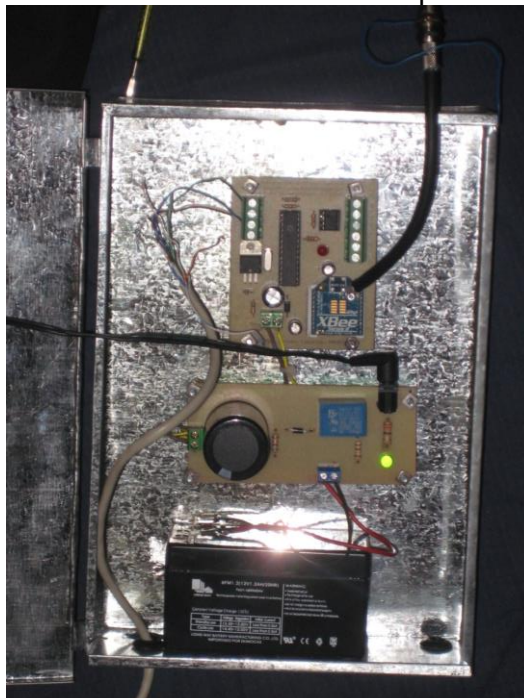
En la figura 50 se ilustra el acople que se realizo con cable coaxial al módulo Xbee.

Figura 50. Acople realizado para el modulo de TX



En la figura 51 se muestra el circuito con el acople final, para realizar nuevas mediciones.

Figura 51. Dentro del sistema de control se instala el acople



Se efectúan las pruebas realizadas en el numeral 7.1 y se observan posibles cambios.

7.2.5 Conclusión

La cobertura de los módulos aumento con línea de vista de 50 metros a 60 metros y con obstáculos de 10 metros a 12 metros, al extraer la antena de la caja metálica el efecto Faraday desaparece incrementando la cobertura de los módulos.

7.3 COMPARACIÓN DATOS

7.3.1 Objetivo

Corroborar los datos obtenidos de las variables temperatura, humedad, velocidad y dirección de viento, se espera que los datos obtenidos de la estación implementada sean confiables.

7.3.2 Recursos

Sistema implementado, instalaciones IDEAM, estación automática.

7.3.3 Procedimiento

Armar la estación desarrollada y medir las variables, ubicándose en paralelo con la estación automática, tomando los datos en horas establecidas debido a que la estación automática arroja los datos cada hora.

7.3.4 Desarrollo

Se realizo en las instalaciones del IDEAM a partir de las 9:00 am de la mañana hasta las 12:00 pm del medio día, con intervalos de cada hora, en los cuales los datos de los sensores de humedad, temperatura, dirección y velocidad de viento fueron tomados para la posterior comparación con la estación automática del IDEAM.

En la figura 52 se ilustra de izquierda a derecha la estación implementada seguida de la estación automática.

