



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE  
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA MÓVIL  
COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

**PRESENTADO POR:**

**MARIO FABIÁN PERALVO RAMOS**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional y por estar siempre unida, un agradecimiento especial a mi tutor el Ing. Paul Romero por su incentivo y valoración hacia este trabajo, agradezco al Ing. Marcelo Filian por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias. También agradezco al Dr. Arquímedes Haro y al Dr. Celso Recalde porque me facilitaron todo su apoyo y confianza para la realización de esta tesis.

Dedico este esfuerzo a mis padres por ser la fortaleza de mi vida Delia y Wilberto quienes con nobleza, entusiasmo y mucho sacrificio hicieron posible la culminación de una etapa importante en mi vida, a mis hermanos Gloria, Oswaldo y Edwin que siempre creyeron en mí. Dedico en especial esta tesis a mi Padre, quien siempre ha estado y estará a mi lado, aunque él esté ausente, siempre lo tendré en lo más profundo de mi corazón.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
<b>Dr. Romeo Rodríguez</b>		
<b>DECANO DE LA FACULTAD</b>		
<b>DE INFORMÁTICA Y</b>		
<b>ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
<b>Ing. Paúl Romero</b>		
<b>DIRECTOR DE LA</b>		
<b>ESCUELA DE INGENIERÍA</b>		
<b>ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
<b>Ing. Paúl Romero</b>		
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
<b>Ing. Marcelo Filian</b>		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
<b>Tlgo. Carlos Rodríguez</b>		
<b>DIRECTOR DPTO.</b>		
<b>DOCUMENTACION</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	.....	

“Yo, **MARIO FABIÁN PERALVO RAMOS**, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

---

Mario Fabián Peralvo Ramos

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ALU:</b>	Unidad Aritmético Lógica.
<b>ADC:</b>	Conversor Análogo Digital
<b>AT:</b>	Attention
<b>CGI:</b>	Cell Global Identity
<b>FLASH:</b>	Memoria no volátil de bajo consumo.
<b>GSM:</b>	Global System for Mobile communications
<b>I<sup>2</sup>C:</b>	Interconexión de Circuitos Integrados
<b>LA:</b>	Location Area
<b>LCD:</b>	Display de Cristal Líquido
<b>NTC:</b>	Coficiente de Temperatura Negativo
<b>PDU:</b>	Protocol Description Unit
<b>PIC:</b>	Peripheral Interface Controller.
<b>PIN:</b>	Personal Identification Number
<b>PTC:</b>	Coficiente de Temperatura Negativo
<b>PCB:</b>	Print Circuit Board
<b>RAM:</b>	Memoria de acceso aleatorio.
<b>RISC:</b>	Computadores de Juego de Instrucciones Reducido.
<b>RTC:</b>	Reloj en Tiempo Real
<b>SIM:</b>	Subscriber Identity Module
<b>SMS:</b>	Servicios de Mensajes Cortos
<b>SFR:</b>	Registros de Función Específica
<b>USART:</b>	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1.	ANTECEDENTES .....	16
1.2.	JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3.	OBJETIVOS .....	19
1.3.1.	Objetivo General.....	19
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	19

### CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.	METEOROLOGÍA.....	20
2.1.1.	Variables Meteorológicas .....	21
2.1.2.	Sensores Meteorológicos .....	23
2.1.2.1.	Veleta .....	24
2.1.2.2.	Anemómetro .....	25
2.1.2.3.	Termómetro .....	28
2.1.2.4.	Higrómetro .....	29
2.2.	MICROCONTROLADORES .....	30
2.3.	EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A.....	30
2.3.1.	Características Principales .....	31
2.3.2.	Periféricos .....	32
2.3.3.	Diagrama de Pines y Funciones.....	32
2.3.4.	Los puertos de Entrada/Salida .....	33
2.4.	COMUNICACIÓN SERIE.....	34
2.4.1.	El Puerto Serie USART del PIC16F877A.....	34
2.4.2.	Modo Asíncrono .....	35
2.5.	EL CONVERTOR ANALÓGICO / DIGITAL .....	36
2.5.1.	Los Registros de Control .....	37
2.5.2.	Los Registros de Resultados .....	40
2.5.3.	El proceso de Conversión Analógico/Digital .....	41
2.6.	PROGRAMAS INFORMÁTICOS AUXILIARES.....	42
2.6.1.	Microcode Studio.....	42
2.6.2.	Compilador PICBasic Pro.....	43
2.6.3.	WinPic800 .....	44
2.6.4.	Microsoft Visual Basic 6.0 .....	45
2.6.4.1.	Control “MSComm” .....	45
2.6.5.	Microsoft Access .....	46

### CAPÍTULO III: TECNOLOGÍA MOVIL

3.1.	COMUNICACIÓN MOVIL.....	48
3.2.	TELEFONÍA CELULAR.....	49
3.2.1.	Celda o Célula.....	49
3.2.2.	Clúster o Racimo .....	50

3.2.3. Cobertura Celular.....	51
3.2.4. Capacidad Celular.....	51
3.2.5. Reutilización de Frecuencias .....	52
3.2.6. Señalización .....	53
3.2.7. Handover o Transferencia.....	53
3.2.8. Uso del Espectro en Sistemas Celulares .....	54
3.2.9. Roaming o Itinerancia.....	54
3.2.10. Subdivisión de Celdas.....	55
3.3. SISTEMA GSM.....	55
3.3.1. Arquitectura de una Red GSM.....	55
3.3.2. El Teléfono Celular.....	59
3.3.3. Comandos AT .....	62
3.3.4. Aplicación práctica de los comandos AT .....	64
3.3.5. Mensajes de Texto .....	66

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA**

4.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA .....	68
4.2. HARDWARE .....	69
4.2.1. Sensores .....	69
4.2.2. Acondicionamiento de señal.....	69
4.2.2.1. Acondicionamiento del Termómetro .....	70
4.2.2.2. Acondicionamiento del Higrómetro .....	74
4.2.2.3. Acondicionamiento del Anemómetro.....	76
4.2.2.4. Circuito Equivalente de la Veleta .....	78
4.2.3. Procesamiento .....	79
4.2.4. Reloj de Tiempo Real .....	85
4.2.5. Teclas .....	86
4.2.6. Pantalla (LCD).....	87
4.2.7. Modem .....	87
4.3. ALGORITMO DE ENVÍO DE UN MENSAJE DE TEXTO .....	87
4.4. SOFTWARE.....	88
4.4.1. Modem .....	89
4.4.2. PC (Base de Datos).....	90
4.5. ALGORITMO DE RECEPCIÓN DE UN MENSAJE DE TEXTO .....	92
4.5.1. Descripción del mensaje recibido .....	94

## **CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES**

5.1. IMPLEMENTACIÓN .....	97
5.1.1. Placa del Circuito de procesamiento.....	99
5.1.2. Placa del RTC .....	99
5.1.3. Placa del circuito de Teclas .....	100
5.1.4. Placa del Circuito Completo.....	100
5.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	101
5.2.1. Análisis estadístico del sistema implementado.....	102
5.2.1.1. Análisis de Temperatura .....	106

5.2.1.2. Análisis de Velocidad del Viento .....	108
5.2.1.3. Análisis de dirección del viento.....	110
5.2.1.4. Análisis de Humedad .....	112
5.2.2. Comparación de software .....	114
5.2.3. Prueba de Envío de un SMS .....	116
5.2.4. Pruebas de compatibilidad del Software de Aplicación .....	117

**CONCLUSIONES.**

**RESUMEN.**

**SUMMARY.**

**ANEXOS.**

**BIBLIOGRAFÍA.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura II.1.</b> Veleta (DAIS INSTRUMENTS) .....	24
<b>Figura II.2.</b> Anemómetro de cazoletas (DAVIS INSTRUMENTS) .....	25
<b>Figura II.3.</b> Anemómetro de hélice .....	26
<b>Figura II.4.</b> Veleta y anemómetro de cazoletas .....	28
<b>Figura II.5.</b> Termómetro (DAVIS INSTRUMENTS).....	28
<b>Figura II.6.</b> Termistor con sensibilidad positiva y negativa.....	29
<b>Figura II.7.</b> Sensor de humedad HU-10S .....	29
<b>Figura II.8.</b> Microcontrolador PIC16F877A .....	32
<b>Figura II.9.</b> Comunicación serial.....	34
<b>Figura II.10.</b> Modo asíncrono USART.....	35
<b>Figura II.11.</b> Modulo conversor análogo digital .....	36
<b>Figura II.12.</b> Registro ADC.....	37
<b>Figura II.13.</b> Registro ADCON1 .....	38
<b>Figura II.14.</b> Registros de resultados.....	40
<b>Figura II.15.</b> Conversión analógico / digital .....	41
<b>Figura II.16.</b> Pantalla Principal de Microcode .....	43
<b>Figura II.17.</b> Pantalla principal de WinPic800.....	44
<b>Figura II.18.</b> Control MSComm.....	46
<b>Figura II.19.</b> Microsoft Access.....	47
<b>Figura III.1.</b> Celdas en un sistema de comunicaciones móviles .....	49
<b>Figura III.2.</b> Clúster de 7 celdas .....	51
<b>Figura III.3.</b> Reutilización de frecuencias .....	52
<b>Figura III.4.</b> Arquitectura de una red GSM.....	58
<b>Figura III.5.</b> Celular Nokia 3220.....	59
<b>Figura III.6.</b> Conector NOKIA 3220.....	59
<b>Figura III.7.</b> Cable DKU-5 .....	61
<b>Figura III.8.</b> Cable conectado al teléfono.....	61
<b>Figura III.9.</b> Comunicación vía HyperTerminal con el celular.....	65
<b>Figura III.10.</b> AT para cambiar un SMS de modo PDU a texto .....	65
<b>Figura III.11.</b> AT para leer un SMS desde el celular .....	66
<b>Figura IV.1.</b> Diagrama de Bloques Hardware .....	69
<b>Figura IV.2.</b> Curva característica del termómetro (DAVIS INSTRUMENTS) .....	70
<b>Figura IV.3.</b> Circuito acondicionador para el termistor .....	71
<b>Figura IV.4.</b> Curva linealizada del termistor .....	74
<b>Figura IV.5.</b> Curva característica del higrómetro HU-10S.....	74
<b>Figura IV.6.</b> Curva acondicionada del higrómetro .....	76
<b>Figura IV.7.</b> Dimensiones del anemómetro.....	77
<b>Figura IV.8.</b> Acondicionador para el anemómetro .....	78

<b>Figura IV.9.</b> Circuito equivalente de la veleta.....	78
<b>Figura IV.10.</b> Etapa de procesamiento .....	79
<b>Figura IV.11.</b> RTC.....	85
<b>Figura IV.12.</b> Teclas .....	86
<b>Figura IV.13.</b> Presentación de datos.....	87
<b>Figura IV.14.</b> Algoritmo de envío de mensajes.....	88
<b>Figura IV.15.</b> Diagrama de bloques Software .....	89
<b>Figura IV.16.</b> Celular NOKIA 3220 y PC .....	89
<b>Figura IV.17.</b> Base de Datos.....	91
<b>Figura IV.18.</b> Algoritmo de Recepción de un SMS .....	93
<b>Figura IV.19.</b> Cuerpo del mensaje recibido.....	94
<b>Figura V.1.</b> PCB del Circuito de Procesamiento .....	98
<b>Figura V.2.</b> PCB del circuito RTC.....	97
<b>Figura V.3.</b> PCB del circuito de Tecla.....	98
<b>Figura V.4.</b> Circuito de procesamiento .....	99
<b>Figura V.5.</b> RTC .....	100
<b>Figura V.6.</b> Teclas.....	100
<b>Figura V.7.</b> Circuito completo .....	101
<b>Figura V.8.</b> Datos recolectados por el Sistema Implementado.....	102
<b>Figura V.9.</b> Datos recolectados por el Sistema Profesional .....	102
<b>Figura V.10.</b> Área bajo la curva de una normal estándar .....	105
<b>Figura V.11.</b> Temperatura (Sistema Profesional y Sistema Implementado) .....	108
<b>Figura V.12.</b> Velocidad (Sistema Profesional y Sistema Implementado) .....	110
<b>Figura V.13.</b> Velocidad Sistema Profesional y Sistema Implementado.....	112
<b>Figura V.14.</b> Velocidad (Sistema Profesional y Sistema Implementado) .....	114
<b>Figura V.15.</b> Software sistema implementado.....	115
<b>Figura V.16.</b> Software sistema profesional (DAVIS INSTRUMENTS).....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla II.I.</b> Reloj Conversor Análogo Digital.....	37
<b>Tabla II. II.</b> Configuración para el registro ADCON1 del PIC16F877A.....	39
<b>Tabla III.I.</b> Espectro de frecuencias .....	54
<b>Tabla III.II.</b> Descripción de pines del puerto del celular Nokia 3220 .....	60
<b>Tabla IV.I.</b> Valores de voltaje en función de la temperatura.....	73
<b>Tabla IV.II.</b> Valores de voltaje en función de la humedad. ....	75
<b>Tabla V.I.</b> Toma de muestras para la temperatura.....	107
<b>Tabla V.II.</b> Toma de muestras para la velocidad del viento.....	109
<b>Tabla V.III.</b> Toma de muestras para la dirección del viento .....	111
<b>Tabla V.IV.</b> Toma de muestras para la humedad .....	113

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Manual de usuario
- Anexo B.** Descripción de cada pin del **PIC16F877A**
- Anexo C.** Datasheet del Microcontrolador **PIC16F877A**
- Anexo D.** Datasheet del Sensor de Temperatura
- Anexo E.** Datasheet del Anemómetro y la Veleta
- Anexo F.** Datasheet del Higrómetro
- Anexo G.** Tabla de probabilidad de una **normal estándar Z**
- Anexo H.** Esquema del Sistema Completo
- Anexo I.** Código Fuente

## INTRODUCCIÓN

El clima siempre ha variado pero el problema del cambio climático es que en el último siglo el ritmo de estas variaciones se ha acelerado de manera anómala a tal forma que afecta ya la vida en el planeta.

Para buscar las causas de estos cambios los investigadores lo hacen monitoreando y almacenando datos de las distintas variables meteorológicas constantemente, ya que para poder comprender el comportamiento de nuestro clima se necesita determinar un método estadístico de los datos almacenados por varios años, una vez analizado e interpretado estos datos nos da la posibilidad de cambiar nuestro modo de consumir y producir energía.

El sistema de recolección de información meteorológica deberá estar en un lugar adecuado junto con los diferentes sensores que permiten medir las distintas variables del clima en un momento y lugar determinado, es decir en un lugar que permita la observación de los fenómenos meteorológicos y donde estarán los sensores (termómetro, higrómetro, veleta, anemómetro, etc.), encargados de medir las variables atmosféricas (temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, respectivamente).

Estos sensores han de estar al aire libre, pero otros, aunque también han de estar al aire libre, han de estar protegidos de las radiaciones solares para que estas no les alteren los datos, el aire debe circular por dicho interior como sucede con el higrómetro. El sistema se encargara de procesar y almacenar durante un intervalo de tiempo todos los

datos recolectados de cada sensor y además será capaz de darle instrucciones al teléfono celular “NOKIA 3220” para que envíe o transmita un “mensaje de texto” con todos los datos recolectados hacia una estación remota donde serán almacenados, en este caso en una Base de Datos, este sistema está implementado como cerebro principal el PIC16F877A, utilizando los sensores de viento y de temperatura de la casa fabricante DAVIS INSTRUMENTS y el sensor de humedad HU-10S de fabricación China, estos sensores son de uso profesional exclusivos para monitoreo climático.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El clima es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan a una región. Estos valores promedio se obtienen con la recopilación de la información meteorológica durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.

El clima es un sistema complejo por lo que su comportamiento es muy difícil de predecir. Por una parte hay tendencias a largo plazo debidas, normalmente, a variaciones sistemáticas como el aumento de la radiación solar o las variaciones orbitales pero, por otra, existen fluctuaciones caóticas debidas a la interacción entre forzamientos, retroalimentaciones y moderadores. Ni siquiera los mejores modelos climáticos tienen en cuenta todas las variables existentes por lo que, hoy día, solamente se puede aventurar una previsión de lo que será el tiempo atmosférico del futuro más próximo.

Asimismo, el conocimiento del clima del pasado es, también, más incierto a medida que se retrocede en el tiempo. Esta faceta de la climatología se llama paleo climatología y se basa en los registros fósiles, los sedimentos, las marcas de los glaciares y las burbujas ocluidas en los hielos polares. De todo ello los científicos están sacando una visión cada vez más ajustada de los mecanismos reguladores del sistema climático.

### **Definición de las variables meteorológicas a medir**

**Temperatura.** Es una magnitud variable que depende de la velocidad de las moléculas del aire. Estas moléculas son el oxígeno y el nitrógeno. Esta magnitud nos permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de los cuerpos. El resultado se expresa con los grados centígrados o Celsius. Se mide con un instrumento llamado termómetro.

**Humedad relativa.** Es la relación entre la masa de vapor de agua que tiene una determinada masa de aire y la que tendría si estuviese saturada en la misma temperatura porque el aire caliente puede contener más cantidad de vapor que el aire frío. Esta relación se expresa en porcentaje. Cuanto más alta sea temperatura del aire más vapor de agua puede haber. Es decir, la humedad absoluta dividida entre la humedad absoluta máxima y multiplicada por 100. El resultado se expresa en porcentaje. Se mide con el higrómetro.

**Velocidad del viento.** Es la distancia recorrida por una masa de aire en una unidad de tiempo (minutos, segundos, horas, etc.). El resultado se expresa en km/h, en m/s. Se mide con el anemómetro.

**Dirección del viento.** Nos indica de donde viene el viento. Es decir, si nos indica el Norte es que el viento va hacia el Sur. Se expresa con diferentes magnitudes según el país. Se mide con la veleta.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad en nuestro medio existen estaciones que recogen información meteorológica pero para transmitir esta información recolectada hacia una estación central de proceso ubicada en un sitio remoto lo hacen utilizando medios de transmisión caros y complicados de utilizar o hay estaciones que simplemente no tienen un medio de transmisión, para transportar dicha información lo almacenan en una memoria flash o en cualquier otro dispositivo de almacenamiento como lo hacen en el departamento de Física y Matemática ubicado en la ESPOCH.

Al utilizar la tecnología móvil como un medio de transmisión de datos meteorológicos en formato Mensajes de Texto (SMS), nos permite implementar un sistema portátil, económico, fácil de manejarlo y nos da la posibilidad de contribuir como una solución para recolectar datos de una estación meteorológica ubicada en la ESPOCH implementando una transmisión automática hacia una estación central de proceso.

Además este sistema es un prototipo didáctico para entender el comportamiento de nuestro clima y aprender cómo se puede medirlo, también nos permite afianzar más los conocimientos de programación en micro controladores y afrontar el reto de utilizar nuevas tecnologías en lo que a una comunicación móvil se refiere.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Diseñar e implementar un sistema de recolección de información meteorológica utilizando la tecnología móvil como medio de transmisión.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Investigar las distintas tecnologías empleadas en la comunicación móvil para sacar el máximo provecho en la transmisión de información meteorológica.
- Analizar la configuración del modem de un teléfono celular para la transmisión de información meteorológica.
- Obtener los datos de las variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento.
- Investigar las mejores alternativas en sensores para la recolección de datos meteorológicos.
- Programar un micro controlador para el procesamiento de los datos meteorológicos obtenidos.
- Diseñar e implementar los circuitos electrónicos para el sistema de recolección de información meteorológica.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **2.1. METEOROLOGÍA**

La meteorología se encarga del estudio de los fenómenos atmosféricos y de los mecanismos que producen el tiempo, orientado a su predicción. Del griego, meteoros (alto), logos (tratado). Los fenómenos atmosféricos o meteoros pueden ser: Aéreos, como el viento, acuosos, como la lluvia, la nieve y el granizo, luminosos, como la aurora polar o el arco iris y eléctricos, como el rayo.

El viento, la temperatura y la humedad son los factores climáticos fundamentales en el estudio y predicción del tiempo. La temperatura, sometida a numerosas oscilaciones, se halla condicionada por la latitud y por la altura sobre el nivel del mar. La meteorología utiliza instrumentos esenciales, como anemómetro, el termómetro y el higrómetro, para determinar los valores absolutos, medios y extremos de los factores climáticos. Para el trazado de mapas y la elaboración de predicciones es fundamental la recogida coordinada de datos en zonas amplias.

### 2.1.1. Variables Meteorológicas

Se denomina así al conjunto de partes o de componentes que definen el clima y que son el resultado de la combinación de fenómenos físicos ocurridos en la capa inferior de la atmósfera (Tropósfera) a menos de 11.000 metros de altura. Estos fenómenos interactúan entre sí y son modificados por los factores del clima.

Los más importantes son los siguientes:

- Radiación Solar
- Temperatura
- Evaporación
- Humedad
- Presión Atmosférica
- Vientos
- Precipitaciones

**Radiación Solar.** Determinada por el sol, la radiación es un fenómeno que mediante un desplazamiento de ondas, permite la transferencia de energía solar a la superficie terrestre, se mide con el pirómetro. La cantidad que llega a la Tierra está condicionada a los dos movimientos que realizan, rotación y de traslación.

**Temperatura.** Señala el grado de intensidad de calor en un determinado territorio. Para su medición se utilizan los termómetros, se mide con distintas escalas como la centígrada o Celsius (°C), Fahrenheit, Kelvin, la temperatura de la atmósfera del planeta se halla determinada por las entradas de energía calorífica que llegan desde el Sol en forma de ondas.

**Evaporación.** La evaporación forma las nubes de la atmósfera y tiene una gran importancia en Meteorología y en la economía térmica del clima. Todo el aire contiene cantidades variables de vapor. Así como el vapor es más ligero que el aire, el aire húmedo es más ligero que el seco. La evaporación del agua en el aire le da mayor capacidad de elevación, factor importante en la formación de nubes, los niveles de evaporación se miden con un instrumento llamado altómetro o evaporímetro.

**Humedad.** El contenido de vapor de agua en el aire se denomina humedad, y se habla de humedad relativa cuando expresa el mayor porcentaje posible de humedad a una temperatura y presión determinadas, varía desde el 100% en la mayoría de las nubes, niebla o rocío, hasta el 10 % o menos en los desiertos durante el día. El aire caliente puede contener más humedad que el aire frío. Así, cuando el aire contiene toda la humedad de la que es capaz y está húmedo al 100% (aire saturado) al someterlo a calentamiento se incrementa su capacidad para contener humedad, se mide con el higrómetro.

**Presión Atmosférica.** Es la presión que ejerce el aire de la atmósfera como consecuencia de la gravedad sobre la superficie terrestre o sobre una de sus capas de aire. Al igual que la densidad del aire, esta decrece también con la altura y oscila según los fenómenos que se produzcan en la atmósfera, su instrumento de medición es el barómetro.

**Vientos.** Por efecto de la rotación terrestre, las masas de aire son desviadas y adoptan la forma de vértices (remolinos, torbellinos) y vientos de intensidad variable, se mide utilizando el anemómetro. La distancia que recorre el aire en movimiento por unidad de

tiempo es la velocidad del viento. Se expresa en m/s o en km/h, etc. La dirección del viento se halla determinada por el punto de donde procede y al cual se dirige, es decir si nos indica el Norte es que el viento va hacia el Sur. Se expresa con diferentes magnitudes según el país y se registra mediante la veleta.