Figura 52. Estaciones en paralelo para corroborar datos en el IDEAM



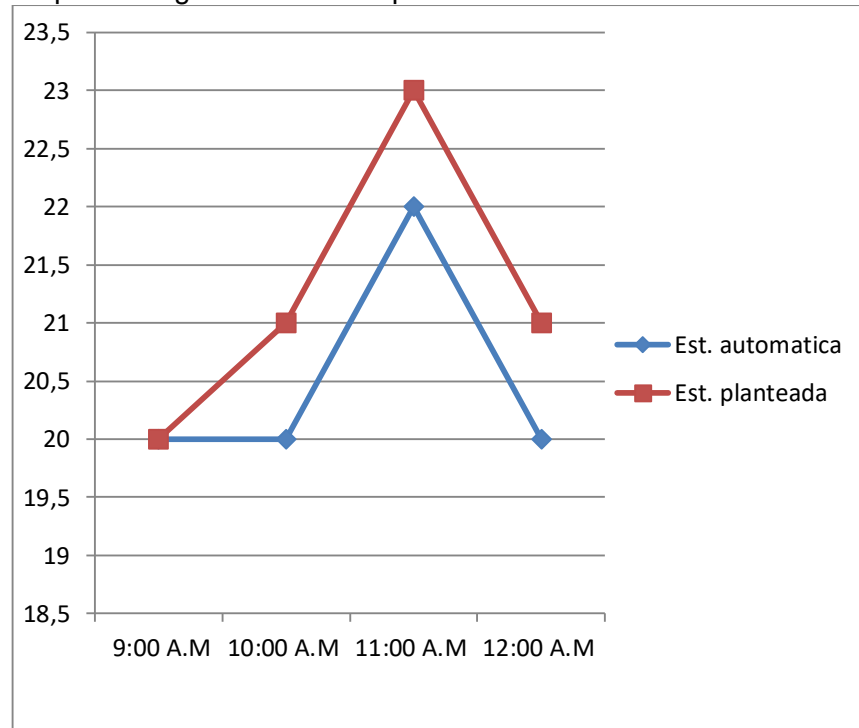
En la tabla 6 se muestra la comparación de los datos obtenidos de temperatura de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Tabla 5. Comparación de datos de temperatura °C.

| Fecha/hora | Estación automática | Estación planteada |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 19/05/2010 9:00 | 20.2 | 20.5 |
| 19/05/2010 10:00 | 20.5 | 20.8 |
| 19/05/2010 11:00 | 22.08 | 22.10 |
| 19/05/2010 12:00 (IDEAM, 1998) | 20.4 | 20.7 |

En la figura 53 se ilustra la comparación de los datos de temperatura de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Figura 53. Comparación gráfica de la temperatura



(IDEAM, 1998)

En la tabla 7 se muestra la comparación de los datos obtenidos de humedad de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

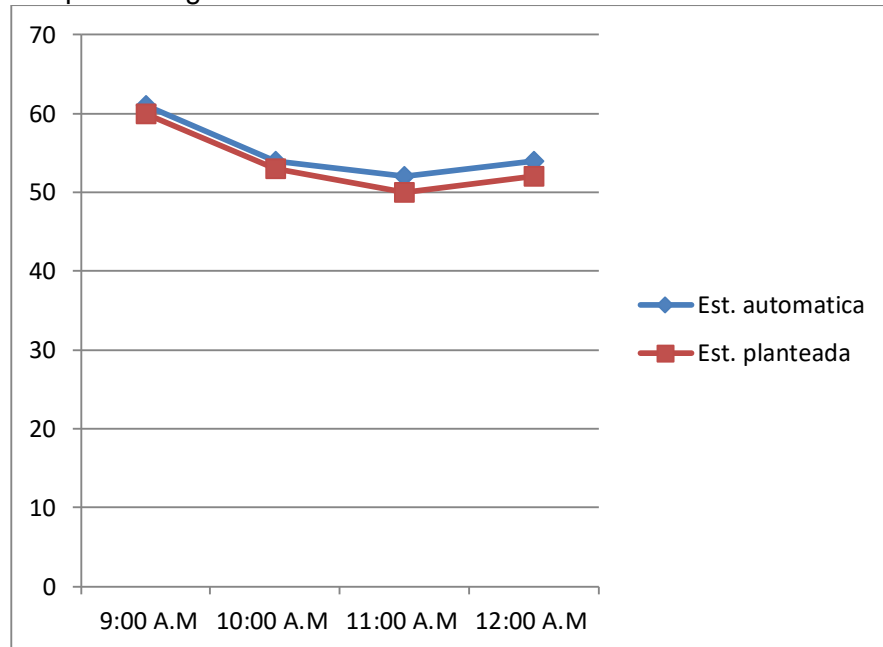
Tabla 6. Comparación de datos de humedad %.