**Precipitaciones.** La lluvia puede tomar diferentes rutas cuando cae al suelo. Ésta puede correr por la superficie del suelo y desembocar en ríos, lagos, quebradas y arroyos. Un porcentaje del agua va a ser usada por las plantas, otro porcentaje se va a evaporar y regresar a la atmósfera y el resto se va a infiltrar en el suelo, la cantidad de lluvia caída se mide con el pluviómetro.

### **2.1.2. Sensores Meteorológicos**

En todo proceso de automatización es necesario captar las magnitudes de planta, para poder así saber el estado del proceso que estamos controlando. Para ello empleamos los sensores y transductores, en cualquier estación meteorológica se va a encontrar sensores netamente electrónicos que estarán constantemente midiendo el comportamiento de nuestro clima.

Existe una infinidad de sensores meteorológicos con diferentes formas de convertir las señales físicas en señales eléctricas, para este estudio se utilizo para medir temperatura, velocidad y dirección del viento de la casa fabricante DAVIS INSTRUMENTS (Anexo D, Anexo E) y para medir la humedad el sensor HU-10S (Anexo F).

Para diseñar esta sistema se han tenido en cuenta todas las ideas anteriores y alguna otra añadida por la propia experiencia del autor, los sensores como la veleta, anemómetro y

termómetro son diseñados y construidos específicamente para medir el clima y son muy robustos resistentes a toda variación climática, mientras que el higrómetro (HU-10S) es un sensor que se puede utilizar ya sea en un capó externo o dentro de una habitación. A continuación se enumeran la descripción de cada una de ellos, sin ningún orden de importancia.

#### **2.1.2.1. Veleta**

El elemento empleado tradicionalmente para medir la dirección del viento es una veleta como se puede apreciar en la Figura II.1.



**Figura II.1.** Veleta (DAVIS INSTRUMENTS)

Que consiste en un dispositivo montado sobre un eje vertical y de giro libre, de tal modo que puede moverse cuando el viento cambia de dirección. Normalmente, el movimiento de la veleta está amortiguado para prevenir cambios demasiado rápidos de la dirección del viento, la veleta suele transmitir la información mediante un potenciómetro de hilo bobinado o un potenciómetro capacitivo, habitualmente proporcionan la máxima

tensión para la dirección norte y la mínima alrededor de  $357^\circ$ , por lo que hay un pequeño hueco de  $3^\circ$ . La resolución típica es de  $0,3^\circ$  por cada movimiento nos muestra la dirección actual en la pantalla LCD del sistema, para visualizar esta información y asegurarnos que sea real, la veleta debe estar correctamente orientada en el exterior con dirección norte antes de empezar a recolectar datos, para una orientación precisa se utiliza una brújula o un GPS, la diferencia entre una buena y una mala veleta suele estar en el transductor potenciométrico que mide el giro angular. Un transductor de mala calidad tiene una banda muerta bastante grande en el norte y una vida limitada.

#### **2.1.2.2. Anemómetro**

Los anemómetros pueden ser de cazoletas o de hélice, el anemómetro de cazoletas consiste en tres o cuatro cazoletas montadas simétricamente alrededor de un eje vertical (Figura II.2), debido a que la fuerza que ejerza el aire en el lado cóncavo es mayor que en el lado convexo, la rueda de cazoletas gira. La velocidad de rotación es proporcional a la velocidad del viento.



**Figura II.2.** Anemómetro de cazoletas (DAVIS INSTRUMENTS)

Dicha rotación puede medirse de varios modos: contando mecánicamente el número de revoluciones, conectando el eje de la rueda de cazoletas a un pequeño generador eléctrico y midiendo el voltaje instantáneo, o a un interruptor opto eléctrico y midiendo su salida.

El anemómetro utilizado es de tres cazoletas semicónicas y semiesféricas, siendo los de este tipo los más utilizados, la principal ventaja de los anemómetros de cazoletas es que miden las dos componentes horizontales del viento es decir si se coloca en posición horizontal o vertical.

El anemómetro de hélice (Figura II.3) se utiliza cuando se quiere conocer la velocidad del viento en una dirección particular, normalmente se coloca un conjunto de dos o tres anemómetros de hélice en planos perpendiculares para obtener las componentes de velocidad sobre los ejes principales (horizontales y verticales). A veces se utiliza un anemómetro de hélice asociado a un sistema de orientación tipo veleta, para medir la componente horizontal de la velocidad de viento.



**Figura II.3.** Anemómetro de hélice

En todos los anemómetros de rotación es necesario disponer de un sistema que mida la velocidad de giro, para ello se suelen utilizar dinamos tacométricos, generadores de imanes permanentes, sensores de efecto Hall y sensores ópticos. Los de dinamo tacométrico y el generador de imanes permanentes no necesitan alimentación exterior, sin embargo los sensores de efecto Hall y los sensores ópticos necesitarán alimentación exterior, por lo que no son recomendables para torres meteorológicas remotas alimentadas por pilas o baterías.

La dinamo tacométrico es un generador de corriente continua con imanes permanentes, nos da una tensión continua proporcional a la velocidad de giro, lo cual simplifica la medida de la velocidad, pero tiene el inconveniente de que requiere mantenimiento de las escobillas, por lo que no se suele utilizar, además las escobillas producen un par de rozamiento sobre el eje que puede hacer que el anemómetro no gire y por tanto no detecte velocidades de viento pequeñas.

La siguiente posibilidad es utilizar un pequeño alternador (generador AC síncrono), de imanes permanentes. La ventaja de este sensor es que, al no tener escobillas, no requiere mantenimiento, el alternador produce una tensión aproximadamente senoidal cuya frecuencia es igual a la velocidad de rotación multiplicada por el número de pares de polos del alternador, el principal problema es que a bajas velocidades de viento, la tensión generada es pequeña por lo que la medida de dicha frecuencia es problemática.

El sensor utilizado en la implementación de este sistema es de tipo efecto HALL que se comporta como un interruptor, en la Figura II.4 se encuentra el anemómetro en pleno funcionamiento, por cada vuelta que da ingresa un pulso hacia el micro controlador.

La veleta y el anemómetro (Figura II.4) están montados en la misma estructura, por lo que los dos elementos comparten los mismos cables de la alimentación (5 voltios de corriente continua) pero sus salidas son diferentes, de esta forma el microcontrolador los trata como dos sensores independientes.



**Figura II.4.** Veleta y anemómetro de cazoletas (DAVIS INSTRUMENTS)

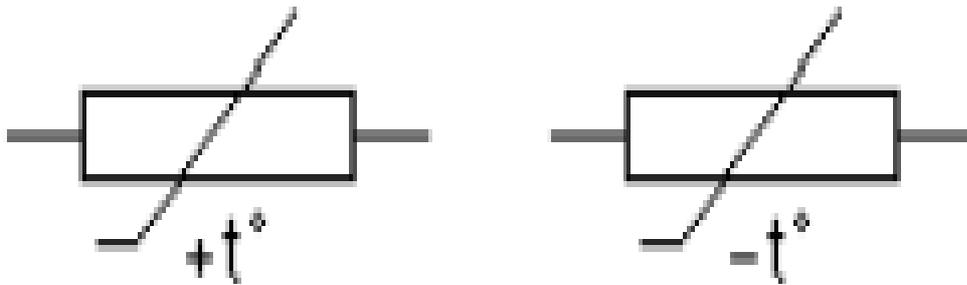
### 2.1.2.3. Termómetro

El termómetro (Figura II.5) está basado en un elemento electrónico llamado termistor, el termino termistor es una castellanización del ingles termistor, formado a partir de los vocablos “thermally sensitive resistor”. Son resistores variables con la temperatura, pero no están basados en conductores como las RTD, sino en semiconductores.



**Figura II.5.** Termómetro (DAVIS INSTRUMENTS)

Si su coeficiente de temperatura es negativo se denomina NTC (Negative Temperature Coefficient), mientras si es positivo se denomina PTC (Positive Temperature Coefficient). Los símbolos respectivos son los de la Figura II.6, donde el trazo horizontal en el extremo de la línea inclinada indica una variación no lineal.



**Figura II.6.** Termistor con sensibilidad positiva y negativa

#### 2.1.2.4. Higrómetro

Este sensor (Figura II.7) indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire, depende en parte de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío, este sensor nos mide la humedad relativa expresada en tanto por ciento (%) de vapor de agua en el aire, por cada variación de humedad nos presenta un variación de voltaje a la salida de circuito, este sensor requiere de alimentación externa.



**Figura II.7.** Sensor de humedad HU-10S

Cada sensor utilizado en la implementación de este sistema requiere de una alimentación externa de 5 voltios de corriente continua.

## **2.2. MICROCONTROLADORES**

El microcontrolador es hoy en día el pilar fundamental para los más exigentes diseños electrónicos de este siglo, constantemente nos vemos rodeados de microcontroladores y en unos años serán indispensables para la vida cotidiana. Los microcontroladores de 8 bits se han desarrollado hasta el punto de estar presentes en casi todo elemento de control electrónico, como una gran prestación de un microcontrolador para el desarrollo de este sistema es el Conversor Análogo Digital, y así otras funcionalidades que han sido la base fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías que están presentes día a día.

En la memoria del Microcontrolador sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada según el algoritmo que le sea designado a seguir, sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, una vez grabado el software y configurado el Microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada previamente.

## **2.3. EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A**

Este microcontrolador es fabricado por Microchip, familia a la cual se le denomina PIC. Bajo el nombre de esta subfamilia de microcontroladores, actualmente encontramos cuatro modelos: EL PIC 16F873/874/876 y 877. Estos microcontroladores disponen de una memoria de programa FLASH de 4 a 8 Kbytes de 14 bits, los microcontroladores 16F873 y el 16F876 son de 28 pines, mientras que 16F874 y el 16F877 tiene 40 pines,

lo que les permite disponer de hasta 33 líneas de E/S. En su arquitectura además incorporan, Varios Timer, USART, Bus I2C, considerablemente excelente para la implementación de este sistema se ha optado por el PIC16F877A por tener la mayor cantidad de puertos y su aplicación fundamental para este diseño el modulo ADC.

### **2.3.1. Características Principales**

- Procesador de arquitectura RISC avanzada.
- Juego de solo 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción.
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH en los modelos 16F876 y 16F877 y 4KB de memoria para los PIC 16F873 y 16F874.
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Pines de salida compatibles para el PIC 16F873/74/76/77.
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Modos de direccionamiento directo e indirecto.
- Power-on Reset (POR).
- Temporizador Power-on y Oscilador Temporizador Start-Up.
- Perro Guardián (WDT).
- Código de protección programable.
- Modo SLEEP de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos pines, solo necesita 5V para programarlo en este modo.
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5,5 V.

- Bajo consumo menor a 2 mA valor para 5 V y 4 MHz, 20 uA para 3V y 32Mhz, menor 1 uA en standby.

### 2.3.2. Periféricos

- **Timer0:** Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
- **Timer1:** Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador
- Dos módulos de Captura, Comparación y PWM
- Convertidor Analógico/Digital de 10 bits, 8 bits, hasta 8 canales
- Puerto Serie Síncrono (SSP)
- Puerto Serie Universal (USART/SCI).
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP): de 8 bits con líneas de protocolo

### 2.3.3. Diagrama de Pines y Funciones

A continuación se describe el nombre y la función de cada uno de los pines que conforman el microcontrolador PIC 16F877A (ver Figura II.8). En el ANEXO B se describe cada pin.

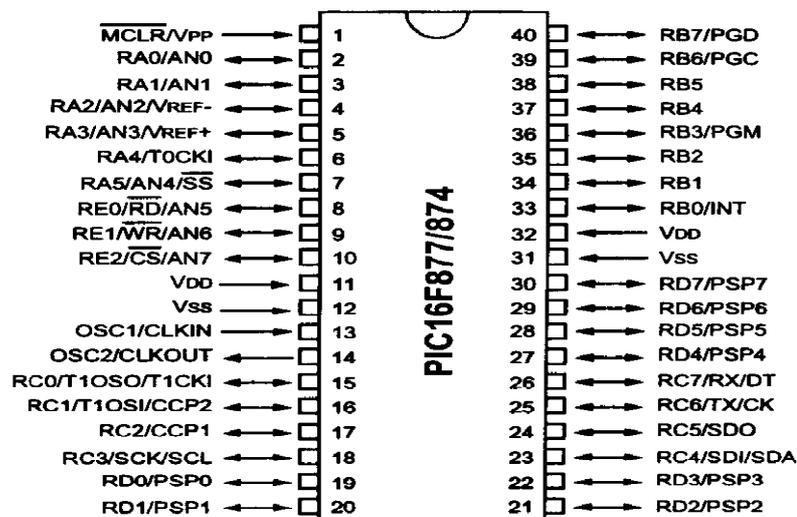


Figura II.8. Microcontrolador PIC16F877A

#### **2.3.4. Los puertos de Entrada/Salida**

**EL PUERTO A.** El PIC16f877A dispone de 5 puertos de E/S (Entrada/Salida), las líneas RA0 - RA3 y la línea RA5 admiten niveles de entrada TTL y de salida CMOS, además disponen de líneas de entradas analógicas. La línea RA4/T0CKI dispone de un circuito Schmitt Trigger que proporciona una buena inmunidad al ruido y la salida tiene drenador abierto, RA4 multiplexa su función de E/S con la de entrada de impulsos externos para TMR0.

**EL PUERTO B.** Consta de 8 líneas bidireccionales de E/S, RB7 - RB0, cuya información se almacena en el registro PORTB que ocupa la dirección 6 del banco 0. El registro de configuración TRISB ocupa la misma dirección en el Banco 1. La línea RB0/INT tiene dos funciones multiplexadas. Además de patita E/S, actúa como patita para la petición de una interrupción externa, cuando se autoriza esta función mediante la adecuada programación del registro INTCON.

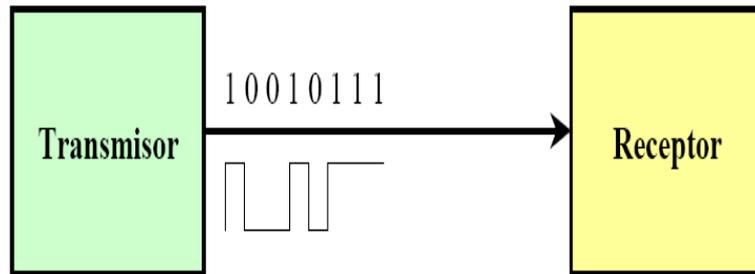
**EL PUERTO C.** Puerto de 8 líneas bidireccionales trabaja en forma similar a los dos puertos anteriores.

**EL PUERTO D Y E.** Puerto de 8 líneas bidireccionales las entradas disponen de buffers Schmitt-Trigger, presenta bloques comunes a todos los puertos anteriores tanto el puerto D como el puerto E.

El puerto E solo posee 3 líneas configurables como entradas o salidas, las líneas del puerto E están compartidas con el convertidor analógico/digital, por ello, antes de usarlas deberán ser configuradas como entradas/salidas digitales.

## 2.4. COMUNICACIÓN SERIE

La comunicación serial es el protocolo utilizado para la transmisión de datos y opcionalmente alguna línea o líneas para protocolo, además de ser el protocolo de comunicación de varios dispositivos que incluyen un puerto RS-232 (Figura II.9.).



**Figura II.9.** Comunicación serial

El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, se optó por este método de comunicación por ser más sencillo y por ser esta la comunicación que entiende un teléfono celular, la desventaja obvia de la comunicación serie es que los bits de un dato se envían de a uno por uno, de manera que mientras que la comunicación en paralelo envía en un ciclo un dato de 8 bits, a la comunicación serie le toma más de 8 ciclos (ya que además del dato en la comunicación serie se requiere agregar algunos bits de sincronización).

### 2.4.1. El Puerto Serie USART del PIC16F877A

La USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) es uno de los dos periféricos contenidos en el PIC que le permiten realizar comunicación en serie. El otro es el MSSP (Máster Synchronous Serial Port), el cual no se ha utilizado en la implementación de este sistema.

La USART, también conocida como SCI (Serial Communications Interface) puede configurarse como una unidad de comunicación en serie para la transmisión de datos asíncrona con dispositivos tales como terminales de computadora o computadoras personales, o bien para comunicación síncrona con dispositivos tales como convertidores A/D o D/A, circuitos integrados o memorias EEPROM con comunicación serie, etc. La gran mayoría de los sistemas de comunicación de datos digitales actuales utilizan la comunicación en serie, debido a las grandes ventajas que representa esta manera de comunicar los datos.

La USART del PIC puede ser configurada para operar en tres modos:

- Modo Asíncrono (full duplex), transmisión y recepción simultáneas
- Modo Síncrono – Maestro (half duplex)
- Modo Síncrono – Esclavo (half duplex)

#### 2.4.2. Modo Asíncrono

En este modo la USART usa un formato estándar **NRZ** asíncrono, el cual para la sincronización usa: 1 bit de inicio (**I**), 8 o 9 bits de datos y 1 bit de paro (**P**). Mientras no se están transmitiendo datos la USART envía continuamente un bit de marca (Figura II.10), cada dato es transmitido y recibido comenzando por el LSB. El hardware no maneja bit de paridad, pero el noveno bit puede ser usado para este fin y manejado por software.



**Figura II.10.** Modo asíncrono USART

## 2.5. EL CONVERTOR ANALÓGICO / DIGITAL

El PIC16F877A posee un módulo ADC interno que permite manejar 8 entradas analógicas (Figura II.11).

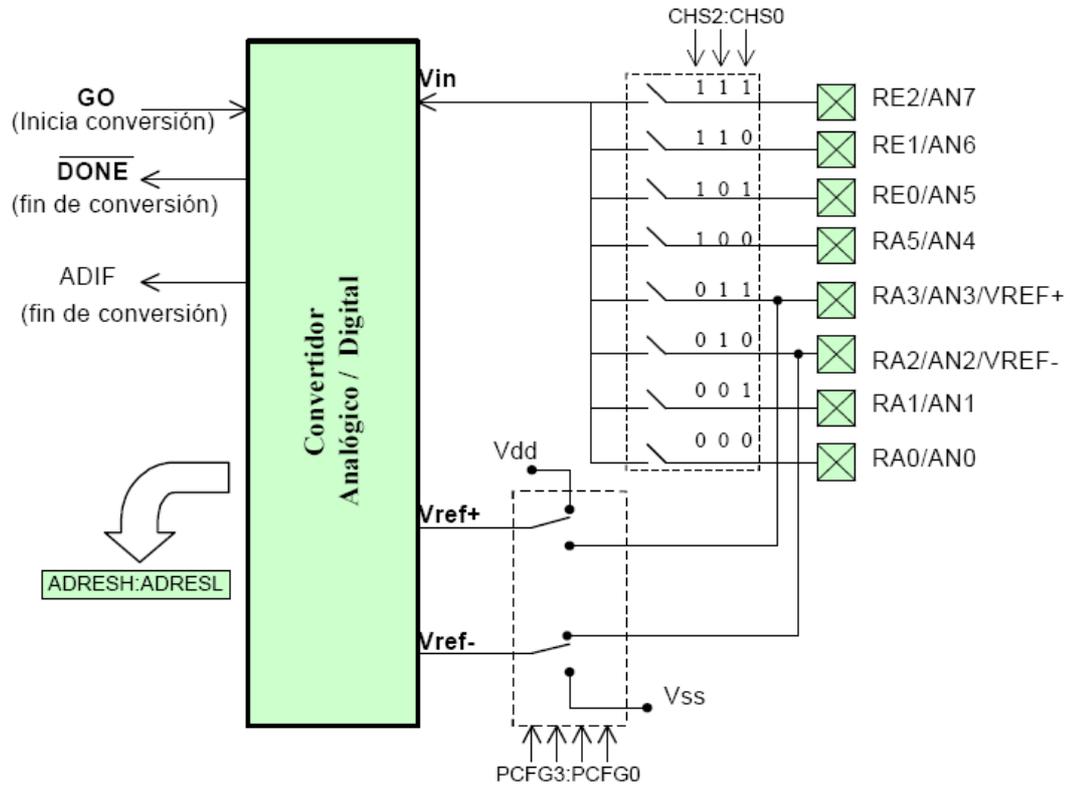


Figura II.11. Módulo Convertor análogo digital

**El multiplexor.-** El ADC es un convertidor de aproximaciones sucesivas de n bits, el cual puede realizar la conversión de una de las 8 entradas (o canales) analógicas AN0,..., AN7 multiplexadas por la lógica interna que utiliza como líneas de selección del canal los bits CHS2:CHS0, en donde se coloca el número en binario del canal a convertir.

**Voltajes de Referencia.-** Todo convertidor ADC requiere voltajes de referencia que determinan el valor de mínima escala (VREF-) y el de plena escala (VREF+), de manera que la conversión de un valor de voltaje analógico Vin en el rango de VREF- a

VREF+ producirá un valor equivalente a un valor binario D en el rango de 0 a  $(2^n - 1)$  donde n es el numero de bits a convertir. Si se tiene un **convertidor analógico/digital** de 10 bits y el rango de voltaje de entrada es de 0 a 5 voltios.

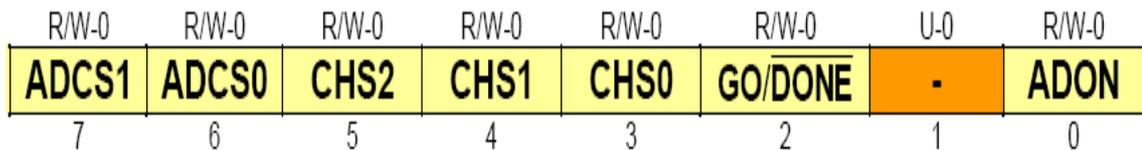
Con  $n = 10$  y  $V_{in} = 5$  Voltios

La **variación** será  $= \frac{V_{in}}{2^n - 1} = \frac{5}{2^{10} - 1} = 4,9\text{mV}$  (variación en el bit menos significativo)

### 2.5.1. Los Registros de Control

A continuación se presenta una descripción los registros relacionados con la operación del convertidor (Figura II.12 y Figura II.13).

**Registro ADCON0** (Dirección 1Fh)



**Figura II.12.** Registro ADCON0

Bits 7-6 **ADCS1:ADCS0**.- Selección de reloj de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla II.I.** Reloj Conversor Análogo Digital

ADCS1	ADCS0	Frecuencia seleccionada
0	0	$F_{OSC}/2$
0	1	$F_{OSC}/8$
1	0	$F_{OSC}/32$
1	1	$F_{RC}$ (oscilador RC interno)

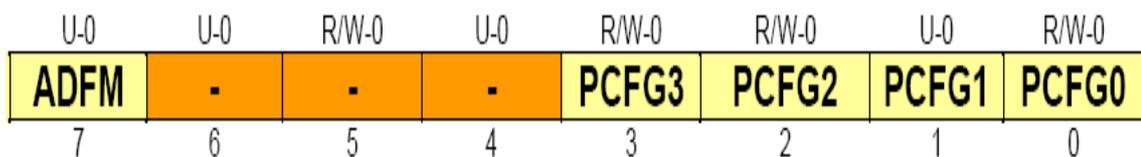
El oscilador RC interno del convertidor tiene un TAD típico de 4  $\mu$ s, sin embargo, puede variar entre 2 y 6  $\mu$ s, este reloj es recomendable para operación en modo SLEEP, ya que este modo desconecta la frecuencia del reloj externo.