| Fecha/hora | Estación automática | Estación planteada |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 19/05/2010 9:00 | 61 | 60 |
| 19/05/2010 10:00 | 54 | 53 |
| 19/05/2010 11:00 | 52 | 50 |
| 19/05/2010 12:00 | 54 | 52 |

(IDEAM, 1998)

En la figura 54 se ilustra la comparación de los datos de humedad de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Figura 54. Comparación gráfica de la humedad



(IDEAM, 1998)

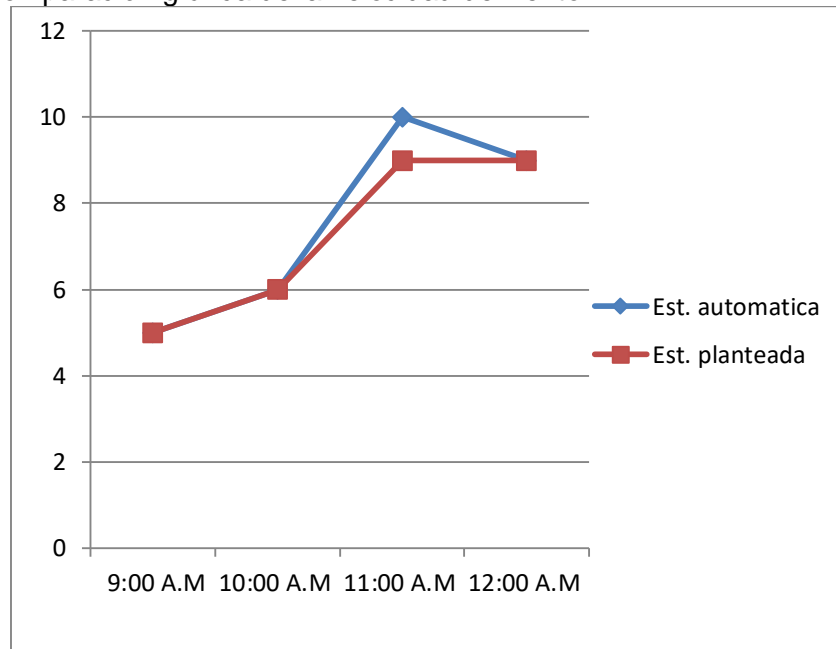
En la tabla 8 se muestra la comparación de los datos obtenidos de velocidad de viento de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Tabla 7. Comparación de datos velocidad de viento m/seg.

| Fecha/hora | Estación automática | Estación planteada |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 19/05/2010 9:00 | 5,3 | 5.1 |
| 19/05/2010 10:00 | 6,3 | 6.4 |
| 19/05/2010 11:00 | 9,7 | 9.5 |
| 19/05/2010 12:00 | 9,3 | 9.5 |

En la figura 55 se ilustra la comparación de los datos de velocidad de viento de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Figura 55. Comparación gráfica de la velocidad de viento



(IDEAM, 1998)

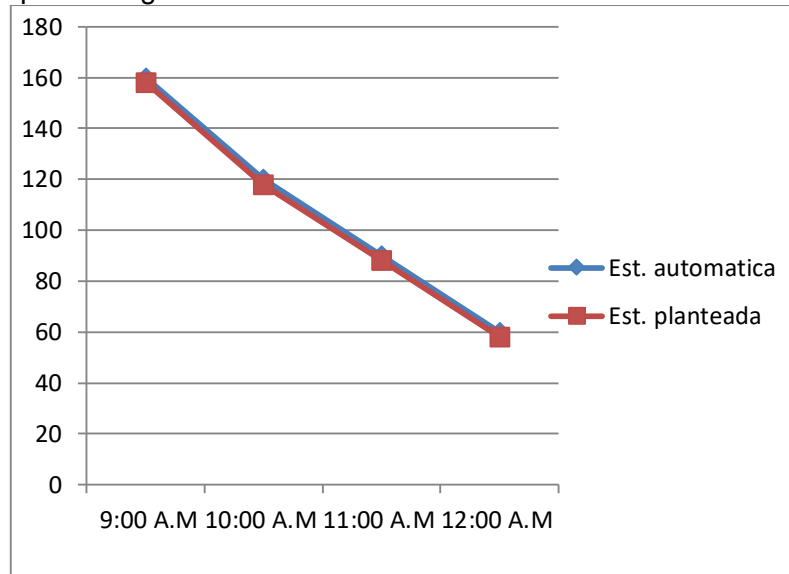
En la tabla 9 se muestra la comparación de los datos obtenidos de dirección de viento de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Tabla 8. Comparación de datos dirección de viento en grados.