Bits 5-3 **CHS2:CHS0**.- Selección de canal analógico a convertir, se selecciona uno de los ocho canales AN0,..., AN7 colocando en estos tres bits el número binario correspondiente al canal deseado. (Los canales analógicos a usar deberán tener sus bits TRIS correspondientes seleccionados como entradas).

Bit 2 **GO/DONE**.- Bit de inicio y fin de conversión, con el convertidor encendido, poniendo este bit en 1 se inicia la conversión del canal seleccionado. Este bit permanece en 1 durante la conversión y es limpiado automáticamente por el convertidor al terminar la conversión.

Bit 0 **ADON**.- Encendido del convertidor, al poner este bit en 1 el convertidor se enciende y al ponerlo en 0 se apaga y no consume corriente.

**Registro ADCON1 (Dirección 9Fh)**



**Figura II.13.** Registro ADCON1

Bit 7 **ADFM**.- Selección de formato del resultado, al ponerlo en 1 se selecciona resultado de 10 u ocho bits justificado a la derecha. Y con un 0 se selecciona justificación a la izquierda.

Bits 3-0 **PCFG3:PCFG0**.- Bits de configuración de las entradas del convertidor, configuran las patitas de entrada del convertidor de acuerdo a la siguiente tabla, (en donde A = Entrada Analógica D = Entrada /Salida digital).

**Tabla II. II.** Configuración para el registro ADCON1 del PIC16F877A

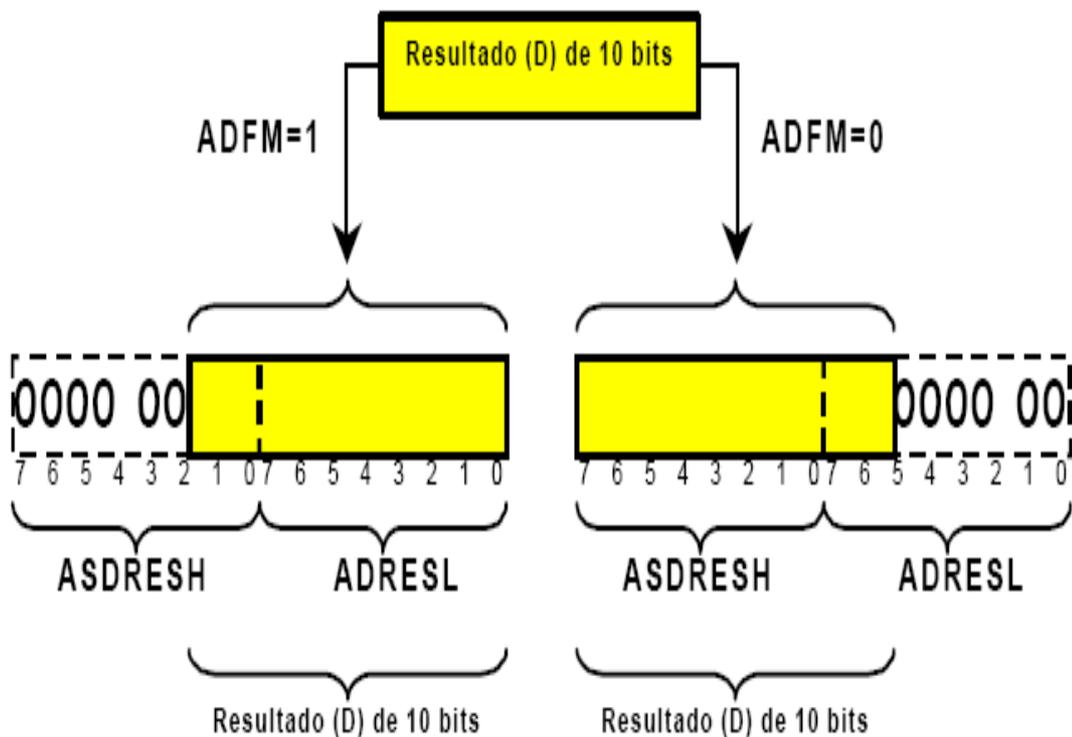
PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	8/0
0001	A	A	A	A	V <sub>REF+</sub>	A	A	A	AN3	V <sub>SS</sub>	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	5/0
0011	D	D	D	A	V <sub>REF+</sub>	A	A	A	AN3	V <sub>SS</sub>	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	3/0
0101	D	D	D	D	V <sub>REF+</sub>	D	A	A	AN3	V <sub>SS</sub>	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	0/0
1000	A	A	A	A	V <sub>REF+</sub>	V <sub>REF-</sub>	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	6/0
1010	D	D	A	A	V <sub>REF+</sub>	A	A	A	AN3	V <sub>SS</sub>	5/1
1011	D	D	A	A	V <sub>REF+</sub>	V <sub>REF-</sub>	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	V <sub>REF+</sub>	V <sub>REF-</sub>	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	V <sub>REF+</sub>	V <sub>REF-</sub>	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	1/0
1111	D	D	D	D	V <sub>REF+</sub>	V <sub>REF-</sub>	D	A	AN3	AN2	1/2

C/R nos indica el número de canales analógicos de entrada disponibles y el número de canales analógicos usados como entradas de voltaje de referencia.

### 2.5.2. Los Registros de Resultados

El par de registros **ADRESH: ADRESL (Direcciones 1Eh:9Eh)**, son cargados con el dato resultante de una conversión analógico / digital al terminar ésta. Cada uno de estos registros es de 8 bits, por lo tanto, juntos pueden guardar hasta 16 bits.

Sin embargo, como el resultado puede ser de 10 o 8 bits, el módulo de conversión A/D permite justificarlo (alinearlo) en la parte izquierda o derecha de los 16 bits disponibles, para elegir alguna de las dos opciones se usa el bit ADFM ( $ADCON1\langle 7 \rangle$ ) como se muestra en la Figura II.14.



**Figura II.14.** Registros de resultados

### 2.5.3. El proceso de Conversión Analógico/Digital

En el siguiente diagrama de tiempo se muestran los eventos que tienen lugar durante el proceso de una conversión analógico / digital.

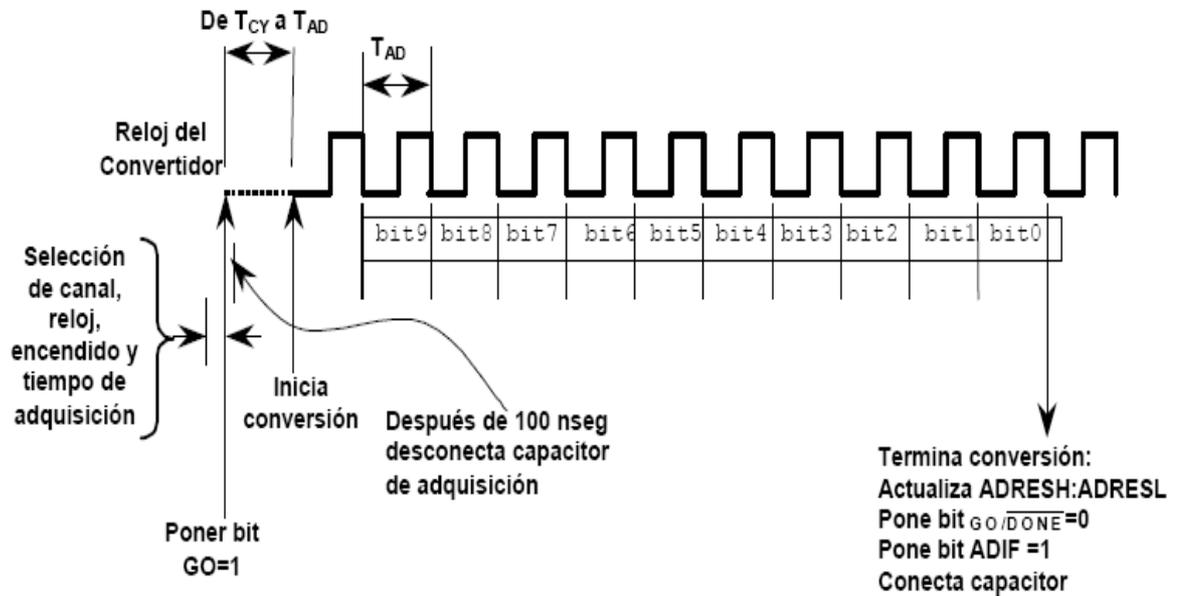


Figura II.15. Conversión analógico / digital

De acuerdo a la Figura II.15, para echar a andar el convertidor se deberán seguir los siguientes pasos:

#### 1. Configurar el módulo A/D:

- Configurar los pines analógicos y los Voltajes de referencia VREF- y VREF+, mediante el registro **ADCON1 (9Fh)** (y los correspondientes bits TRIS como entradas).
- Seleccionar el canal de entrada a convertir mediante los bits CHS2:CHS0 del registro **ADCON0 (1Fh)**.
- Seleccionar el reloj de conversión mediante los bits ADCS1:ADCS2 (ADCON0<7:6>).
- Energizar el convertidor mediante el bit ADON (ADCON0<0>).

2. Configurar interrupciones para el convertidor A/D (si se desea), para ello limpiar ADIF y poner ADIE, PEIE y GIE.
3. Esperar mientras transcurre el **tiempo de adquisición** (unos 20  $\mu$ seg).
4. Iniciar la conversión poniendo el bit **GO/DONE** (ADCON0<2>).
5. Esperar a que termine la conversión:
  - **Por “poleo” (Polling):** Consultando continuamente el bit **GO/DONE** (el cual es limpiado por el convertidor cuando la conversión está completa).
  - **Por interrupciones:** Cuando la conversión termina, la bandera ADIF se activa y esto genera una solicitud de interrupción, la cual deberá ser atendida por una rutina de atención a la interrupción diseñada para ello.
  - Leer el dato convertido D de los registros (ADRESH: ADRESL).
6. Para la siguiente conversión, esperar al menos 2TAD (Donde TAD es el tiempo de conversión por bit).

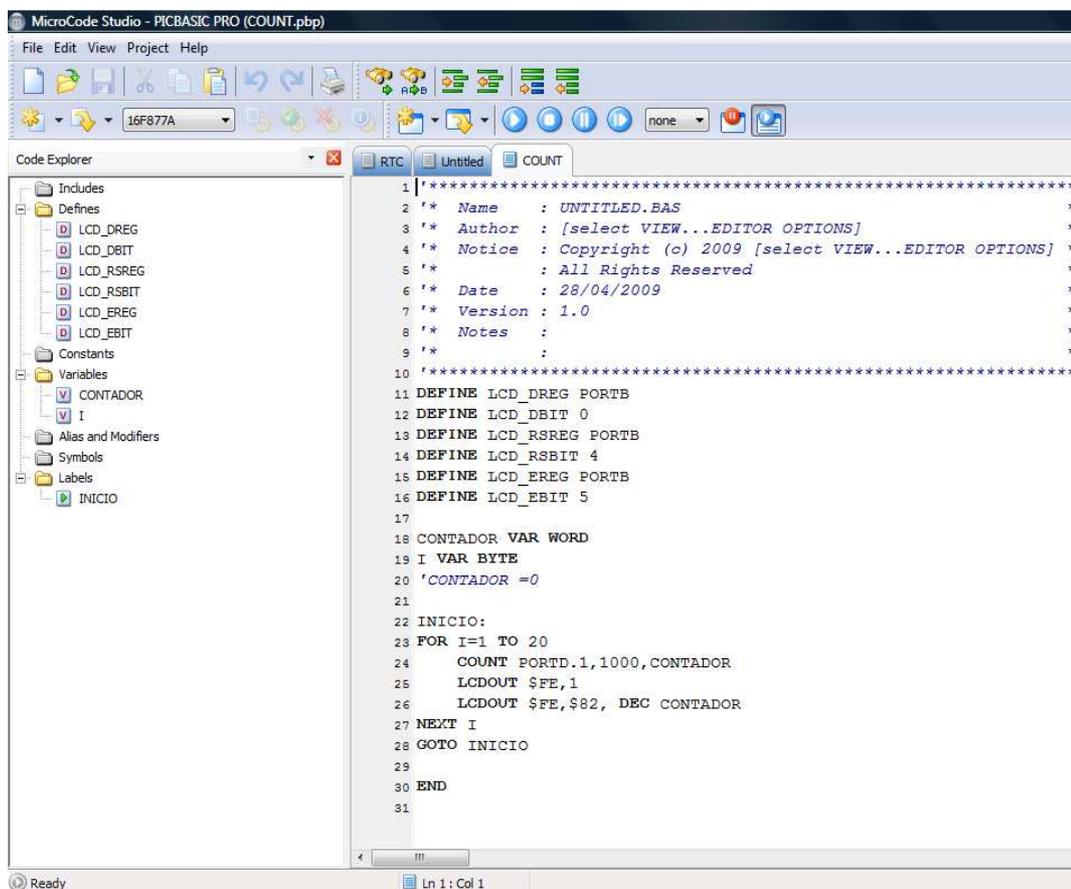
## 2.6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS AUXILIARES

Estos son todos los programas que se han utilizado para el diseño del sistema de recolección de información meteorológica, Microsoft Visual Basic y Microsoft Access serán los de aplicación del sistema implementado mientras que los otros son de desarrollo.

### 2.6.1. Microcode Studio

Microcode es el software editor en programación en alto nivel como lo es el bloc de notas de Windows, pero con la diferencia que con la diferencia que esta hecho exclusivamente para facilitar la programación de los microcontroladores PIC, en la

Figura II.16 podemos observar la pantalla principal del Microcode Studio en la parte izquierda podemos encontrar las diferentes partes de nuestro proyecto también podemos elegir el tipo de microcontrolador a utilizar, si el programa está bien escrito y sin fallas compilara y mostrara en la parte inferior izquierda el numero de palabras que está utilizando el PIC, y enseguida se creara tres archivos: .mac, .asm y el .hex, este último es el más importante para el PIC y es el que se cargara en el.



**Figura II.16.** Pantalla Principal de Microcode

### 2.6.2. Compilador PICBasic Pro

Este es el compilador que nos facilita la programación de los PIC, ya que Microcode es un editor, el compilador es el encargado de generar el archivo hexadecimal .HEX, necesario para poder grabar en el microcontrolador PIC.

### 2.6.3. WinPic800

El GTP-USB [plus] es la solución para la grabación de firmware para microcontroladores. Su diseño simple y compacto permite usarse con los ordenadores más modernos, portátiles etc. sin necesidad de ninguna fuente externa, sirviéndose del propio puerto USB.

Es el hardware recomendado por WinPic800, mejorándose, actualizándose y expandiéndose periódicamente le convierten en una herramienta muy potente sin los inconvenientes y problemas que contrae usar otros puertos del ordenador (Figura II.17).

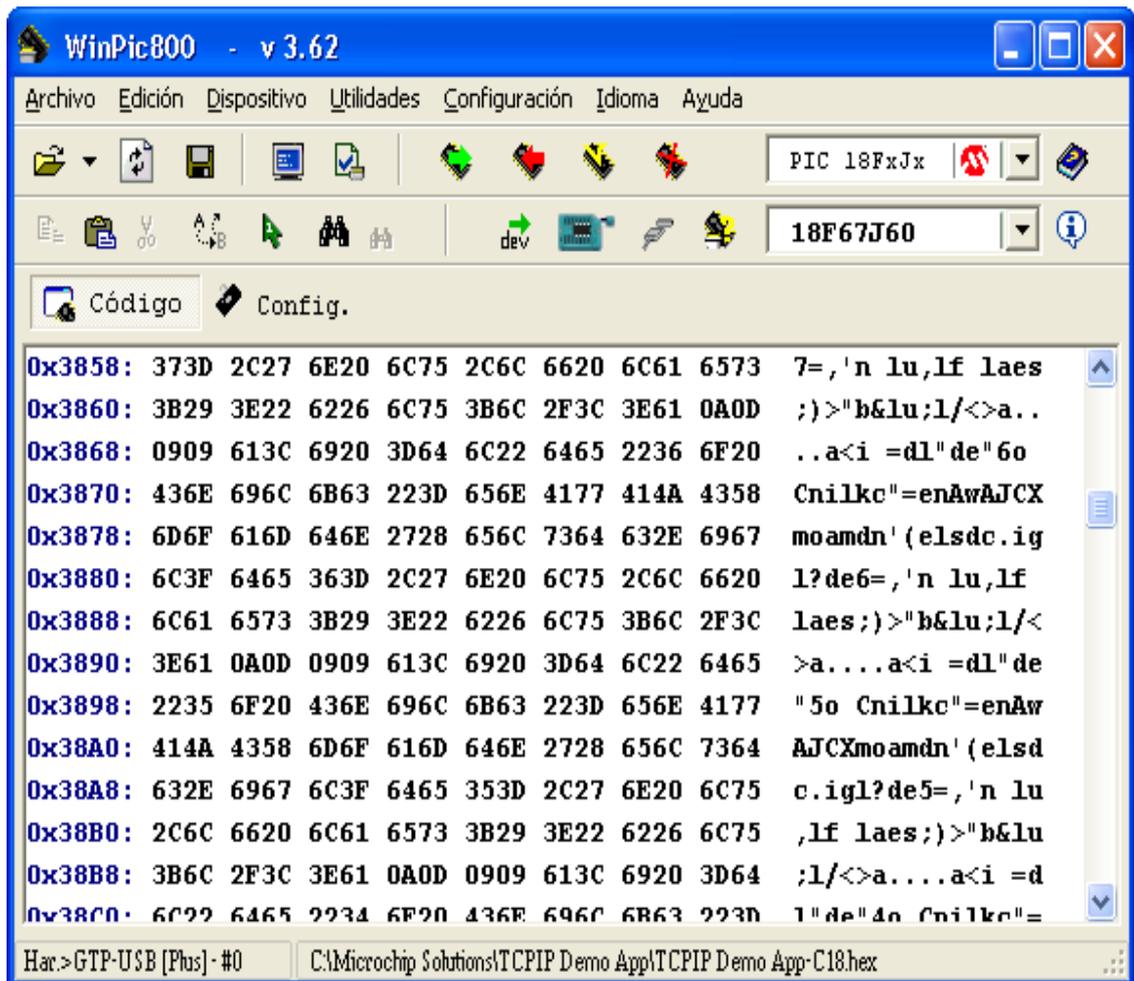


Figura II.17. Pantalla principal de WinPic800

**Características:**

- Soporta el control del programa **WinPic800**
- El firmware se auto actualiza con cada nueva versión.
- Muy rápido, gracias al uso del propio puerto y los algoritmos del software.
- Su salida ICSP permite programar los dispositivos en su hardware definitivo.
- Salida para toda la gama de Zócalos ZIF.
- Permite acoplar adaptadores para nuevas tecnologías.

**2.6.4. Microsoft Visual Basic 6.0**

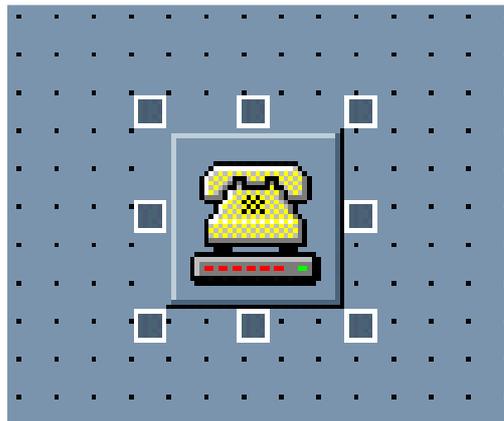
Visual Basic 6.0 es un lenguaje de programación visual, también llamado lenguaje de cuarta generación, esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla.

Visual Basic 6.0 está orientado a la realización de programas para Windows, pudiendo incorporar todos los elementos de este entorno informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús etc.

**2.6.4.1. Control “MSComm”**

Este control permite la comunicación de una aplicación de Visual Basic con el puerto serie, este componente establece la comunicación del teléfono celular con el software de aplicación creándose un puerto virtual, utilizando de por medio el cable de datos DKU-5, permitiendo descargar el mensaje de texto. No se encuentra en la caja de herramientas, por lo que será necesario agregarlo mediante **Proyecto >Componentes > Microsoft COM Control 6.0.**

En el formulario solamente se puede ver en tiempo de diseño más no en tiempo de ejecución, el icono que lo representa en la caja de herramientas aparecerá en el formulario como se muestra en la Figura II.18.



**Figura II.18.** Control MSComm

#### **2.6.5. Microsoft Access**

Microsoft Access es un programa Sistema de gestión de base de datos relacional creado y modificado por Microsoft para uso personal de pequeñas organizaciones, como se puede apreciar en la Figura II.19, es un componente de la suite Microsoft Office aunque no se incluye en el paquete "básico".

Una posibilidad adicional es la de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas, dentro de un sistema de información entraría dentro de la categoría de Gestión y no en la de Ofimática como algunos creen.

Se optó por ACCESS por ser una de las bases más conocidas por un usuario siendo una herramienta del paquete de ofimática Microsoft Office más utilizado de hoy en día, tiene un sistema de seguridad de cifrado bastante primitivo y puede ser la respuesta a

proyectos de programación de pequeños y medianos tamaños, como en este caso, la base de datos contiene una tabla, cada registro compuesto por seis campos Fecha, Hora, Temperatura, Humedad, Dirección y Velocidad del viento, cada dato descargado del teléfono móvil será almacenado de forma permanente.

ID	Fecha	Hora	Dirección	Velocidad	Temperatura	Humedad
3369	2009/10/19	21:12	N	2	16,3	41
3370	2009/10/19	22:12	NE	1	15,9	43
3371	2009/10/19	23:12	NE	0,4	15,5	45
3372	2009/10/19	24:12	E	0,9	16,4	43
3373	2009/10/19	00:12	SE	0,6	13,6	40
3374	2009/10/19	1:12	N	0,7	12,7	47
3375	2009/10/19	2:12	E	1	10,9	43
3376	2009/10/19	3:12	SW	0,9	11,5	44
3377	2009/10/19	4:12	W	2	9,9	43
3378	2009/10/19	5:12	N	3	6,1	43
3379	2009/10/19	6:12	NW	0,1	6,5	43
3380	2009/10/19	7:12	SE	2	7,1	44
(Nuevo)	0					

Figura II.19. Microsoft Access

## **CAPÍTULO III**

### **TECNOLOGÍA MOVIL**

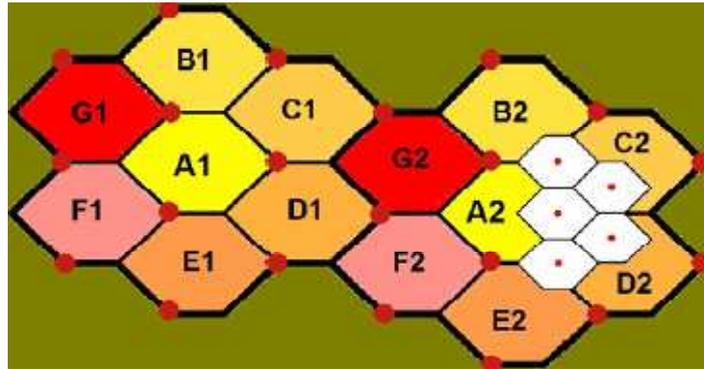
#### **3.1. COMUNICACIÓN MOVIL**

En las comunicaciones móviles, en las que emisor o receptor están en movimiento, la movilidad de los extremos de la comunicación, excluye casi por completo la utilización de cables para alcanzar dichos extremos, por tanto utiliza básicamente la comunicación vía radio.

Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación vía radio: la movilidad de los extremos de la conexión, otras bondades de las redes inalámbricas son el ancho de banda que proporcionan, el rápido despliegue que conllevan al no tener que llevar a cabo obra civil, se puede efectuar un sinnúmero de actividades potenciadas por el gran auge de nuevos dispositivos suficientemente pequeños para ser transportados de un lugar a otro y que pueden ser utilizados durante su transporte, con capacidades de almacenamiento y procesamiento de datos como lo es un teléfono celular.

### 3.2. TELEFONÍA CELULAR

El concepto celular permite que un sistema de comunicaciones móviles pueda cubrir un área determinada con una densidad de usuarios variable, normalmente creciente, sin requerir más espectro radioeléctrico que el inicialmente asignado.



**Figura III.1.** Celdas en un sistema de comunicaciones móviles

El nombre de telefonía celular viene de la idea de dividir una zona geográfica, a la que se desea dar servicio, en áreas pequeñas llamadas células o celdas. El concepto celular se puede resumir en dos aspectos claves: re-uso de frecuencias y división de celdas, la Figura III.1 ilustra el concepto celular.

#### 3.2.1. Celda o Célula

La celda o célula es una unidad básica de cobertura en que se divide un sistema celular, una celda se define como el área que cubre un transmisor o una colección de transmisores. El tamaño de las celdas está determinado por la potencia del transmisor y restricciones naturales y/o artificiales impuestas por el sector a cubrir. La forma de las celdas puede ser cualquiera, pero se elige la forma hexagonal para una mejor descripción del sistema, se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a, un patrón circular, mientras elimina espacios

presentes entre los círculos adyacentes, las celdas dentro del área de cobertura se las identifica por un número llamado CGI.

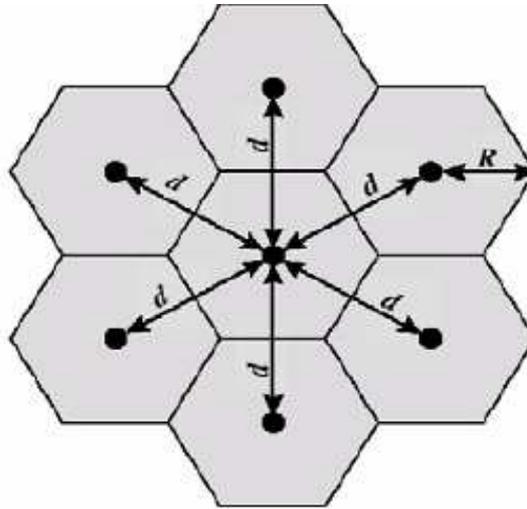
El tipo de celdas a utilizar en un sistema celular depende de la demanda del servicio celular en la población y de parámetros físicos propios del área a la que se dará servicio, así se tienen diferentes tipos de celdas:

- **Macro-celdas.-** Las macro-celdas son celdas que permiten brindar servicio a áreas geográficas grandes, remotas y escasamente pobladas.
- **Micro-celdas.-** Las micro-celdas se usan para cubrir áreas densamente pobladas, o dividir celdas existentes en celdas más pequeñas.
- **Celdas selectivas.-** Las celdas selectivas son diseñadas para cubrir zonas con una cobertura menor a los 360 grados.
- **Celdas de paraguas.-** La celda de paraguas cubre varias micro-celdas, se la usa con el propósito de disminuir el número de handovers que se producen en estaciones móviles que cambian rápidamente de micro-celdas y disminuir el trabajo de la red. El nivel de potencia dentro de la celda de paraguas se incrementa en comparación con el nivel de potencia usado en las micro-celdas.

### **3.2.2. Clúster o Racimo**

El clúster está formado por un conjunto de celdas, las cuales agrupan la totalidad de frecuencias disponibles para la red celular, es decir ningún canal puede ser re-usado dentro del clúster, el uso de las frecuencias en los clúster se realiza usando patrones de re-uso de frecuencia. Debe encontrarse un equilibrio en el número de celdas del clúster para evitar la interferencia que podría ocurrir entre los clúster vecinos, los clúster típicos agrupan 4, 7, 12 o 21 celdas.

El clúster con menor número de celdas posee el mayor número de canales por celda, en la Figura III.2 se muestra un ejemplo de un clúster de 7 celdas.



**Figura III.2.** Clúster de 7 celdas

### 3.2.3. Cobertura Celular

Cobertura es la zona en la cual la estación móvil puede comunicarse con las estaciones transceptoras y viceversa, la cobertura se planifica tomando en cuenta las condiciones de transmisión en las que se puede encontrar la estación móvil, las cuales son determinadas por las características particulares del proyecto radioeléctrico. Para implementar un sitio de cobertura se analizan requerimientos tales como: área de servicio o comercialización, tipo de servicio, población y el crecimiento del área proyectada, únicamente puede hablarse de cobertura en sentido estadístico, esto implica que, las áreas que se representan teóricamente cubiertas, lo están en un determinado porcentaje de tiempo.

### 3.2.4. Capacidad Celular

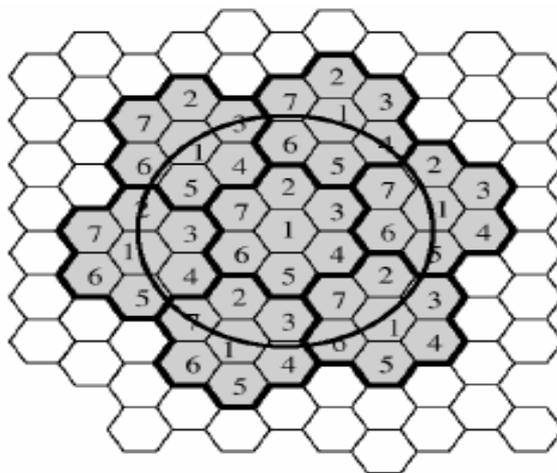
La capacidad celular es el tráfico total que puede soportar la red celular, la capacidad del sistema es función del número de canales utilizados, ancho de banda disponible,

tamaño de las celdas y configuración de los clúster, este último parámetro está ligado a la relación de interferencia co-canal que el sistema sea capaz de soportar.

Al ser un sistema de concentración de canales, la capacidad por cada bloque de canales se calcula mediante la aplicación de la fórmula de Erlang B, es decir, como un sistema de llamadas con pérdidas en donde la llamada entrante es rechazada en caso de congestión del sistema. La red celular permite soportar gran capacidad de tráfico, mediante el re-uso de frecuencias y sectorización de celdas, el diseño de la capacidad de los sistemas se realiza por zonas, considerando el caso de tráfico más desfavorable, es decir, el tráfico en la hora cargada.

### 3.2.5. Reutilización de Frecuencias

El concepto de reutilización de frecuencias se basa en asignar a cada celda un grupo de canales de radio de los canales disponibles, los cuales son diferentes entre celdas vecinas. El grupo de canales asignados a cada celda puede ser usado en otras celdas cuando estén separados por una distancia mínima adecuada para que sus frecuencias no interfieran (Figura III.3.).



**Figura III.3.** Reutilización de frecuencias

La reutilización de frecuencias puede ocasionar interferencia entre canales que utilizan la misma frecuencia, para controlar este efecto se define la relación de re-uso de canales Ec. 1.

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 * N} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

D: distancia mínima entre celdas con el mismo grupo de frecuencias

R: distancia desde el centro de la celda al punto extremo de la misma

N: número de celdas por clúster, que depende del patrón celular.

### **3.2.6. Señalización**

Señalización es toda comunicación dedicada a gestionar los recursos del sistema para permitir la comunicación, al hablar de comunicaciones celulares, se tiene la señalización asociada a la transmisión de radio y la relativa a la propia estructura de red, sólo se diferencian por el tipo de entidades a las que ponen en comunicación.

Funcionalmente se puede distinguir los siguientes tipos de señalización:

- Señalización destinada a la gestión de los recursos de radio.
- Señalización destinada a la gestión de la movilidad.
- Señalización destinada al establecimiento de la comunicación.

### **3.2.7. Handover o Transferencia**

Es el proceso de pasar la comunicación de una estación móvil que ocupa un canal de radio a otro, con el propósito de no dejar caer una llamada y asegurar una relación señal

a ruido adecuada durante todo el lapso de la llamada, cuando un usuario cruza el límite entre celdas adyacentes se realiza el proceso de Handover sin interrumpir la llamada o alertar al usuario.

### **3.2.8. Uso del Espectro en Sistemas Celulares**

Un sistema de comunicaciones de radio se basa en la transmisión y recepción de señales transportadas por frecuencias portadoras, el plan de frecuencias organiza el uso de estas frecuencias portadoras, para cada operadora. Los sistemas celulares en Ecuador trabajan en la banda de 800 MHz para Movistar, 850 MHz para Porta y 1900Mhz para la operadora estatal Alegro (Tabla III.I).

**Tabla III.I.** Espectro de frecuencias

<b>Operadora</b>	<b>Frecuencia (MHz)</b>
Movistar	800
Porta	850
Alegro	1900

### **3.2.9. Roaming o Itinerancia**

Roaming es la capacidad que se ofrece a una estación móvil para poder registrarse en cualquier VLR de la misma u otra red celular. Se produce cuando un suscriptor móvil hace una llamada desde una celda a la que usualmente no pertenece, o también se produce cuando un operador al no proveer cobertura en un área de servicio procede a un convenio con otra operadora para que el usuario pueda registrarse en su VLR, denominándole usuario Roaming. El Roaming se da como consecuencia de acuerdos mutuos entre operadores de otras redes y a la vez de acuerdos entre el usuario y el

operador de la red, se pueden tener casos de Roaming nacional o internacional, el Roaming no puede ocurrir dentro de sistemas técnicamente incompatibles.

### **3.2.10. Subdivisión de Celdas**

Si el tráfico llega a acceder la capacidad del número de canales de la celda esta se subdivide de manera que la celda original contenga varias celdas de menor tamaño que cumplan con la norma de re-uso, la subdivisión de celdas permite al sistema ajustarse al crecimiento de la densidad de tráfico demandada sin incrementar el espectro que se utiliza, no obstante, la subdivisión de celdas implica también la degradación de la señal.

## **3.3. SISTEMA GSM**

El sistema GSM es un sistema de telefonía celular para la transmisión digital de voz y datos con una gran calidad que se ha extendiendo por todo el mundo. Para poder utilizarlo, debe disponer de un teléfono celular compatible, abonarse al servicio GSM, utilizar un cable GSM y emplear un software de comunicaciones compatible con GSM.

### **3.3.1. Arquitectura de una Red GSM**

Todas las redes GSM se pueden dividir en cuatro partes fundamentales y bien diferenciadas (ver Figura III.4).

**La Estación Móvil o Mobile Station (MS).**- Consta a su vez de dos elementos básicos que debemos conocer, por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM, con respecto a los terminales poco tenemos que decir ya que los hay para todos los gustos, lo que si tenemos que comentar es que la diferencia entre unos y otros radica fundamentalmente en la potencia que tienen que va desde los 20 vatios (generalmente

instalados en vehículos) hasta los 2 vatios de nuestros terminales. El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de nuestro terminal, esta tarjeta se inserta en el interior del móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por su operador, sin la tarjeta SIM el terminal no nos sirve de nada porque no podemos hacer uso de la red. El SIM está protegido por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN.

La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de terminal y llevarse consigo el SIM aunque todos sabemos que esto en la práctica en muchas ocasiones no resulta tan sencillo. Una vez que se introduce el PIN en el terminal, el terminal va a ponerse a buscar redes GSM que estén disponibles y va a tratar de validarse en ellas, una vez que la red (generalmente la que tenemos contratada), ha validado nuestro terminal el teléfono queda registrado en la célula que lo ha validado.

**La Estación Base o Base Station Subsystem (BSS).**- Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Como los MS también constan de dos elementos diferenciados: La Base Transceiver Station (BTS) o Base Station y la Base Station Controller (BSC).

La BTS consta de transceivers y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determinan el tamaño de la célula. Los BSC se utilizan como controladores de los BTS y tienen como funciones principales las de estar al cargo de los handovers, los frequency hopping y los controles de las frecuencias de radio de los BTS.

### **Subsistema de Conmutación y Red o Network and Switching Subsystem (NSS).-**

Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red, para poder hacer este trabajo la NSS se divide en siete sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:

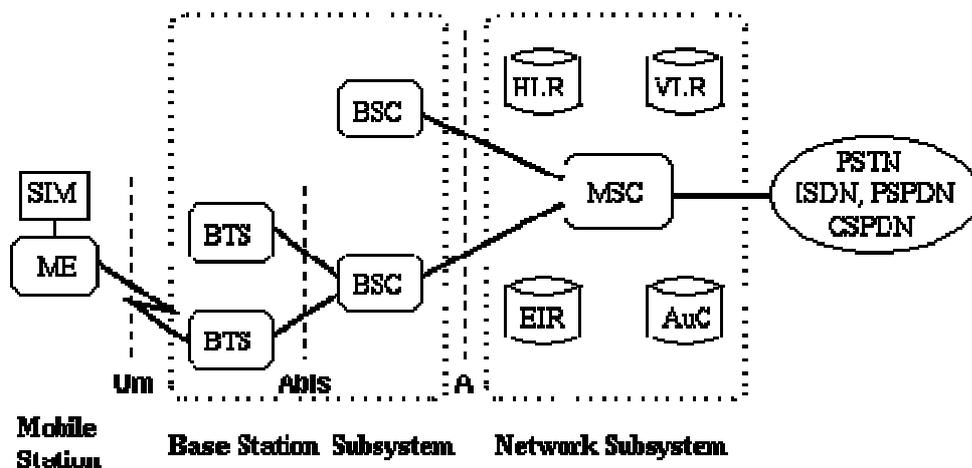
- **Mobile Services Switching Center (MSC):** Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
- **Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC):** Un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. Bien, la misión del GMSC es esta misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM .
- **Home Location Register (HLR):** El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR tenemos fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HLR funciona en unión con el VLR que vemos a continuación.
- **Visitor Location Register (VLR):** contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.
- **Authentication Center (AuC):** Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.
- **Equipment Identity Register (EIR):** También se utiliza para proporcionar mas

seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene los International Mobile Equipment Identity o IMEI de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red.

- GSM Interworking Unit (GIWU): sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.

### Los Subsistemas de soporte y Operación o Operation and Support Subsystem

(OSS).- Los OSS se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el número de BSS se está incrementando se pretende delegar funciones que actualmente se encargan de hacerlas el subsistema OSS a los BTS de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema.



SIM	Subscriber Identity Module	BSC	Base Station Controller	MSC	Mobile services Switching Center
ME	Mobile Equipment	HLR	Home Location Register	EIR	Equipment Identity Register
BTS	Base Transceiver Station	VLR	Visitor Location Register	AuC	Authentication Center

Figura III.4. Arquitectura de una red GSM

### 3.3.2. El Teléfono Celular

El teléfono celular se ha convertido en un compañero inseparable, un medio de comunicarse en cualquier momento y en cualquier lugar, las necesidades de comunicación de las personas son muy diversas y existen situaciones en las que lo que requerimos es comunicarnos de una forma barata, rápida y precisa. Entonces porque no sacarle un provecho muy útil en le envío de un SMS con un contenido de datos meteorológicos utilizando la red GSM. Para este propósito se va a utilizar un teléfono con todas las prestaciones necesarias como es el celular Nokia 3220 (Figura III.5).



**Figura III.5.** Celular Nokia 3220

De este solo basta con conocer los pines de 6 (Rx) ,7 (Tx) y 8 (GND) para poder comunicarse con este teléfono ya sea con la PC o el microcontrolador, pines descritos en TABLA III.II.



**Figura III.6.** Conector NOKIA 3220

**Tabla III.II.** Descripción de pines del puerto del celular Nokia 3220

Pin Number	Pin Name	Description
1	Vin	Charger input
2	GND	Charger ground
3	ACI	Accessory Control Interface (short with pin 2 for handsfree recognition)
4	V Out	Connected to pin 3 in DKU-2 usb data cable
5	USB Vbus	Also act as USB power detection? Should be connected to USB pin 1 in usb data cable. (USB Vcc +5V)
6	FBus Rx/USB D+	USB exists only in some models*. Should be connected to USB pin 3 in usb data cable. (USB DATA+)
7	FBus Tx/USB D-	USB exists only in some models*. Should be connected to USB pin 2 in usb data cable. (USB DATA-)
8	GND	Data GND (USB GND)
9	X Mic-	Audio in - Ext. Mic input negative
10	X Mic+	Audio in - Ext. Mic input positive
11	HS Ear L-	Audio out - Ext. Audio out - left, negative
12	HS Ear L+	Audio out - Ext. Audio out - left, positive
13	HS Ear R-	Audio out - Ext. audio out - right, negativ
14	HS Ear R+	Audio out - Ext. audio out - right, positiv. Pins 10-14 may be used for antenna connection.
	GND	shield GND in cavities

Por supuesto que es necesario tener un cable apropiado para esto ya que no cualquier cable permite acoplar el teléfono o modem con el microcontrolador, el cable más usado y recomendado es el DKU-5 (Figura III.7).



**Figura III.7.** Cable DKU-5

Este cable tiene una hardware especial que le envía una trama de datos por el pin 3 (ver Figura III. 6.) al ser conectado al teléfono.



**Figura III.8.** Cable conectado al teléfono

El teléfono celular lo detecta automáticamente sin que el otro extremo este conectado al computador, mostrando el mensaje que aparece en la Figura III. 8, así podemos

asegurarnos que se abrió el puerto del teléfono y está listo para atender a peticiones por medio de comandos AT.

### **3.3.3. Comandos AT**

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem, los comandos AT se denominan así por la abreviatura de **attention**, aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales.

Todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este juego de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y permite acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal, queda claro que la implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, de esta forma es posible distinguir distintos teléfonos móviles del mercado que permiten la ejecución total del juego de comandos AT o sólo parcialmente. Existen varios tipos de comandos AT, como también específicos para los teléfonos Nokia, un resumen de los comandos para GSM en teléfonos Nokia:

#### **Comandos generales**

- a) AT+CGMI: Identificación del fabricante

- b) AT+CGSN: Obtener número de serie
- c) AT+CIMI: Obtener el IMSI.
- d) AT+CPAS: Leer estado del modem

#### **Comandos del servicio de red**

- a) AT+CSQ: Obtener calidad de la señal
- b) AT+COPS: Selección de un operador
- c) AT+CREG: Registrarse en una red
- d) AT+WOPN: Leer nombre del operador

#### **Comandos de seguridad**

- a) AT+CPIN: Introducir el PIN
- b) AT+CPINC: Obtener el número de reintentos que quedan
- c) AT+CPWD: Cambiar password

#### **Comandos para la agenda de teléfonos**

- a) AT+CPBR: Leer todas las entradas
- b) AT+CPBF: Encontrar una entrada
- c) AT+CPBW: Almacenar una entrada
- d) AT+CPBS: Buscar una entrada

#### **Comandos para SMS**

- a) AT+CPMS: Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS
- b) AT+CMGF: Seleccionar formato de los mensajes SMS  
Modo = 0 indica formato de mensajes en modo PDU  
Modo = 1 indica formato de mensajes en modo TEXTO
- c) AT+CMGR: Leer un mensaje SMS almacenado
- d) AT+CMGL: Listar los mensajes almacenados
- e) AT+CMGS: Enviar mensaje SMS

- f) AT+CMGW: Almacenar mensaje en memoria
- g) AT+CMSS: Enviar mensaje almacenado
- h) AT+CSCA: Establecer el Centro de mensajes a usar
- i) AT+ WMSC: Modificar el estado de un mensaje

El envío de comandos AT requiere la siguiente estructura:

**Petición:**

```
      end tag  
      AT+CGMI<CR>  
command
```

<CR> ... Carriage return

**Respuesta correcta:**

```
      response  
      <CR><LF>Nokia Mobile Phones<CR><LF>  
      <CR><LF>OK<CR><LF>  
start sequence      end sequence
```

<CR> ... Carriage return

<LF> ... Line feed

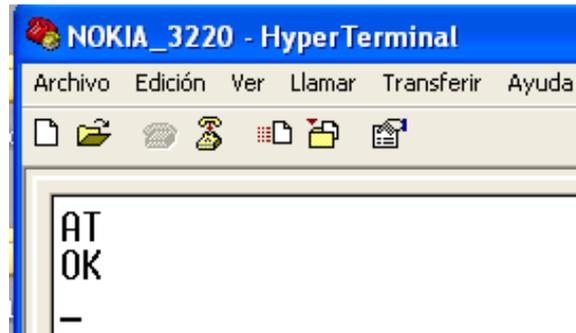
**Respuesta incorrecta:**

```
<CR><LF>ERROR<CR><LF>  
start sequence  end sequence
```

**3.3.4. Aplicación práctica de los comandos AT**

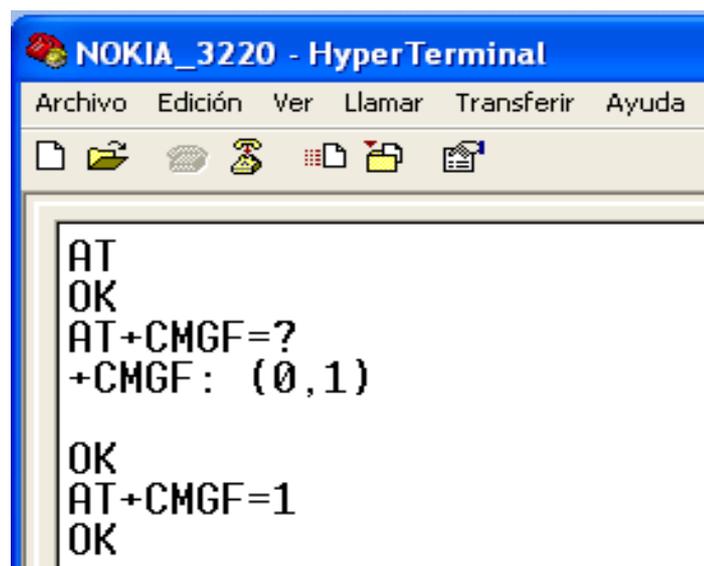
Normalmente, es posible conectarse a un teléfono móvil GSM a través de un cable serie o infrarrojos, y establecer una sesión de comandos AT, como se puede observar en la

Figura III.9 capturada de la consola de HYPERTERMINAL, utilizando el cable de datos DKU-5 establecemos comunicación con el teléfono móvil y empezamos a enviar comandos AT descritos anteriormente, para cada comando AT, el teléfono móvil nos responde con el resultado de la ejecución del comando y con un OK.



**Figura III.9.** Comunicación vía HyperTerminal con el celular

Envío de comando AT para cambiar un SMS de modo PDU modo texto (Figura III. 10), por defecto si queremos leer un SMS vía comandos AT el celular nos entrega en modo PDU, para obtener un mensaje en modo texto enviamos “AT+CMGF=1”.



**Figura III.10.** AT para cambiar un SMS de modo PDU a texto



analógicos que la precedieron; consiguiendo un mejor rendimiento, calidad y seguridad, aprovechar mejor el espectro radioeléctrico, y tener amplias coberturas nacionales e internacionales a través del roaming . Este sistema alcanza una velocidad máxima de transferencia de datos de 9,6 Kbps, lo cual limita el tipo de servicios que se pueden ofrecer.

SMS consiste en el intercambio de mensajes únicamente de texto sin formato (es decir, no se pueden seleccionar diferentes fuentes, tamaños y estilos) entre teléfonos móviles garantizando al usuario el correcto envío de la información, aunque no posibilita el envío de mensajes en tiempo real.

SMS permite típicamente un máximo de 160 caracteres por mensaje (70 de utilizar otro alfabeto distinto del latino, como el chino o el árabe). Existen ya varios terminales en el mercado que permiten enviar varios mensajes concatenados, pudiendo escribir textos más largos de hasta 480 caracteres, no obstante esta funcionalidad únicamente es implementada en el terminal; es decir, la persona que envía un mensaje concatenado en realidad está enviando varios SMS.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL SISTEMA**

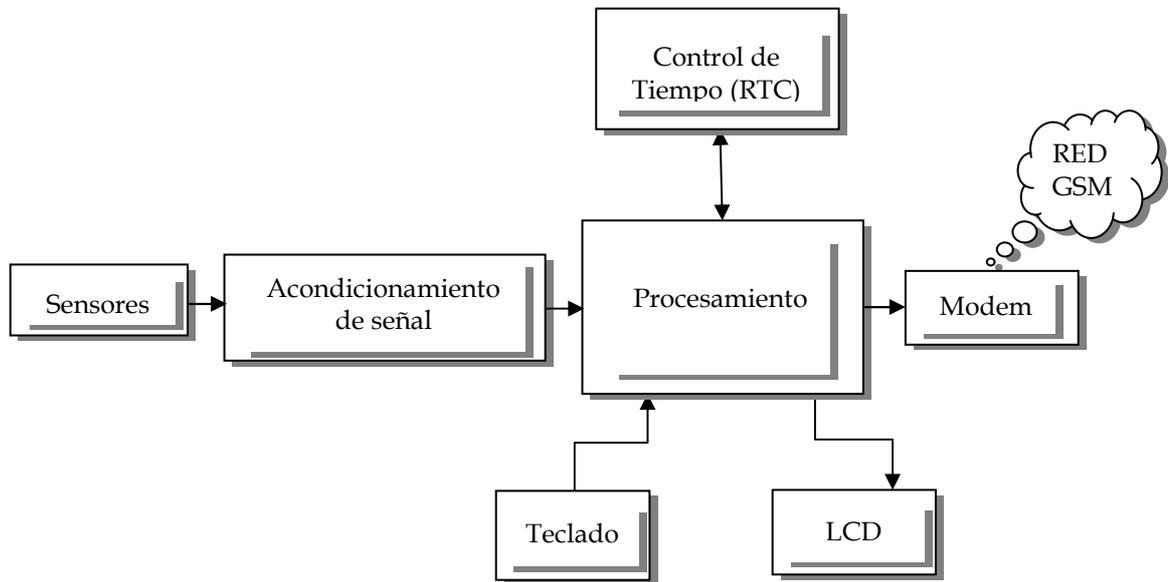
#### **4.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA**

En este capítulo se presenta el diseño de hardware como software para la implementación del sistema de recolección información meteorológica denominado DATA LOGGER.

Este sistema es autónomo el mismo que procesara y enviara la información meteorológica (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento), cada hora hacia una estación remota, el sistema estará cada cinco minutos tomando un dato de cada sensor, los datos tomados serán almacenados hasta cuando se cumpla una hora para entonces proceder a enviar un SMS hacia la estación remota. El sistema recolecta toda la cantidad posible de datos para ocupar toda la capacidad de un mensaje de texto de 160 caracteres como máximo, y lo que se incluye en un mensaje de texto son 12 datos de cada variable meteorológica medida más los caracteres separadores de cada dato de cada variable meteorológica.

## 4.2. HARDWARE

El diseño del sistema Hardware esta implementado en función del siguiente diagrama de bloques de la Figura IV. 1.



**Figura IV.1.** Diagrama de Bloques Hardware

### 4.2.1. Sensores

En esta etapa se integran los sensores de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento.

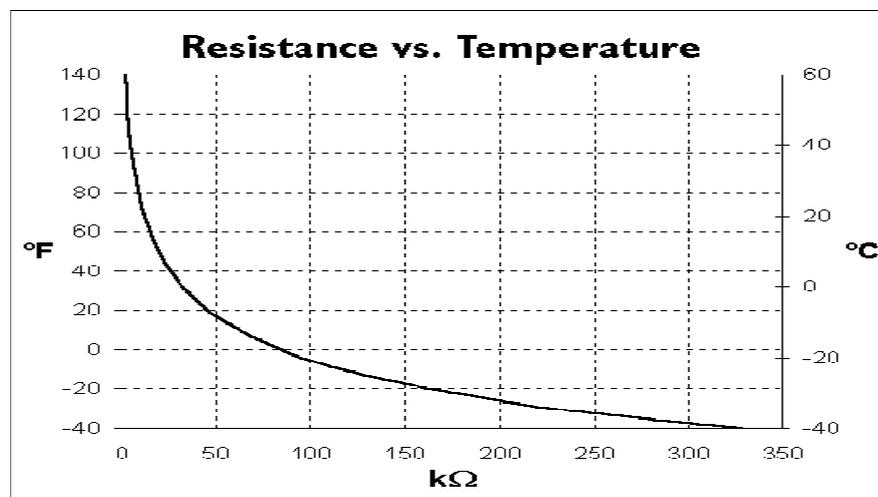
### 4.2.2. Acondicionamiento de señal

No se puede hablar de los sensores, como componentes electrónicos básicos, sin ver cómo se pueden adaptar a un sistema de adquisición y control. Por lo que se tendrá que analizar la adaptación de estos sensores para el sistema de recolección de información meteorológica y sobre todo tomar en cuenta que el comportamiento de un sensor es no lineal o en su mayoría de sensores, estos adaptadores o acondicionadores de señal pueden ser los amplificadores operacionales de instrumentación en sus diferentes

estructuras de montaje, resistencias en paralelo, divisores de voltaje, etc. Una vez que obtenemos una curva lineal, lo capturamos con el microcontrolador pasando por el ADC, convirtiendo estas señales de analógicas a digital.

#### 4.2.2.1. Acondicionamiento del Termómetro

Un termistor convencional de óxido metálico es NTC, esto quiere decir que su resistencia decrece cuando aumenta la temperatura. La resistencia de un termistor NTC, como en cualquier resistor, está determinada por sus dimensiones físicas y la resistividad del material, la relación entre resistencia y temperatura es extremadamente no lineal, en la Figura IV. 2 se puede apreciar la curva característica del termistor, en la práctica, puede ser aproximada tanto por un polinomio como por una función exponencial.



**Figura IV.2.** Curva característica del termómetro (DAVIS INSTRUMENTS)

El comportamiento de este sensor es no lineal, una manera de linealizar la curva del termistor es con una resistencia montada en paralelo con la NTC, el inconveniente es que pierde mucha sensibilidad, pero otra forma muy práctica y muy eficiente con una resistencia en serie o un divisor de voltaje y esta es la forma que se eligió para poder

linealizar el termistor. La dependencia de la resistencia con la temperatura se puede considerar de tipo exponencial, considerando la siguiente ecuación:

$$RT = R_0 e^{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad Ec. 1$$

$$RT f(T) = e^{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad Ec. 2$$

$$RT = Rof(T) \quad Ec. 3$$

Donde:

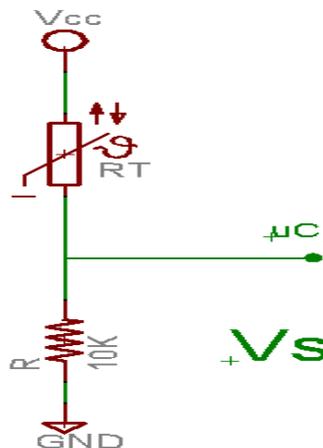
$T_0$ : es la temperatura de referencia para nuestro termistor 25°C

$R_0$ : es la resistencia a la temperatura de referencia 10000  $\Omega$

$\beta$  : es la temperatura característica del material y se considera constante dentro del margen de temperaturas en estudio. El valor de  $\beta$  se halla a partir del rango de temperatura T1-T2 en un rango moderado de resistencia R1-R2 con la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\ln \frac{R1}{R2}}{\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2}} \quad Ec. 4$$

Como circuito acondicionador para este termistor se utilizó un divisor de tensión con una resistencia en serie de 10 K $\Omega$  (Figura IV.3.)



**Figura IV.3.** Circuito acondicionador para el termistor

La tensión de salida del divisor de tensión será:

$$V_s = V_{cc} \frac{R}{RT + R} \quad \text{Ec. 5}$$

$$V_s = \frac{V_{cc}}{1 + \frac{RT}{R}} \quad \text{Ec. 6}$$

A partir de Ec.4 se obtiene:

$$\frac{RT}{R} = \frac{R_o}{R} f(T) = sf(T) \quad \text{Ec. 7}$$

Donde se ha definido  $s = \frac{R_o}{R}$ , entonces  $V_s$  puede expresarse como:

$$V_s = \frac{V_{cc}}{1 + sfF} = VF(T) \quad \text{Ec. 8}$$

La función  $F(T)$  tiene una forma que depende de cada material en particular y del valor de  $s$ . Si se desea que  $V$  varíe linealmente con la Temperatura,  $F(T)$  deberá ser una función de primer orden, la elección del valor de  $S$  apropiado depende del margen de temperaturas al que se desee aplicar el termistor, para el circuito acondicionador se ha utilizado una resistencia de  $10K\Omega$  en serie con el termistor NTC y se utilizaron los valores de resistencias en función del datasheet (Ver Anexo D).

En base a los valores de temperatura del termistor y el  $V_s$  encontrado con la Ec.5.

Donde:

$$V_{cc}=5V$$

$$R=10K\Omega$$

Encontramos la ecuación de primer orden voltaje en función de la temperatura:

$$V_s = 0,052T + 1,18 \quad \text{Ec. 9}$$

Despejando T tenemos la ecuación  $T = \frac{Vs-1,18}{0,052}$ , esta es la ecuación que se programara en el microcontrolador, con las Ec. 5 y Ec. 9 generamos los valores de la Tabla IV.I para encontrar y comparar Vs entre las dos ecuaciones.

**Tabla IV.I.** Valores de voltaje en función de la temperatura

T(°c)	Vs (V) (Ec.5)	Recta (Ec.9)	R (KΩ)	RT
-10	0,77053475	<b>0,660</b>	10	54,89
-5	0,96024582	<b>0,920</b>	10	42,07
0	1,17619384	<b>1,180</b>	10	32,51
5	1,41602945	<b>1,440</b>	10	25,31
10	1,67448091	<b>1,700</b>	10	19,86
15	1,9462826	<b>1,960</b>	10	15,69
20	2,22321032	<b>2,220</b>	10	12,49
25	2,5	<b>2,480</b>	10	10
30	2,76854928	<b>2,740</b>	10	8,06
35	3,02370585	<b>3,000</b>	10	6,536
40	3,26136586	<b>3,260</b>	10	5,331
45	3,47874487	<b>3,520</b>	10	4,373
50	3,67484933	<b>3,780</b>	10	3,606

La Figuras IV.4 muestra la relación entre el voltaje de salida (Vs) y la temperatura del termistor, en todo el rango linealizado es decir desde menos 10°C a menos 50°C obtenemos una curva con una linealidad no tan marcada, con un error muy pequeño en los rangos de menos 10°C a menos 4°C y en el rango 48°C a 50°C. Pero se asemeja mucho a una línea recta en el rango de menos 5°C a 47°C, siendo este un rango ideal y muy bueno para medir temperatura en nuestro medio, y sobre todo se ha

obtenido una curva lineal y acondicionada para ingresarla al microcontrolador específicamente al módulo del Conversor análogo digital.

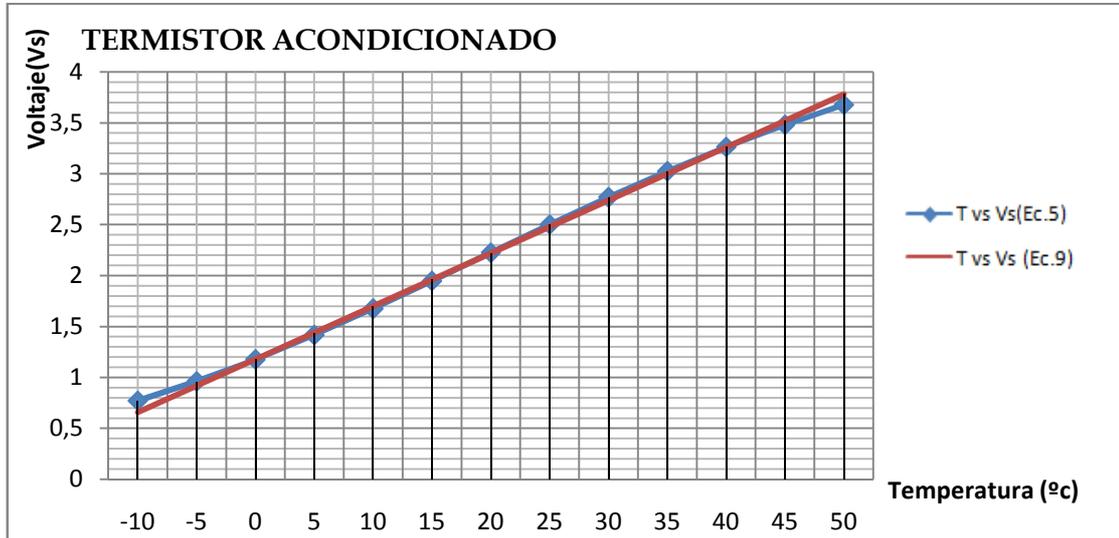


Figura IV.4. Curva linealizada del termistor

#### 4.2.2.2. Acondicionamiento del Higrómetro

Este sensor no requiere componentes externos, y puede ser conectado directamente a un microcontrolador, pese a que la curva característica (Figura IV.5) del higrómetro se asemeja mucho a una línea recta pero no en su totalidad, se ha elegido rangos pequeños de comportamiento lineal de la curva en función del datasheet.

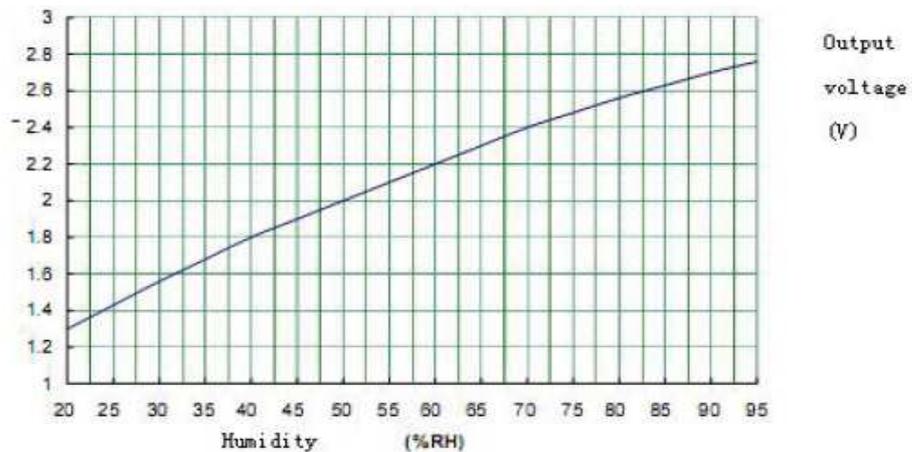


Figura IV.5. Curva característica del higrómetro HU-10S

A partir de la hoja de datos del higrómetro (Ver Anexo C) y con distintos rangos de humedad se obtuvieron las curvas de voltaje de salida en función de la humedad, encontrando las siguientes ecuaciones de primer orden, voltaje de salida en función de la humedad, a partir de estas ecuaciones los valores están acondicionados y listos para ingresar al microcontrolador (Tabla IV.II).

**RANGO 1 0% -39%**

$$V_s = 0,025 H + 0,793 \quad \text{Ec. 10}$$

**RANGO 2 40% - 74%**

$$V_s = 0,02 H + 1 \quad \text{Ec. 11}$$

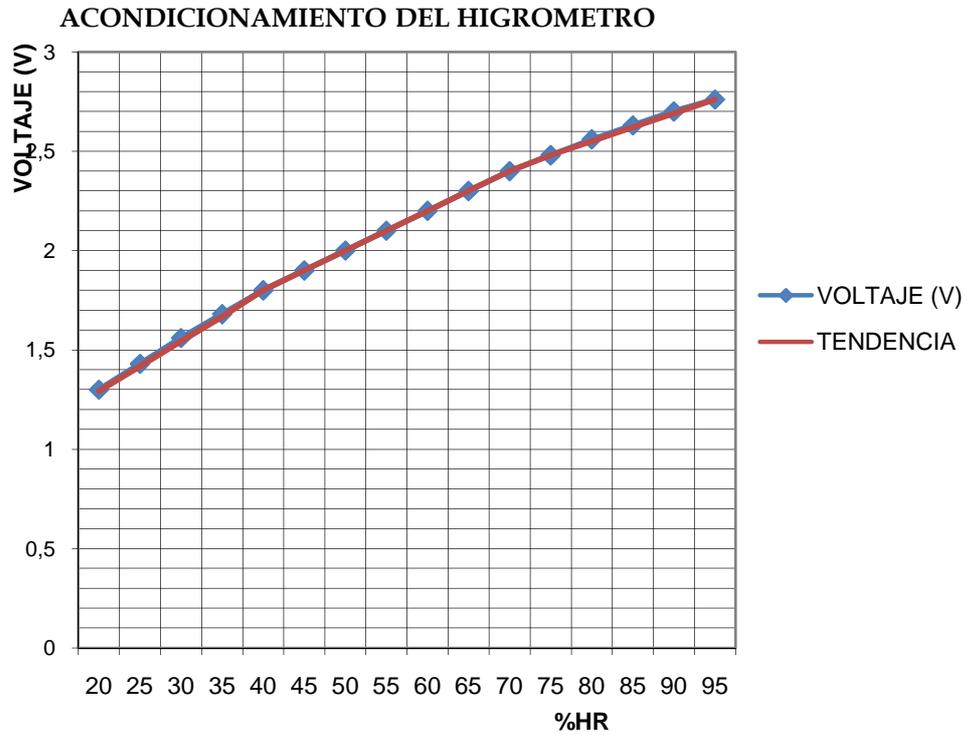
**RANGO 3 75% - 100%**

$$V_s = 0,014 H + 1,43 \quad \text{Ec. 12}$$

**Tabla IV.II.** Valores de voltaje en función de la humedad.

Rangos	% HR	VsVs(Ec. 10, Ec. 11, Ec. 12)	VsVs = f(H)
1	20	1,3	1,293
1	25	1,43	1,418
1	30	1,56	1,543
1	35	1,68	1,668
2	40	1,8	1,8
2	45	1,9	1,9
2	50	2	2
2	55	2,1	2,1
2	60	2,2	2,2
2	65	2,3	2,3
2	70	2,400	2,4
3	75	2,480	2,48
3	80	2,560	2,55
3	85	2,630	2,62
3	90	2,700	2,69
3	95	2,760	2,76

En la Figura IV.6, la grafica de TENDENCIA en base a las (Ec. 10, Ec. 11, Ec. 12), despejando H, es la que nos da los valores apropiados para que el microcontrolador los procese.



**Figura IV.6.** Curva acondicionada del higrómetro

#### 4.2.2.3. Acondicionamiento del Anemómetro

La velocidad del viento está determinada por la cantidad de revoluciones del anemómetro en una unidad de tiempo (segundos), con las medidas exactas del anemómetro se ha encontrado el perímetro (Figura IV.7), a modo de una circunferencia:

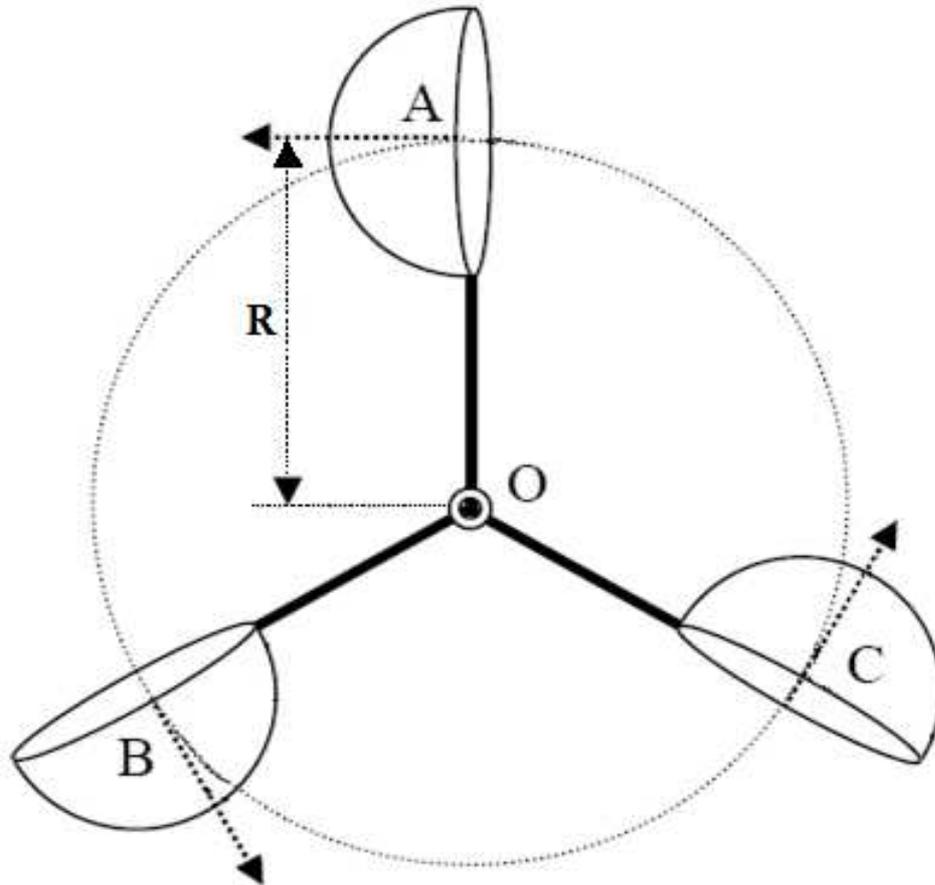
**Radio**  $R = OA$  Ec. 13

$R = 0,72\text{cm}$

**Perimetro**  $P = 2\pi R$  Ec. 14

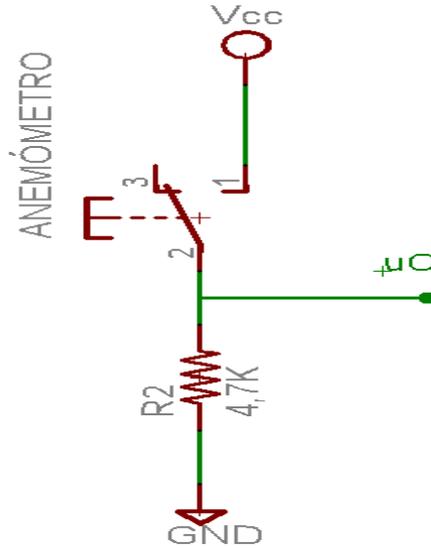
$P = 4,5\text{cm}$

Cada vez que el viento sopla las cazoletas, nos dice que el viento recorre una distancia equivalente a dar una revolución del anemómetro (Ec. 14), cada revolución se multiplica por la cantidad de número de pulsos en un segundo que ingresan al microcontrolador con la instrucción “COUNT”.