| Fecha/hora | Estación automática | Estación planteada |
|------------------|---------------------|--------------------|
| 19/05/2010 9:00 | 160 | 158 |
| 19/05/2010 10:00 | 120 | 118 |
| 19/05/2010 11:00 | 90 | 88 |
| 19/05/2010 12:00 | 60 | 58 |

En la figura 56 se ilustra la comparación de los datos de dirección de viento de la estación implementada con la estación automática del IDEAM.

Figura 56. Comparación gráfica de la dirección de viento



(IDEAM, 1998)

7.3.5 Conclusión

Las variaciones observadas en los datos se debe a materiales de construcción de la implementación, puesto que tiene materiales como el hierro que pueden absorber el calor y esto altera las mediciones, los anemómetros presentan diferentes alturas, el viento varía en su velocidad debido a colisiones con obstáculos presentes en las instalaciones del IDEAM.

7.4 RENDIMIENTO DE LA BATERÍA

7.4.1 Objetivo

Establecer el tiempo de duración de la batería después de un corte de suministro eléctrico, realizando transmisiones de datos ininterrumpidamente.

7.4.2 Recursos

Multímetro, circuito de transmisión, circuito de recepción, Labview, batería.

7.4.3 Procedimiento

El procedimiento a llevar a cabo, es cargar en su totalidad la batería y luego de esto proceder a desconectar la alimentación eléctrica, mediante la ayuda de un multímetro medir la corriente total que consume el sistema, con lapsos de una hora, observando que ocurre con la transmisión de los datos mediante Labview.

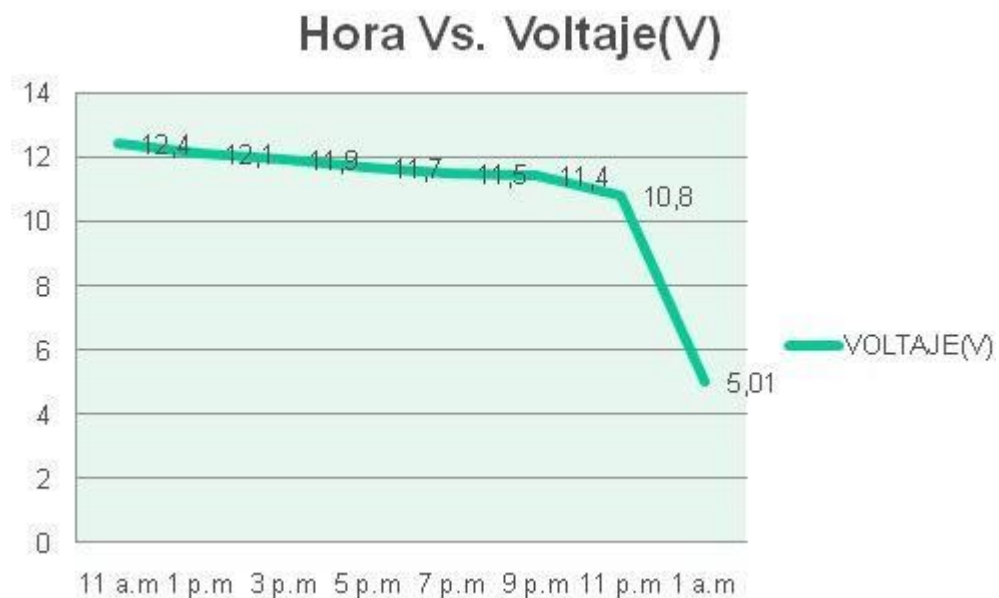
7.4.4 Desarrollo

La prueba inicio a las 11:00 horas del día 13 de mayo del 2.010, la batería se cargo en su totalidad con un voltaje de 12 VDC y una corriente de 1300mA (miliamperios), se desconecta el sistema de la alimentación eléctrica y con ayuda de un multímetro se mide la corriente de consumo del sistema la cual es de 100mA (miliamperios).

Se procede a tomar mediciones de corriente y voltaje sobre la batería cada hora, para obtener los valores en los cuales el sistema deja de transmitir.

En la figura 57 se ilustra el comportamiento del voltaje de la batería a partir de las 11:00 am hasta la 1 am.

Figura 57. Comportamiento del voltaje de la batería con respecto al tiempo.



En la figura 58 se ilustra el comportamiento de la corriente de la batería a partir de las 11:00 am hasta la 1 am.

Figura 58. Comportamiento de la corriente de la batería con respecto al tiempo.



7.4.5 Conclusión

Los resultados obtenidos arrojan que sistema pueden transmitir datos durante 12 horas seguidas esto quiere decir que a las 12:00 horas la corriente y el voltaje no eran suficientes para alimentar el sistema, el voltaje a esta hora era de 8 VDC y la corriente de 50mA.

7.5 OBSERVAR LINEALIZACIÓN DE LA PT 100

7.5.1 Objetivo

Observar el comportamiento que presenta la pt100 y concluir si es lineal.

7.5.2 Recursos

Multímetro, PT100, cautín.

7.5.3 Procedimiento

Con la ayuda de un cautín calentar la pt 100 hasta rangos de temperatura de cero a 100 grados centígrados y con un multímetro obtener el valor de resistencia.

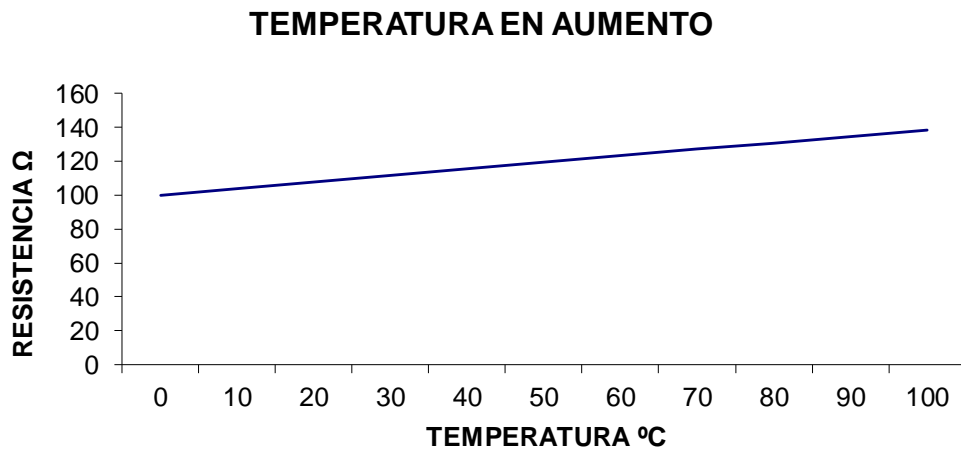
Luego al disminuir la temperatura se realizan la mediciones de resistencia en los para luego realizar un gráfico y observar el comportamiento.

7.5.4 Desarrollo

Los valores de temperatura en los cuales se realiza la medición de la resistencia serán de 0 hasta 100 grados centígrados con intervalos de 10 grados. Estos valores serán los mismos para el aumento como para la disminución en la temperatura.