**Figura IV.7.** Dimensiones del anemómetro

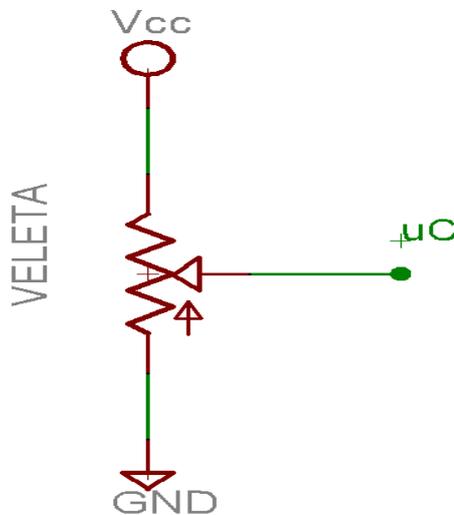
Este sensor funciona a manera de un pulsador (Figura IV.8) por lo que simplemente su acondicionamiento es ponerlo en serie con una resistencia hacia tierra, es decir siempre permite el ingreso de cero voltios al microcontrolador cuando del anemómetro esta en reposo, cuando el anemómetro da una revolución el circuito se cierra pasando por los 5 V entonces el microcontrolador detecta un cambio de estado de 0 lógico a 1 lógico.



**Figura IV.8.** Acondicionador para el anemómetro

#### 4.2.2.4. Circuito Equivalente de la Veleta

La veleta suele transmitir la información mediante la variación de un potenciómetro interno por la acción o movimiento que el viento provoca, este pudiendo ser de hilo bobinado o un potenciómetro capacitivo por lo que nos es necesario acondicionarla, la señal que entrega se lo envía directamente a la entrada del microcontrolador para convertirla de analógica a digital en un rango de 0 a 5 voltios (Figura IV.9).



**Figura IV.9.** Circuito equivalente de la veleta

### 4.2.3. Procesamiento

Esta es la parte más importante, este es el cerebro de todo el sistema aquí es donde se encuentra el microcontrolador PIC16F877A (ver Figura IV.10). Parte medular del sistema, siendo el encargado de controlar los periféricos de entrada y salida como LCD y pulsadores, establecer la comunicación con el RTC y cuando sea el tiempo establecido le da instrucciones de comandos AT para enviar un mensaje de texto.

Este es el encargado de recolectar todos los datos, procesar los pulsos que entrega el anemómetro, convertir de datos analógicos a digitales de la veleta, higrómetro y termómetro, como se puede apreciar las instrucciones en MICROCODE para el proceso de conversión de dato analógico a digital.

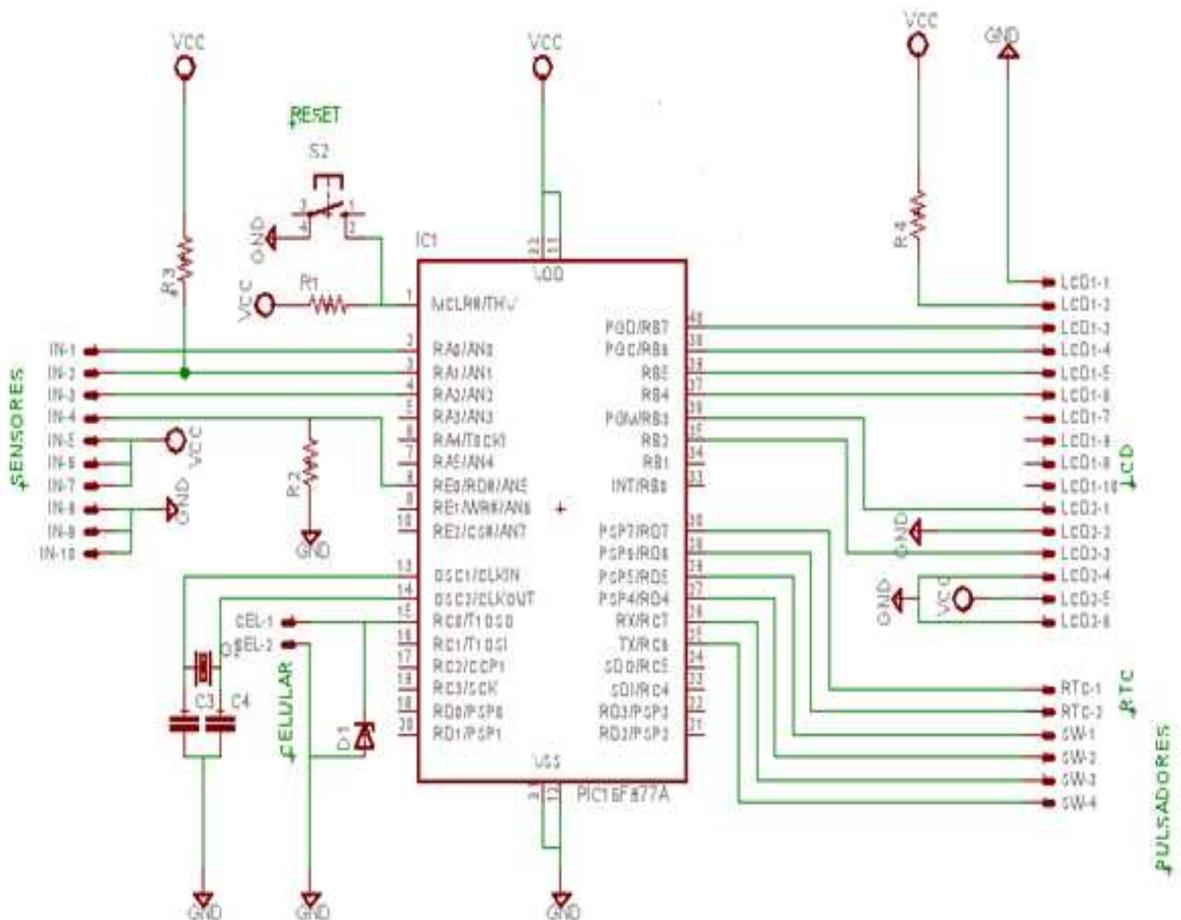


Figura IV.10. Etapa de procesamiento

Instrucciones para seleccionar el canal analógico AN0 para la veleta, AN1 para el termómetro, AN2 para el higrómetro, además guarda el dato convertido a digital en los registros ADRESH y ADRESL.

*'''''''' PONGO DATO DIGITAL DE DIRECCION EN "ADRESH Y ADRESL"''''''''''*

*ADCON0=%01000001 'SELECCION DE CANAL AN0 PARA VELETA  
GOSUB MEDIR'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL  
DATO\_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL  
REGISTRO "ADRESH"  
DATO\_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL  
REGISTRO "ADRESL"  
DATOS\_DIGV=DATO\_DIG + DATO\_DIG1  
PAUSE 10  
ADRESH=0  
ADRESL=0  
DATO\_DIG=0  
DATO\_DIG1=0  
PAUSE 10*

*'\$ PONGO DATO DIGITAL DE TEMPERATURA EN "ADRESH Y ADRESL"  
''''''''''''''*

*ADCON0=%01001001 'SELECCION DE CANAL AN1 PARA LA TEMPERATURA  
GOSUB MEDIR'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A  
DIGITAL'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL  
DATO\_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL  
REGISTRO "ADRESH"  
DATO\_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL  
REGISTRO "ADRESL"  
DATOS\_DIGT=DATO\_DIG + DATO\_DIG1  
AUX\_TEM=DATOS\_DIGT \* 49'=-4,9mV CONVERSION ANALOGO DIGITAL A 10  
BITS  
PAUSE 10  
ADRESH=0  
ADRESL=0  
DATO\_DIG=0  
DATO\_DIG1=0  
PAUSE 10*

*'''''''''''''' PONGO DATO DIGITAL DE HUMEDAD EN "ADRESH Y ADRESL"  
''''''''''*

*ADCON0=%01010001 'SELECCION DE CANAL AN2\*\*\*PARA LA  
HUMEDAD\*\*\*\*  
GOSUB MEDIR 'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL  
DATO\_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL  
REGISTRO "ADRESH"  
DATO\_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL*



*'TTTTTTTTTTTT SUBROUTINA TEMPERATURA TTTTTTTTTTTTTTTTTT*

MENgrados:

*'AUX\_TEM=DATOS\_DIGT \* 49'=4,9mV CONVERSION ANALOGO DIGITAL A 10 BITS*

*'V=0,052T+1,18 ECUACION VOLTAJE EN FUNCION DE LA TEMPERATURA*

*'DESPEJANDO LA TEMPERATURA T=(V-1,18)/0,052*

*RESTA\_VOL= 11800 - AUX\_TEM*

*COCIENTE\_TEM=RESTA\_VOL / 520*

*RESIDUO\_TEM=RESTA\_VOL // 520*

*DECIMAL\_TEM=RESIDUO\_TEM\*10*

*DECIMAL\_TEM=DECIMAL\_TEM/520*

**PAUSE 10**

**RETURN**

MAYgrados:

*'AUX\_TEM=DATOS\_DIGT \* 49*

*RESTA\_VOL=AUX\_TEM - 11800*

*COCIENTE\_TEM=RESTA\_VOL / 520*

*RESIDUO\_TEM=RESTA\_VOL // 520*

*DECIMAL\_TEM=RESIDUO\_TEM\*10*

*DECIMAL\_TEM=DECIMAL\_TEM/520*

**PAUSE 10**

**RETURN**

Después de haber realizado la conversión esta subrutina convierte el voltaje digital a valores de humedad en los rangos especificados.

*'HHHHHHHHHHH SUBROUTINA HUMEDAD HHHHHHHHHHHH*

RANGO1:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

*RESTA\_HR=AUX\_HR-7800*

*HR=RESTA\_HR/260*

**PAUSE 10**

**RETURN**

RANGO2:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

*RESTA\_HR=AUX\_HR-8400*

*HR=RESTA\_HR/240*

**PAUSE 10**

**RETURN**

RANGO3:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

*RESTA\_HR=AUX\_HR-10000*

*HR=RESTA\_HR/200*

**PAUSE 10**

**RETURN**



- 13, código ASCII equivalente a “enter”

*'COMANDO AT PARA ESPECIFICAR EL NUMERO DEL CELULAR DESTINO*

**SEROUT2** PORTC.0,84,["AT+CMGS=",34,"085619178",34,13]

**PAUSE** 50

- Envío instrucción de comando AT hacia el teléfono móvil por PORTC.0
- 84, velocidad de transmisión en microsegundos.
- "AT+CMGS=" instrucción de comando AT para especificar el número del teléfono móvil destino (085619178) hacia donde se va a enviar el mensaje de texto.
- 34, código ASCII equivalente a “comillas”
- 13, código ASCII equivalente a “enter”

```
SEROUT2 PORTC.0,84,["I",DEC DI[1],DEC DI[2],DEC DI[3],DEC DI[4],DEC  
DI[5],DEC DI[6],DEC DI[7],DEC DI[8],DEC DI[9],DEC DI[10],DEC  
DI[11],DEC DI[12], "T",DEC TE[1], "X",DEC TE[2], "X",DEC TE[3], "X",DEC  
TE[4], "X",DEC TE[5], "X",DEC TE[6], "X",DEC TE[7], "X",DEC TE[8], "X",DEC  
TE[9], "X",DEC TE[10], "X",DEC TE[11], "X",DEC TE[12], "V",DEC  
VE[1], "X",DEC VE[2], "X",DEC VE[3], "X",DEC VE[4], "X",DEC  
VE[5], "X",DEC VE[6], "X",DEC VE[7], "X",DEC VE[8], "X",DEC  
VE[9], "X",DEC VE[10], "X",DEC VE[11], "X",DEC VE[12], "H",DEC  
HU[1], "X",DEC HU[2], "X",DEC HU[3], "X",DEC HU[4], "X",DEC  
HU[5], "X",DEC HU[6], "X",DEC HU[7], "X",DEC HU[8], "X",DEC  
HU[9], "X",DEC HU[10], "X",DEC HU[11], "X",DEC HU[12], "F", 26]
```

**PAUSE** 50

**LCDOUT** \$FE,1, "DATOS"

**LCDOUT** \$FE,\$C0, " ENVIADOS..."

**PAUSE** 20

**CLEAR** *'ENCERA TODAS LAS VARIABLES*

- Envío de un mensaje de texto por PORTC.0
- 84, velocidad de transmisión en microsegundos.
- El microcontrolador envía cuatro vectores de información cada uno con doce datos, siendo el vector “DI” que contiene información de dirección, el vector

“TE” que contiene información de temperatura, el vector “VE” que contiene información de velocidad, el vector “HU” que contiene información de humedad. Las letras como “T”, “V”, “H”, “X”, “F” son identificadores que el sistema software lo utilizara para separar los datos de cada variable meteorológica, todo esto es el contenido de toda la información que se envía dentro de un mensaje de texto.

- El numero 26 le dice al teléfono móvil que es el momento de enviar el mensaje de texto, código ASCII equivalente “Ctrl-z”.

#### 4.2.4. Reloj de Tiempo Real

Posteriormente se diseño el reloj calendario (Figura IV.11) con el circuito integrado DS1307, este reloj está basado en la comunicación serial sincrónica I<sup>2</sup>C, esta comunicación solo necesita dos líneas para transmitir y recibir datos estas son una para datos y la otra para la señal de reloj, esta forma de comunicación utiliza una sincronía con un tren de pulsos para comunicarse con el microcontrolador.

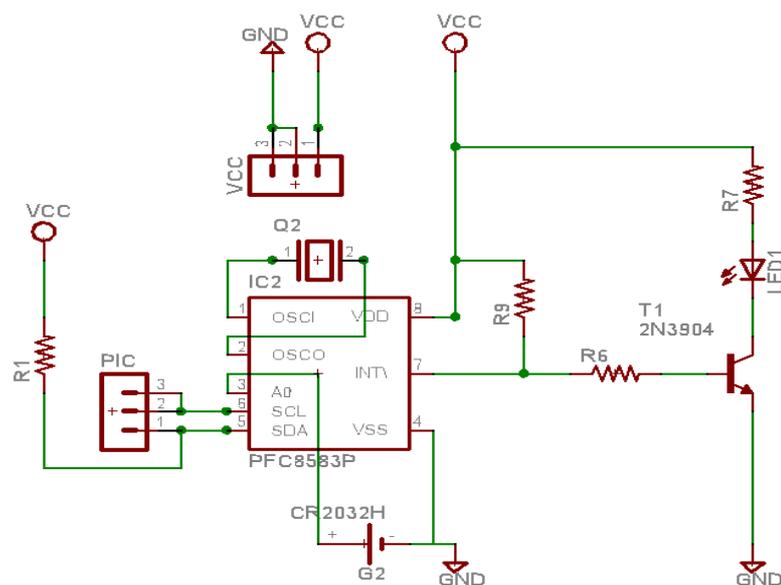


Figura IV.11. RTC

El propósito del diseño de este reloj es para que el microcontrolador tome los datos de los sensores en un tiempo real en función del RTC es decir a cada cinco minutos que muestra el RTC, el microcontrolador toma un dato de cada sensor y lo almacena en una variable y va almacenando hasta que el RTC muestre una hora transcurrida, hasta cuando el RTC diga al microcontrolador ya se cumplió una hora envía un SMS con los datos que has almacenado.

#### 4.2.5. Teclas

Para la visualización de los datos de los sensores en el LCD se implemento un circuito llamado teclas (Figura IV.12) diseñado con pulsadores y resistencias, este consta de cuatro pulsadores uno para cada sensor veleta, anemómetro, higrómetro y termómetro, estos pulsadores al ser presionados muestran el valor de cada variable durante un segundo en le momento que el usuario lo requiera.

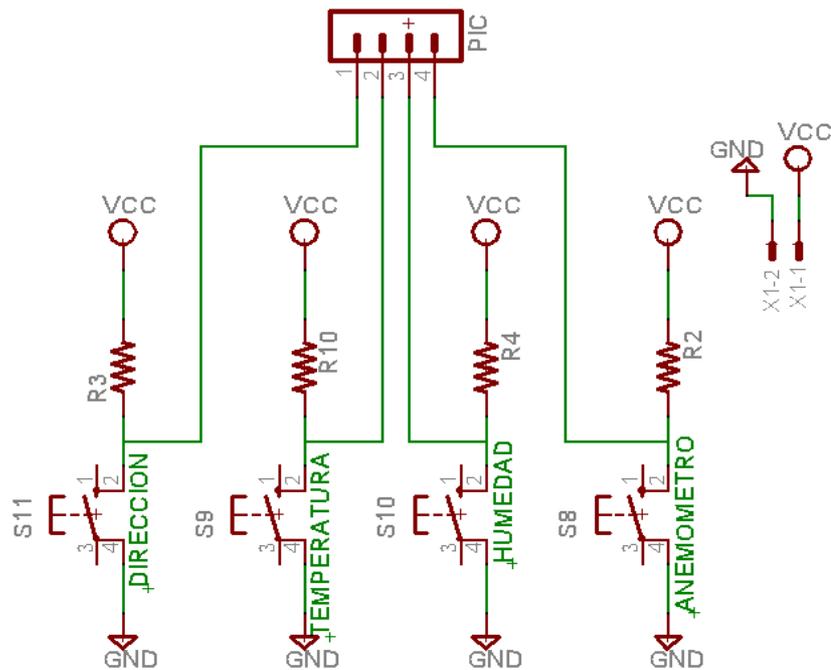


Figura IV.12. Teclas

#### 4.2.6. Pantalla (LCD)

Aquí se visualizara los datos (Figura IV.13) que el sistema esta recolectando en el momento que el usuario lo requiera, para cuando el sistema recolecta un dato el sistema lo muestra en el LCD asi el sistema estara presentando cada que el sistema empieza a transmitir un mensaje de texto.

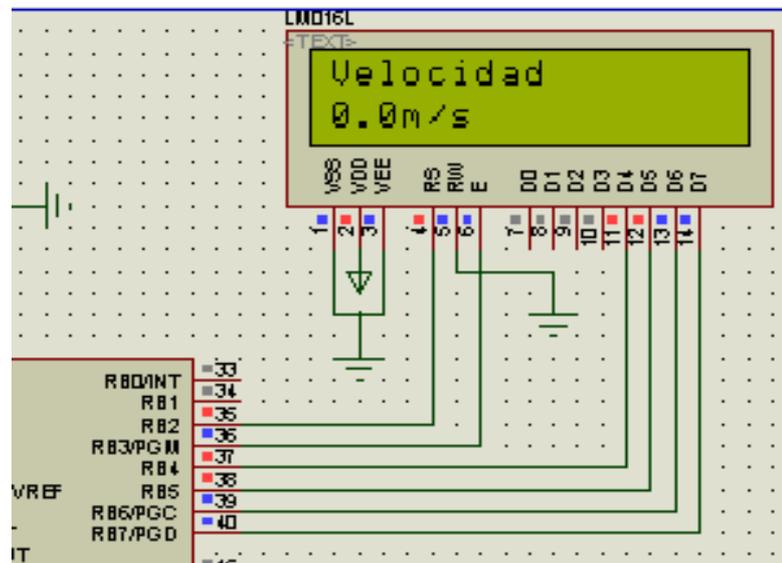


Figura IV.13. Presentación de datos

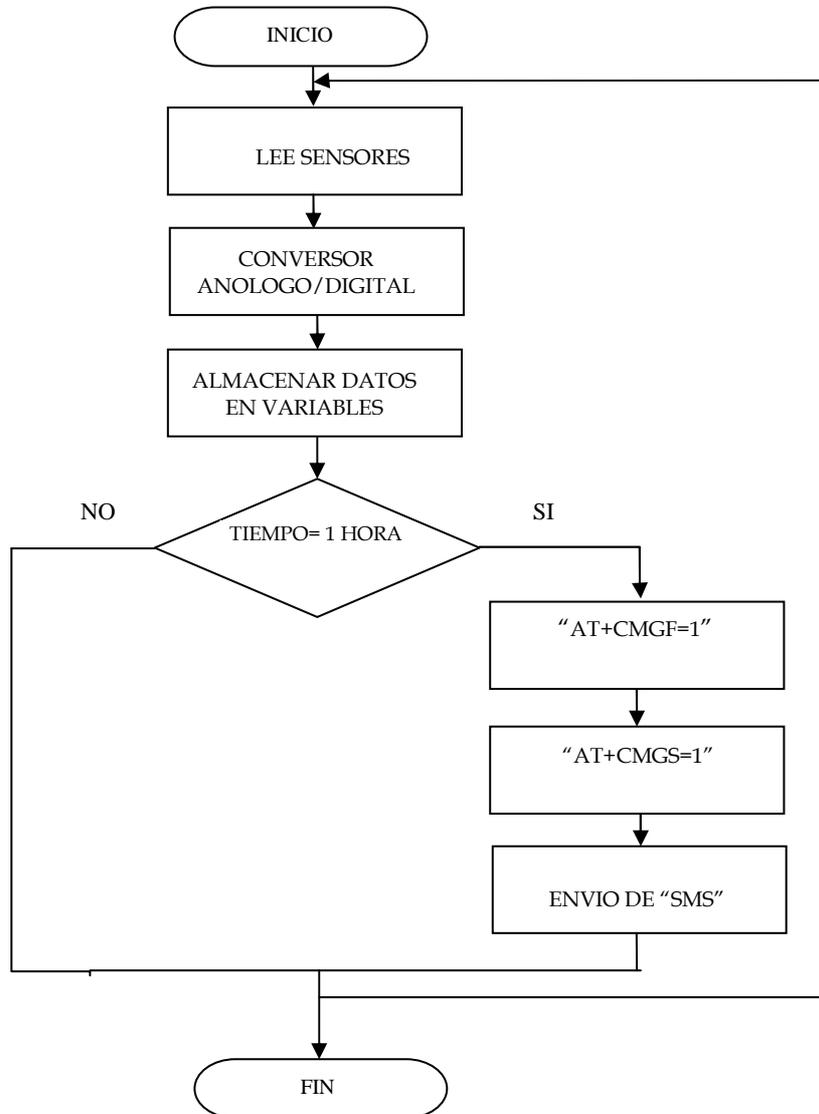
#### 4.2.7. Modem

Esta es la etapa donde el teléfono celular recibe instrucciones de comandos AT desde el microcontrolador para enviar un mensaje de texto con toda la información que ha sido recolectada.

### 4.3. ALGORITMO DE ENVÍO DE UN MENSAJE DE TEXTO

Este es el algoritmo que nos indica de cómo se está enviando un mensaje de texto como nos indica el diagrama de flujo (Figura IV. 14), utilizando instrucciones de comunicación serial para el envío de comandos AT hacia el teléfono celular, el sistema está constantemente obteniendo los datos de los sensores, convirtiéndolos de datos

analógicos a digitales, estos datos son almacenados en variables esperando hasta que se cumpla el tiempo para enviar un mensaje de texto hacia la estación remota de base de datos.

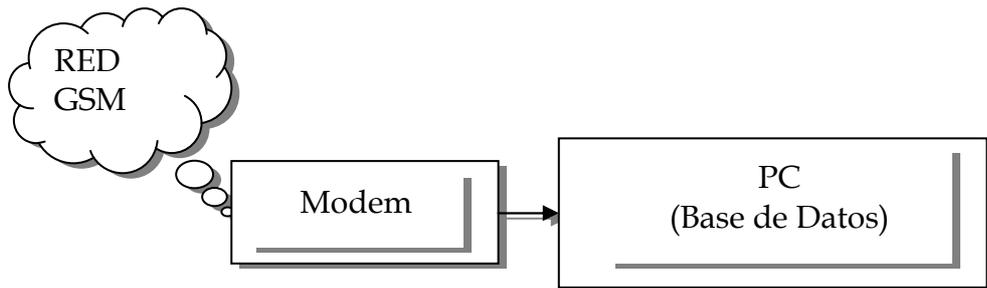


**Figura IV.14.** Algoritmo de envío de mensajes

#### 4.4. SOFTWARE

Si bien el sistema recolector de datos DATA LOGGER puede recolectar datos y almacenarlos temporalmente en la memoria RAM del microcontrolador, estos deben ser transferidos en forma de un mensaje de texto hacia a una PC para su procesamiento.

Con este propósito se decidió desarrollar una aplicación que permita bajar y guardar los datos de cada mensaje de texto recibido. El mensaje de texto se almacena en un formato que pueda ser leído por el usuario final, para este propósito se ha implementado un software creado en Visual Basic, en el diagrama de bloques se establece la recepción de un mensaje de texto (ver Figura IV.15).



**Figura IV.15.** Diagrama de bloques Software

#### 4.4.1. Modem

El teléfono móvil que se encuentra en el sistema receptor también es de la marca NOKIA modelo 3220 (Figura IV.16) con su respectivo cable de datos DKU-5, siendo el encargado de la recepción de los mensajes de texto que envía el sistema DATA LOGGER.



**Figura IV.16.** Celular NOKIA 3220 y PC

El teléfono móvil al recibir un mensaje lo almacena en la bandeja de entrada hasta que sea descargado por el software de aplicación y guardado en la base de datos, este a su vez después de ser almacenado el software se encarga de borrarlo para no saturar la bandeja entrada con los próximos mensajes.

#### 4.4.2. PC (Base de Datos)

Todos los mensajes recibidos en la bandeja de entrada del teléfono celular serán descargados y almacenados en una base de datos (Figura IV.17), estos mensajes son descargados mediante una comunicación AT entre la PC y el teléfono enviando la instrucción "AT+CMGR=1", después de haber descargado el mensaje de texto el software se encarga de procesar toda la información, clasificándola en Número de Datos, Fecha, Hora, Dirección, Velocidad, Temperatura, Humedad.

La comunicación se establece mediante las siguientes instrucciones de código fuente implementado en Visual Basic 6.0, estas son las instrucciones más relevantes, procedimiento que permite setear la configuración de la comunicación serial.

#### **Private Sub Conectar\_Click()**

```
'determina: 9600-Velocidad en Baudios, N-No utiliza ninguna paridad,  
'8-Cantidad de bits de envio y recepcion por paquete,  
'1-Determina los bits de parada  
aux_descargar = True  
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"  
'lee todo el buffer de entrada para que quede vacio  
MSComm1.InputLen = 0  
'Abre el puerto seleccionado  
MSComm1.PortOpen = True  
Me.Caption = "Conectado por el puerto " & MSComm1.CommPort  
Label1.Visible = False  
'instruccion AT para que cambia el SMS de modo PDU a modo texto  
MSComm1.Output = "AT+CMGF=1" & vbCr  
'MsgBox "conexion 1", vbCritical, Me.Caption
```

#### **End Sub**

Procedimiento que permite descargar un SMS desde la bandeja de entrada

### Private Sub Descargar\_Click()

```
'envia instrucciones AT para leer un mensaje desde la bandeja de entrada  
TextoEnviar.Text = "AT+CMGR=1"  
MSComm1.Output = TextoEnviar.Text & vbCrLf  
'coloca el texto que enviamos en la pantalla  
Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Ordenador 1>" & TextoEnviar.Text  
TextoEnviar.SetFocus
```

### End Sub

Nº	Fecha	Hora	Dirección	Velocidad(m/s)	Temperatura(°C)	Humedad(%)
3525	2009/12/8	16:39	W	0	17,5	40
3526	2009/12/8	16:44	W	0	17,7	40
3527	2009/12/8	16:49	W	0	17,9	40
3528	2009/12/8	16:54	NW	0	18	40
3529	2009/12/8	16:59	NW	0,9	17,8	40
3530	2009/12/8	17:4	NW	1,8	17,3	40
3531	2009/12/8	17:9	NW	0,9	17,6	40
3532	2009/12/8	17:14	W	0,9	17,4	41
3533	2009/12/8	17:19	W	0	16,7	41
3534	2009/12/8	17:24	W	0,9	17,3	41
3535	2009/12/8	17:29	NW	0	17,4	41
3536	2009/12/8	17:34	N	0	22,6	41
3537	2009/12/9	17:49	W	2,7	14,9	40
3538	2009/12/9	17:54	W	0,9	15	40
3539	2009/12/9	17:59	W	0	14,9	40
3540	2009/12/9	18:4	W	0	15	40
3541	2009/12/9	18:9	SW	0,9	15	40
3542	2009/12/9	18:14	SW	0,9	15	40
3543	2009/12/9	18:19	W	0,9	14,9	40
3544	2009/12/9	18:24	W	0	15,1	40
3545	2009/12/9	18:29	W	0,9	15	40

Figura IV.17. Base de Datos

Procedimiento que almacena en la base de datos la información procesada de fecha, hora, dirección, temperatura, humedad y velocidad del viento.

#### Private Sub ADM(datos As Variant)

```
!*****exporta la informacion procesada a la Base de Datos*****  
For t = 1 To z  
rs.AddNew  
    rs("Fecha") = fecha_bd  
    rs("Hora") = tiempo_vec(t)  
    rs("Direccion") = celda_v(t)  
    rs("Temperatura") = celda_t(t)  
    rs("Velocidad") = celda_a(t)  
    rs("Humedad") = celda_h(t)  
rs.Update  
Next t  
!*****
```

#### End Sub

Instrucciones de comandos AT para eliminar el mensaje texto de la bandeja de entrada una vez que dicho mensaje este almacenado en la base de datos.

```
TextoEnviar.Text = "AT+CMGD=1" 'borra el sms de la bandeja de entrada  
MSComm1.Output = TextoEnviar.Text & vbCrLf  
'coloca el texto que enviamos en la pantalla  
Texto.Text = Texto.Text & vbCrLf & "<Ordenador 8>" & TextoEnviar.Text
```

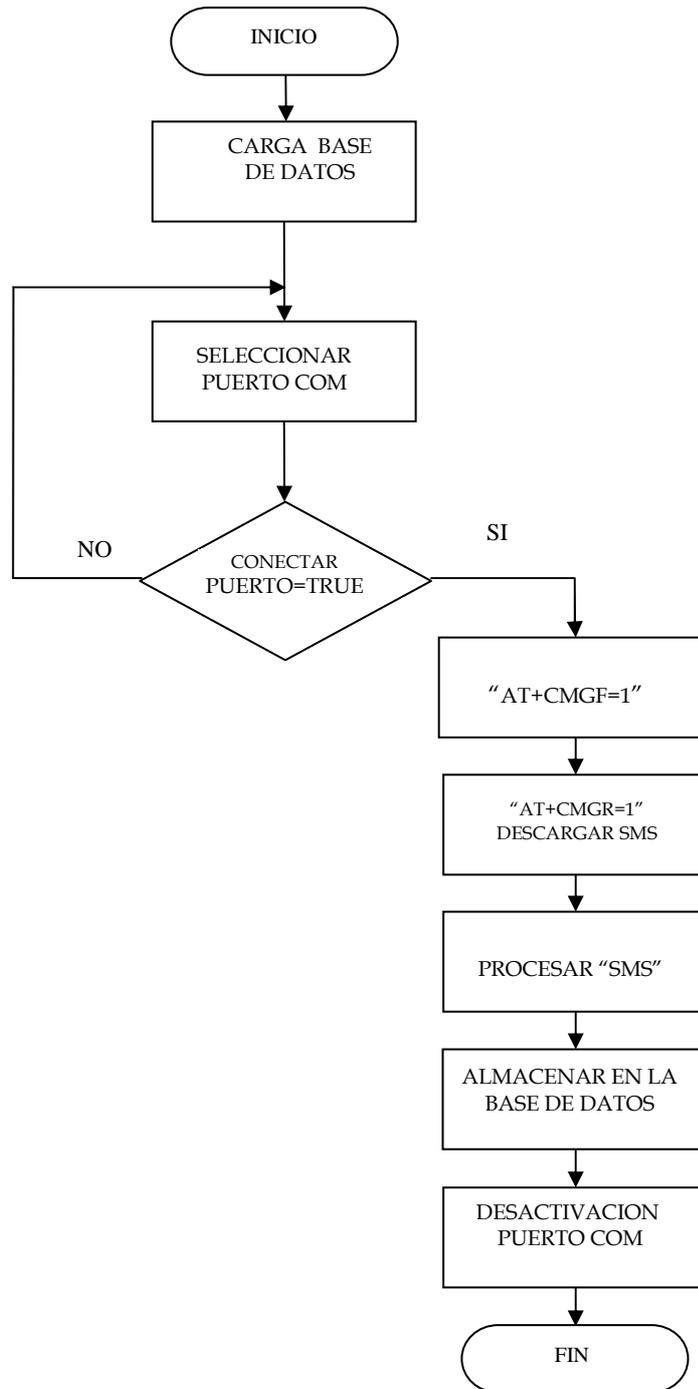
#### 4.5. ALGORITMO DE RECEPCIÓN DE UN MENSAJE DE TEXTO

En el diagrama de flujo (Figura IV.18) se puede apreciar el algoritmo que sigue el sistema receptor, al ejecutarse el software de aplicación, este inicia cargando la Base de Datos, espera que el usuario elija el puerto con el que se realizara la conexión al modem

celular, si el usuario elije conectarse al modem empieza el proceso de descarga, esto lo hace enviando los siguientes comandos AT:

“AT+CMGF=1”

“AT+CMGR=1”



**Figura IV.18.** Algoritmo de Recepción de un SMS

El software se encargara de procesar el SMS descargado y almacenarlo en la Base de Datos y como secuencia final el software realiza la desactivación de la conexión del teléfono móvil.

#### 4.5.1. Descripción del mensaje recibido

El mensaje que recibe el sistema software desde el teléfono celular es necesario recuperarlo como una información meteorológica real que sea entendible para el usuario final, en la Figura IV.19 se puede apreciar que cada que el software envía una instrucción de comando “AT+CMGR=1” el celular responde con siete líneas pero lo que nos interesa nos interesa las líneas macadas como 1 y 2.

```
<PC>AT+CMGR=1
<MODEM>
<MODEM>AT+CMGR=1
<MODEM>
<MODEM>+CMGR: "REC READ", "+59397060219", "09/10/19,20:12:13-20"
<MODEM>1252521781327789x47x293x126x500x519x332x461x5533x5422x557x495v4x14x20x80x10x3x1x280x90x180x580x2h1x20x0x61x99x9x30x33x80x5x22x20F
<MODEM>
<MODEM>OK
```

**Figura IV.19.** Cuerpo del mensaje recibido

- De la **línea 1** podemos recuperar fecha y hora con que llega el mensaje de texto, estos parámetros son propios de la red celular y no incluyen en el contenido del mensaje enviado desde el sistema recolector.
- En la **fila 2** está el contenido de la información meteorológica enviada desde el sistema recolector, el mensaje tal como se muestra en la Figura IV.19 no está listo para presentar y almacenar en la base de datos en valores que puedan ser reales y entendibles para el usuario final por lo que es necesario que le sistema software los procese.

El mensaje está compuesto por cuatro partes en el orden que a continuación se describe:

**Primera parte (Dirección del viento)**

Dirección del viento **I252521781327**, esta inicia con una letra “I” mayúscula, y cada dígito que sigue a continuación nos representa la dirección del viento, pero dándole un equivalente en letras a cada uno de estos dígitos, explicado a continuación:

1=NORTE

2=NOR OESTE

3=OESTE

4=SUR-OESTE

5=SUR

6=SUR-ESTE

7=ESTE

8=NOR-ESTE

**Segunda parte (Temperatura)**

**T89X47X293X126X500X519X332X461X5533X5422X557X495V4X14X20X80X10**

**X3X1X280X90X180X580X2**, esta parte inicia con una letra “T” mayúscula como separador de los datos de temperatura, y cada número que sigue a continuación separados por una “X” mayúscula nos representa los datos de temperatura, para almacenar y visualizar estos datos tenemos que recorrer un lugar a la izquierda una coma, por ejemplo si el número contenido dentro de esta parte es 89 al recorrer la coma tenemos un dato real es decir 8,9 grados y así con los números que siguen hasta encontrar una letra T que indica que viene los datos de temperatura.

Cabe aclarar que dentro del mensaje puede llegar temperaturas negativas o temperaturas bajo cero, a estas se les reconoce a los números que llegan con cuatro dígitos, para convertir en un dato real se resta 5536 menos el número que llega en el contenido del mensaje. Por ejemplo el dato que llega dentro de la parte de temperatura es 5533 la operación que se hace es  $5536-5533=3$ , a este resultado mediante programación se le recorre la coma un lugar hacia la izquierda como en el caso anterior y le agregamos el signo negativo quedándonos como dato real -0,3 grados.

### **Tercera parte**

Velocidad del viento **V4X14X20X80X10X3X1X280X90X180X580X2**, esta inicia con una letra “V” mayúscula, y cada número que sigue a continuación separados por una “X” mayúscula nos representa la velocidad del viento, al igual que en el caso de la temperatura para almacenar y visualizar estos datos tenemos que recorrer un lugar la izquierda una coma, por ejemplo si el número que está contenido dentro de esta parte es 4, le recorremos una coma hacia la izquierda dándonos un valor real de 0,4 m/s con este proceso sigue hasta encontrar la letra H que indica el inicio de los datos de humedad.

### **Cuarta parte**

Humedad relativa **H1X20X0X61X99X9X30X33X80X5X22X20F**, esta inicia con una letra “H” mayúscula, y cada número que sigue a continuación separados por una “X” mayúscula nos representa los datos de humedad relativa, en este caso no se recorre una coma, la humedad se la almacena en un número entero, por ejemplo si el número que está contenido es 20 como dato real nos queda 20% de humedad.

## CAPÍTULO V

### IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

#### 5.1. IMPLEMENTACIÓN

El sistema fue diseñado con todos los parámetros que se puede requerir para un funcionamiento optimo y una presentación excelente, aquí se indica los circuitos pasados en una placa de cobre, para implementar dichos circuitos se utilizo el programa Eagle 4.11, software muy potente y fácil de manejarlo.

#### PCB del Circuito RTC

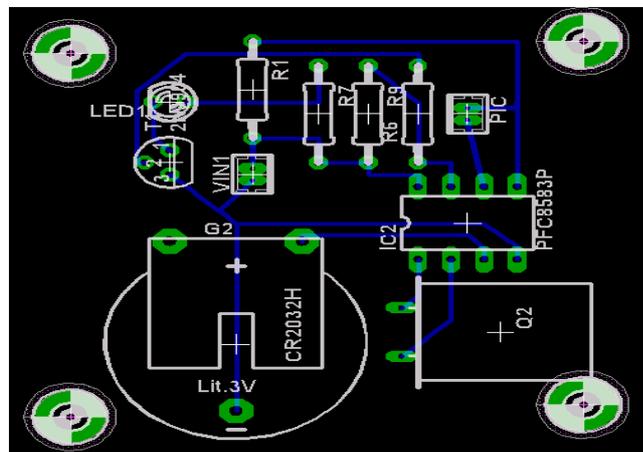


Figura V.2. PCB del circuito RTC

### PBC del Circuito de Procesamiento

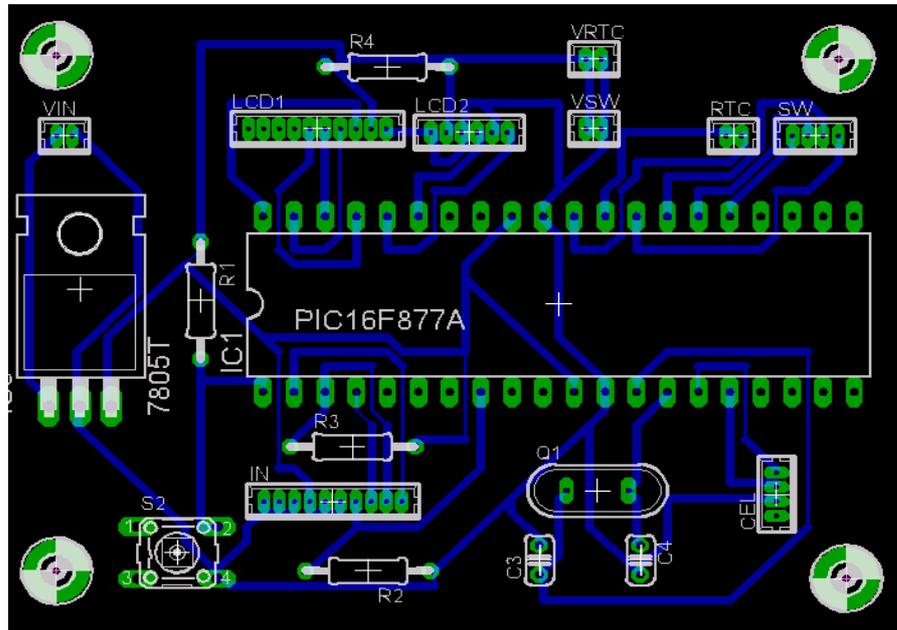


Figura V.1. PCB del Circuito de Procesamiento

### PCB del Circuito de Teclas

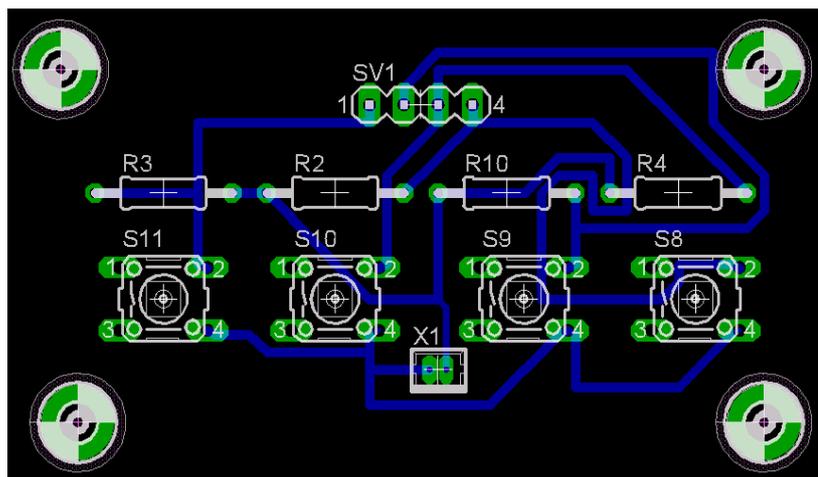


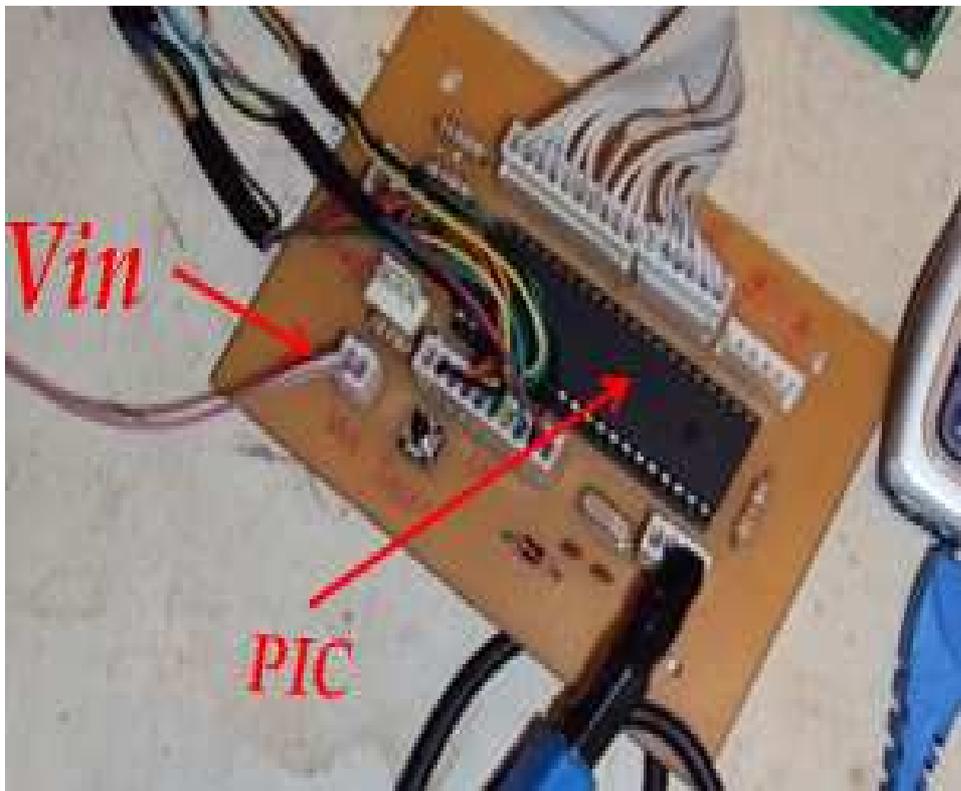
Figura V.3. PCB del circuito de Teclas

Para pasar el circuito a la placa se utilizo papel fotografico o también llamado papel glosi siendo este una excelente alternativa para imprimir las pistas conductoras en una

placa de cobre, obteniendo un resultado bastante bueno, en las páginas siguientes se indica los circuitos y las plaquetas realizadas, para el circuito de procesamiento, el circuito reloj calendario y el circuito de pulsadores.

### 5.1.1. Placa del Circuito de procesamiento

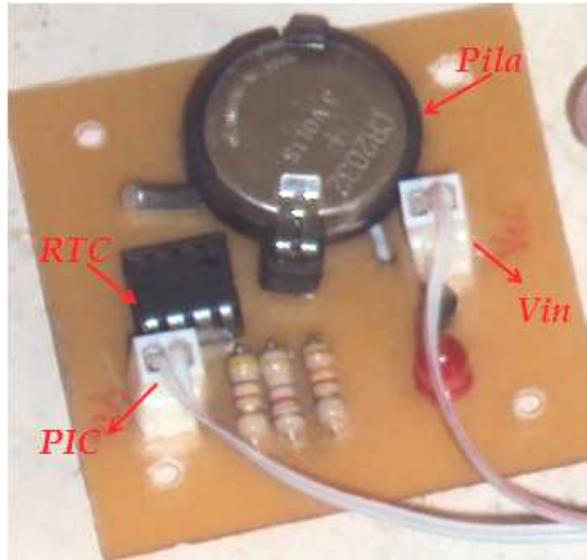
El elemento que caracteriza esta placa es el **PIC16F877A** como cerebro principal de procesamiento de todo el sistema (Figura V.4).



**Figura V.4.** Circuito de procesamiento

### 5.1.2. Placa del RTC

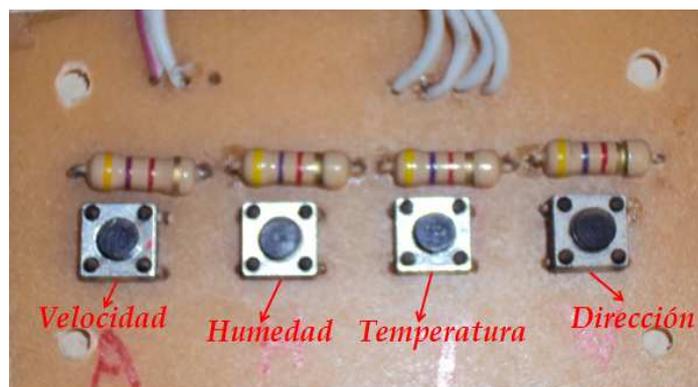
Placa finalizada para el circuito reloj, esta consta del Reloj Calendario DS1307 y de una pila que alimenta el circuito en caso de que haya un corte de energía, de esta forma el reloj se mantiene igual sin ninguna alteración en el tiempo (Figura V.5).