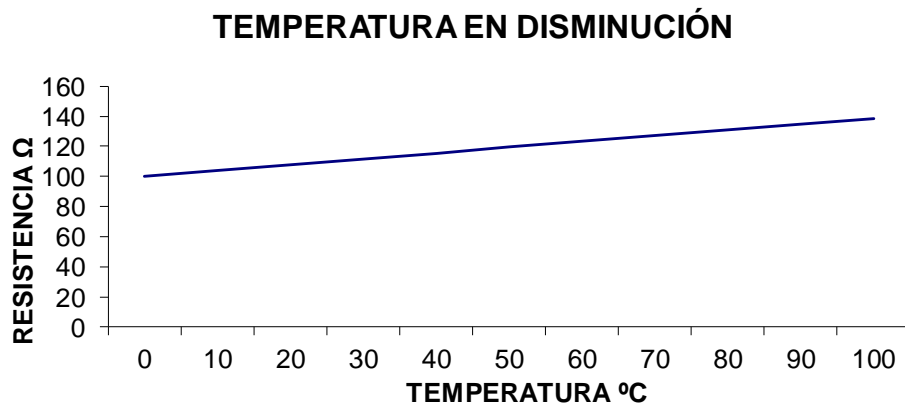
En la figura 59 se observa el comportamiento que presenta la PT100 al aumento de temperatura.

Figura 59. Gráfica de aumento de temperatura en la pt 100.



En la figura 63 se observa el comportamiento que presenta la PT100 a la disminución de temperatura.

Figura 60. Gráfica de disminución de temperatura en la pt100.



7.5.5 Conclusión

Para los rangos establecidos de temperatura se realizaron mediciones de resistencia, al aumentar y disminuir la temperatura estos valores fueron los mismos, lo que significa que la PT 100 se puede considerar como lineal.

8. CONCLUSIONES

- El envío de datos se puede realizar en cualquier dirección, bajo cualquier condición climática siempre y cuando la distancia entre el equipo remoto (estación) y el equipo base (computador) no superen la cobertura de los módulos de comunicación en este caso 60 metros con línea de vista y de 12 metros con obstáculos.
- Los módulos Xbee resultan una solución viable debido a que su consumo de corriente para un uso constante al enviar los datos es de 40mA contra otros módulos como RPL-434 y TLP-434 donde su consumo es de 200mA, al ser un sistema que puede funcionar con baterías es de vital importancia el consumo de cada uno de los componentes del sistema para una buena autonomía del sistema.
- Dependiendo el ambiente, cantidad, y características físicas de los obstáculos entre el sistema remoto y sistema base, la distancia de cobertura de los módulos de comunicación se ve afectada.
- Existe una gran cantidad de sensores de humedad en el mercado, para elegir el más adecuado se deberán tener en cuenta varios factores, como rangos de medición, robustez, durabilidad, repuestos, precisión, precio, etc. Y optar por el más apropiado para el tipo de aplicación en la cual se va a utilizar.

9. RECOMENDACIONES

Los sistemas de monitoreo del clima están en constante evolución, dependiendo de los nuevos equipos e instrumentos que la tecnología aporte es por esto que siempre necesitan nuevas etapas de diseño para lograr que sean eficientes, el sistema de monitoreo de variables meteorológicas se puede complementar al añadir un sensor de precipitación y un actinógrafo, para lograr recopilar mayor información acerca del clima donde el sistema se encuentre.

Incrementando el número de estaciones o puntos de monitoreo en la ciudad, se logra tener una mejor cobertura de estado del clima de la región. Realizar una comunicación inalámbrica satelital entre diferentes las estaciones meteorológicas situadas en diferentes puntos de la ciudad para que toda la información converja en un solo nodo de recepción, para la accesibilidad, comodidad, control y actualización en el clima desde diferentes puntos de la ciudad.

GLOSARIO

ACTINÓGRAFO: Aparato que registra en forma continúa la radiación solar global incidente sobre una superficie horizontal en calorías por centímetro cuadrado(Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001).

BAUDIO: Unidad de medida de la velocidad de transmisión de datos (1 baudio=1 bit/segundo) (cct, 2008).

DSSS: El espectro ensanchado por secuencia directa, es una técnica de modulación que se utiliza para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal (willian, 1996).

EFECTO DOPPLER: El efecto Doppler establece el cambio de frecuencia de un sonido de acuerdo al movimiento relativo entre la fuente del sonido y el observador. Este movimiento puede ser de la fuente, del observador o de los dos. El efecto Doppler asume la frecuencia de la fuente como una constante pero lo escuchado depende de las velocidades de la fuente y del observador(Calasaenz, 2001).

HIDROMETEREOROS: Son los meteoros formados por partículas muy pequeñas de agua o de hielo que se encuentran en suspensión en la atmósfera y que dificultan notablemente la visión(Martínez, 1968).

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales, el Ideam, dirige y coordina el Sistema de Información Ambiental. Que comprende los sistemas de observación, la información, las bases de datos y los modelos sobre el medio ambiente y los recursos naturales(IDEAM, 2001).

MAC: Control de Acceso al Medio, todas las LAN y MAN, constan de un conjunto de dispositivos que deben compartir la capacidad de información de la red, de manera que se requiere algún método de control de acceso al medio con objeto de hacer uso más eficiente de esta capacidad (willian, 1996).

MICROCONTROLADOR: Es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado(Palazzesi, 2006).

OBSERVADOR: Son todas aquellas personas, a quienes se les encomiendan las labores de observación y mantenimiento básico de una estación(Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001).

OMM: Organización Meteorológica Mundial, es un portavoz autorizado acerca del estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la distribución resultante de los recursos hídricos((OMM), 2009).

PHY: Aplicación de la capa física del modelo OSI (willian, 1996).

PRECIPITACIÓN: En meteorología, la precipitación es cualquier forma de agua que cae del cielo. Esto incluye lluvia, nieve, neblina y rocío.(hidrolic, 2008).

ROSA DE VIENTOS: Los vientos se diferencian según la dirección de donde proceden. Normalmente, estos, llevan el nombre del sector geográfico concreto desde donde sopla, estos sectores se miden según los 360 grados geográficos (Amarre, 2007).

SENSOR DIGITAL: Es aquel dispositivo que muestra en su salida valores discretos como voltajes, pulsos.(Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001).

SENSOR AMBIENTAL: Dispositivo electrónico que transforma cualquier tipo de energía producida por variables ambientales en señales eléctricas.(Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001).

TRANSDUCTOR: Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada(Escalona, 2008).

VELETA: Indica la dirección de donde sopla el viento y la velocidad instantánea, la dirección es señalada por la punta de la veleta y la velocidad por una lamina que se mueve en un arco graduado(Instituto de Hidrología & IDEAM, diciembre de 2001).

BIBLIOGRAFÍA

- automático, T. c. (2009). Recuperado el 6 de mayo de 2010, de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/her/tablas/RTD%20pt100.pdf>
- Amarre. (2007). *meteorología rosa de los vientos*. Recuperado el 23 de mayo de 2010, de <http://www.amarre.com/html/meteorologia/rosa/index.php>
- (OMM), O. M. M. (2009). La OMM en pocas palabras. Retrieved 31 de agosto, 2009, from http://www.wmo.int/pages/about/index_es.html
- Calasaenz, G. (2001). Efecto Doppler. Retrieved 31 agosto, 2009, from <http://www.memo.com.co/fenonino/aprenda/fisica/fisic3.html>
- Co.KG, A. T. G. (2009). OTT LATINOAMÉRICA UT
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS. Retrieved 29 agosto, 2009, from <http://www.ideam.gov.co/RED/equipos%20suizos.pdf>
- Corporation, N. I. (2009). Que es labView. Retrieved 30 de agosto, 2009, from <http://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.ni.com/labview/&ei=jDebSuXLFoKw8QbpooWwBQ&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dlabview%26hl%3Des%26sa%3DX>
- Cortés Betancourt, E. (1987). Instrumentos Metereológicos
- Daou, L. H.-K. D. (2008). Temperatura. Retrieved 31 de agosto, 2009, from http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/temperature_sp_06sep01.html
- Datataker, B. P. L. T. a. (2009). DataTaker Instrument driver for LabVIEW. Australia.
- Daza, M. H. (2009). El ocaso de la Metereología. Retrieved 31 agosto, 2009
- Escalona, I. (2008). Transductores y Sensores en la Automatización Industrial. Retrieved 1 septiembre, 2009, from http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/
- Gálvez, M. (junio 2007). Domótica.net: El zumbido de las abejas, ZigBee. Retrieved julio 30, 2009, from <http://www.domotica.net/2716.html>

- García, C. P. (2007a). Zigbee, Comunicación para Dispositivos. Retrieved 20 de agosto, 2009, from <http://www.sg.com.mx/content/view/392>
- García, C. P. (2007b). Zigbee, Comunicación para Dispositivos, Página de RevistaSoftware Guru.
- Garreaud, R. (2005). Atmósfera, Tiempo y Clima Universidad de Chile. from http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases_Atmosfera/tema7_observaciones.pdf
- hidrolic. (2008). Precipitación. Retrieved 1 septiembre, 2009, from http://www.hydrolic.es/hidrologia_precipitacion.html
- Huertas, A. F. (2004). Medios Físicos de Comunicación de Datos. In c. system (Eds.)
- IDEAM. (1998). estacion metereologica convencional. colombia.
- IDEAM. (2001). El Ideam. Retrieved 31 de agosto, 2009, from <http://www.ideam.gov.co/ideam/index4.htm>
- Instituto de Hidrología, M. y. E. A., & IDEAM (Eds.). (diciembre de 2001). Manual del Observador Metereológico. Medellín, Colombia.
- Martínez, F. L. (1968). Hidrometeoros. Retrieved 31 agosto, 2009, from <http://www.rumtor.com/hidrotexto.html>
- Palazzesi, A. (2006). Microcontroladores. Retrieved 31 de agosto, 2009, from <http://www.neoteo.com/microcontroladores.neo>
- Pavon, M. J. (2007). Anemómetro de cazoletas. española.
- rey, j. h. (2001). microprocesador. Retrieved 15 septiembre, 2009, from <http://www.conozcasuhardware.com/quees/micro1.htm>
- tabares, l. x. (2009). Historia de la interfaz gráfica. Retrieved 16 de septiembre, 2009, from <http://www.slideshare.net/ximenatabares/historia-de-la-interfaz-grfica>
- taringa. (Ed.) (2009). española.
- visual. (2009). visual basic. Retrieved 15 septiembre, 2009, from http://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic

comunidad virtual labview. (2008). Recuperado el 15 de mayo de 2010, de que es labview: http://perso.wanadoo.es/jovilve/que_es.html

electronic, M. (2008). *xbee guía de usuario*. Santiago de Chile.

Glaría, J. (1 de 06 de 2001). *Automatización Industrial*. Recuperado el 1 de mayo de 2001, de sensores de humedad: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

National instruments. (2008). Labview. Estados Unidos, Estados Unidos.

rotronic. (2010). *hygromer series*. Recuperado el 1 de mayo de 2010, de rotronic: http://www.acin.nl/NL/PDF/RV&T/sensoren/Overview_HygroMer.pdf

XCTU . (2010). programa para configuración de módulos Xbee. estados unidos.

willian, s. (1996). redes y computadores. En s. willian. 40: Prentice Hall.