**Figura V.5. RTC**

### **5.1.3. Placa del circuito de Teclas**

Esta es la placa compuesta por cuatro pulsadores para poder visualizar los datos cuando el usuario lo requiera en cualquier momento, datos que el sistema está recolectando, velocidad, humedad, temperatura y dirección (Figura V.6).

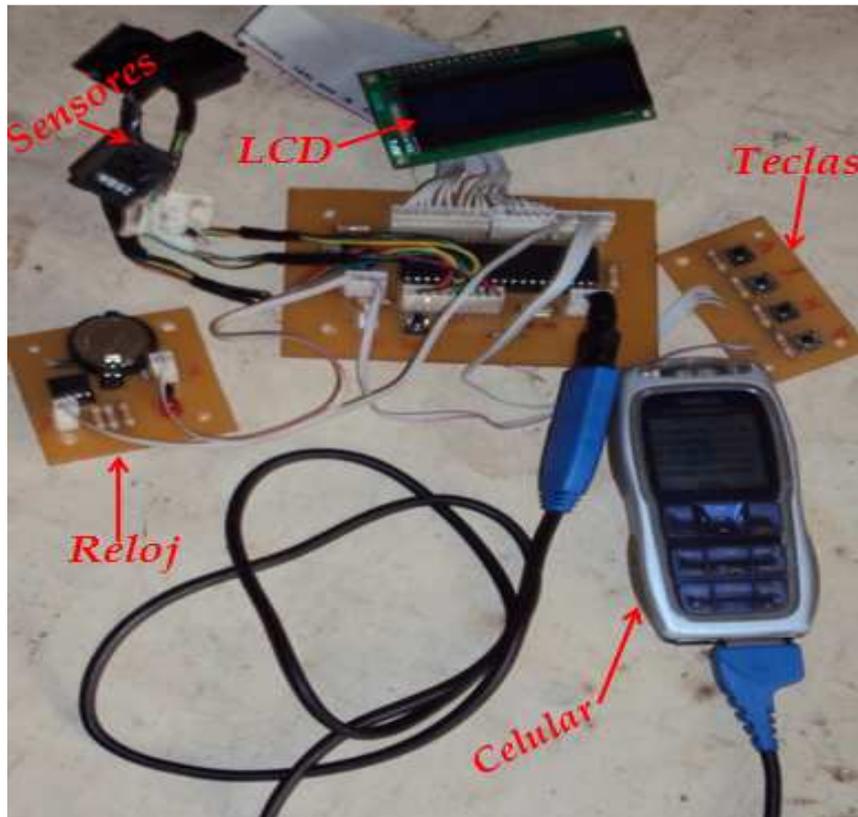


**Figura V.6. Teclas**

### **5.1.4. Placa del Circuito Completo**

El sistema está listo para entrar en funcionamiento y adaptarlo a una maqueta constando como parte medular el microcontrolador PIC16F877A, con los demás

elementos que controla el PIC, están el teléfono celular NOKIA 3220, la pantalla LCD, el circuito de pulsadores llamado teclas, el reloj calendario y los conectores RJ11 para los sensores.



**Figura V.7.** Circuito completo

## 5.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Durante el proceso de desarrollo del sistema se realizaron diferentes tipos de pruebas de cada etapa diseñada, presentando resultados bastante aceptables con datos reales de las variables climáticas medidas. De igual manera el software de aplicación fue utilizado enviando comandos AT hacia el teléfono celular para leer los mensajes de texto obteniendo un nivel adecuado en la visualización de los datos enviados por el sistema recolector, al realizar el acople del sistema completo se realizaron varias pruebas de envío y recepción de los mensajes de texto para evaluar su funcionamiento.

A continuación se presentan las diferentes etapas de pruebas que se obtuvieron del sistema implementado.

### 5.2.1. Análisis estadístico del sistema implementado

En los ensayos aleatorios y en los estudios observacionales de comparación, entre el sistema implementado (ver Figura V.8) y el sistema de uso profesional para la recolección de datos meteorológicos DAVIS INSTRUMENTS (ver Figura V.9), con la muestra tomada de cada sistema se quiere establecer que los datos que recolecta el sistema implementado se asemejan a los del sistema profesional DAVIS INSTRUMENTS.



Figura V.8. Datos recolectados por el Sistema Implementado

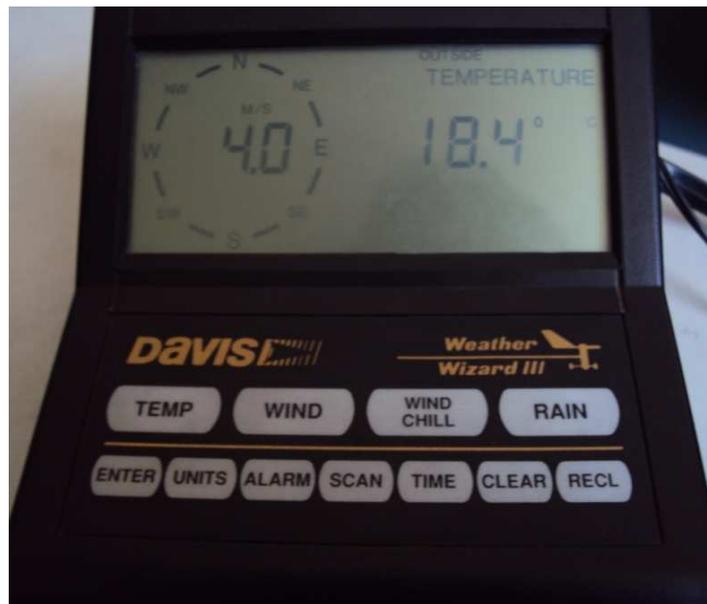


Figura V.9. Datos recolectados por el Sistema Profesional

Para esto se ha empleado un análisis estadístico siguiendo un procedimiento objetivo por medio del cual se puede aceptar o rechazar un conjunto de datos como confirmatorios de una hipótesis, conocido un nivel de confianza y el riesgo que se corre al tomar tal decisión.

Una Hipótesis es una aseveración de una población con el propósito de poner a prueba, para verificar si la afirmación es razonable se usan los datos o se los rechaza. Al intentar alcanzar una decisión si el sistema implementado es eficiente o no con respecto al sistema profesional DAVIS INSTRUMENTS, es útil hacer hipótesis sobre los datos muestrales recolectados, tales hipótesis que pueden ser o no ciertas son hipótesis nula y alterna.

**Hipótesis Nula  $H_0$ :** si deseamos comprobar que tanto se aproxima el sistema implementado al sistema profesional, formulamos la hipótesis de que no hay diferencia entre ellos (o sea que cualquier diferencia observada se debe simplemente a fluctuaciones en el muestreo de la misma población). Tales hipótesis se suelen llamar hipótesis nula y se denotan por  $H_0$ , esta hipótesis es aquella que nos dice que no existen diferencias significativas entre los dos grupos de datos.

**Hipótesis alterna  $H_1$ :** afirmación que se aceptará si los datos muestrales proporcionan evidencia de que la hipótesis nula es falsa.

Se debe recordarse esta comprobación de hipótesis sólo puede aplicarse en el caso de que se haya procedimiento a un muestreo aleatorio de la población, lo que nos permite garantizar que dicha muestra es representativa de la referida población, al plantearnos estas

dos hipótesis queremos demostrar que las medias de los sensores de cada sistema son iguales.

**Hipótesis:**

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

$H_0$  = Hipótesis nula

$H_1$  = Hipótesis alternativa.

$\mu_1$  = media de la población 1

$\mu_2$  = media de la población 2

El procedimiento para probar  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  es calcular la estadística de **prueba Z** para muestras mayores a 30 para dos medias mediante la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{n_1} + \frac{\sigma^2_2}{n_2}}} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

$\bar{X}_1$  = media de la muestra 1(sistema profesional)

$\bar{X}_2$  = media de la muestra 2(sistema implementado)

$\sigma^2_1$  = varianza de la población 1(sistema profesional)

$\sigma^2_2$  = varianza de la población 2(sistema implementado)

$n_1$  = tamaño de la muestra 1(sistema profesional)

$n_2$  = tamaño de la muestra 2(sistema implementado)

La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza si:

$$Z > Z_{\alpha/2} \quad \text{ó} \quad Z < -Z_{\alpha/2}$$

Donde:

$Z$  = Valor calculado estadístico prueba  $Z$

$Z_{\alpha/2}$  = Valor obtenido de la tabla de distribución normal estándar  $Z$  (ver ANEXO).

$\alpha$  = Nivel de significación.

Es frecuente un nivel de significación de 0,05 ó 0,01. Si por ejemplo se escoge el nivel de significación 0,05 (ó 5%), es decir tenemos un 95% de confianza de que hemos adoptado la decisión correcta esto significa que tal hipótesis tiene una probabilidad 0,05 de ser falsa (ver Figura.V.10).

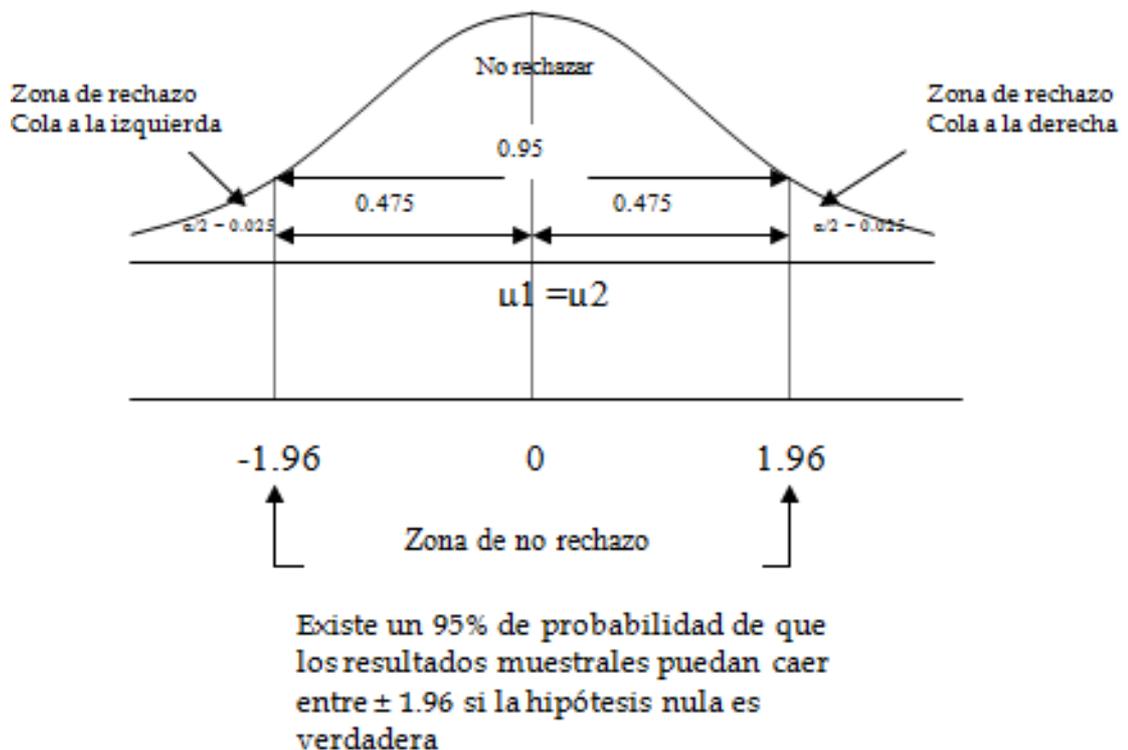


Figura V.10. Área bajo la curva de una normal estándar

$$\alpha = 0,05$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = \text{zona de aceptación para } Z_{\alpha/2}$$

$1 - 0.025 = 0.975$  buscando el valor en la tabla de Distribución Normal Estándar  $Z$  correspondiente a 0.975 encontramos  $Z_{\alpha/2} = 1.96$ .

Se ha tomado muestras de datos para cada variable medida como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, tanto con el sistema profesional como con el sistema implementado, aclarando que primero se ha tomado un dato del sistema profesional y luego en un rango de unos treinta segundos después con el sistema implementado, siendo esta diferencia de tiempo necesaria ya que se usaron los mismos sensores para cada sistema.

#### **5.2.1.1. Análisis de Temperatura**

Se ha recolectado una población de 33 datos para el análisis de temperatura, cada dato recolectado en función del tiempo para el sistema implementado y el sistema profesional, con una observación para cada sistema en grados centígrados (Tabla V.I).

Utilizando el criterio de decisión  $Z < -Z_{\alpha/2}$  para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , nos damos cuenta de que  $-0,31$  es mayor que  $-1.96$  por lo cual no rechazamos  $H_0$ . No existe suficiente evidencia estadística para pensar que las medias son diferentes, es decir se dice que el sistema implementado mide temperatura estadísticamente igual al sistema profesional DAVIS INSTRUMENTS.

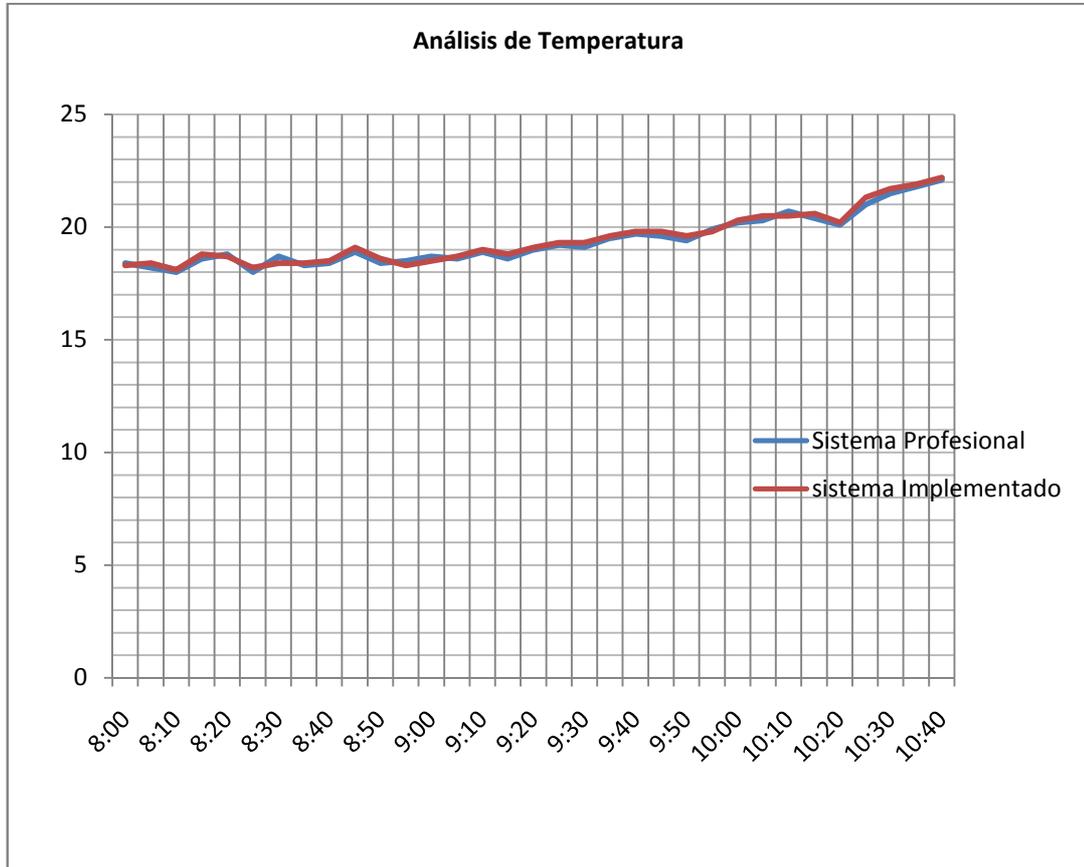
**Tabla V.I.** Toma de muestras para la temperatura

<b>Tiempo</b>	<b>N de muestras</b>	<b>Sistema profesional</b>	<b>Sistema implementado</b>
8:00	1	18,4	18,3
8:05	2	18,2	18,4
8:10	3	18	18,1
8:15	4	18,6	18,8
8:20	5	18,8	18,7
8:25	6	18	18,2
8:30	7	18,7	18,4
8:35	8	18,3	18,4
8:40	9	18,4	18,5
8:45	10	18,9	19,1
8:50	11	18,4	18,6
8:55	12	18,5	18,3
9:00	13	18,7	18,5
9:05	14	18,6	18,7
9:10	15	18,9	19
9:15	16	18,6	18,8
9:20	17	19	19,1
9:25	18	19,2	19,3
9:30	19	19,1	19,3
9:35	20	19,5	19,6
9:40	21	19,7	19,8
9:45	22	19,6	19,8
9:50	23	19,4	19,6
9:55	24	19,9	19,8
10:00	25	20,2	20,3
10:05	26	20,3	20,5
10:10	27	20,7	20,5
10:15	28	20,4	20,6
10:20	29	20,1	20,2
10:25	30	21	21,3
10:30	31	21,5	21,7
10:35	32	21,8	21,9
10:40	33	22,1	22,2

De la Ec.15 encontramos Z

$$Z = -0,31$$

En la Figura V.11 se ve la misma tendencia de curvas del sistema implementado con respecto al sistema profesional.



**Figura V.11.** Temperatura (Sistema Profesional y Sistema Implementado)

### 5.2.1.2. Análisis de Velocidad del Viento

Para este análisis se ha tomado una muestra de 33 datos, para el sistema profesional en función del tiempo, la mejor muestra que se pudo tomar fue en las horas de la tarde por ser más intensa la velocidad del viento, cada resultado en metros por segundo para cada sistema (Tabal V.II). Utilizando el criterio de decisión  $Z > Z_{\alpha/2}$  para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , nos damos cuenta de que 0,28 es menor que 1.96 por lo cual aceptamos  $H_0$ , existe una fuerte evidencia para decir que las medias de los dos sistemas son iguales.

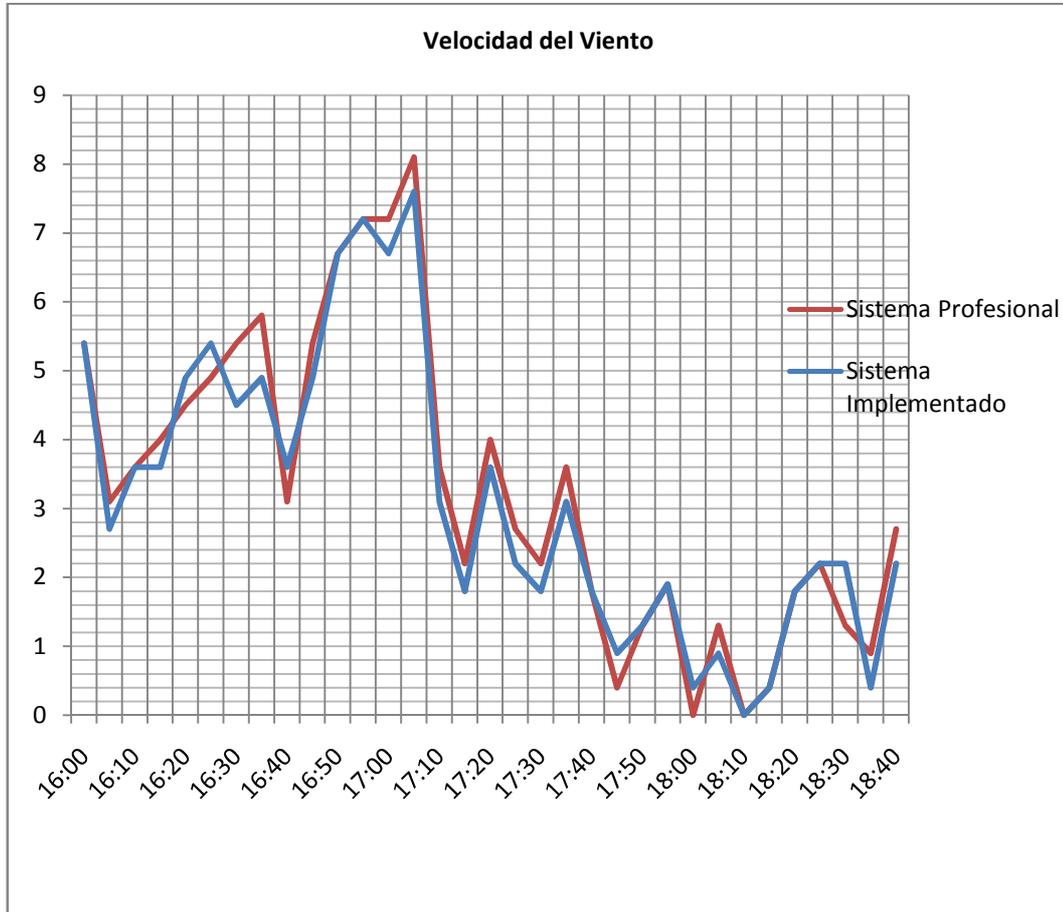
**Tabal V.II.** Toma de muestras para la velocidad del viento

<b>Tiempo</b>	<b>N ° de muestras</b>	<b>Sistema profesional (m/s)</b>	<b>Sistema implementado (m/s)</b>
16:00	1	5,4	5,4
16:05	2	3,1	2,7
16:10	3	3,6	3,6
16:15	4	4	3,6
16:20	5	4,5	4,9
16:25	6	4,9	5,4
16:30	7	5,4	4,5
16:35	8	5,8	4,9
16:40	9	3,1	3,6
16:45	10	5,4	4,9
16:50	11	6,7	6,7
16:55	12	7,2	7,2
17:00	13	7,2	6,7
17:05	14	8,1	7,6
17:10	15	3,6	3,1
17:15	16	2,2	1,8
17:20	17	4	3,6
17:25	18	2,7	2,2
17:30	19	2,2	1,8
17:35	20	3,6	3,1
17:40	21	1,8	1,8
17:45	22	0,4	0,9
17:50	23	1,3	1,3
17:55	24	1,9	1,9
18:00	25	0	0,4
18:05	26	1,3	0,9
18:10	27	0	0
18:15	28	0,4	0,4
18:20	29	1,8	1,8
18:25	30	2,2	2,2
18:30	31	1,3	2,2
18:35	32	0,9	0,4
18:40	33	2,7	2,2

De la Ec.15 encontramos Z

$$Z = 0,28$$

En la Figura V.12 se puede ver una tendencia aproximadamente igual entre el sistema profesional y el sistema implementado.



**Figura V.12.** Velocidad (Sistema Profesional y Sistema Implementado)

### 5.2.1.3. Análisis de dirección del viento

Se ha tomado una muestra de 30 datos tanto del sistema profesional y del sistema implementado, dando una equivalencia para cada dirección un número (Tabla V.III).

Utilizando el criterio de decisión  $Z < -Z_{\alpha/2}$  para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , nos damos cuenta de que  $-0,126$  es mayor que  $-1.96$  por lo cual aceptamos  $H_0$ . No existe suficiente evidencia estadística para pensar que las medias son diferentes.

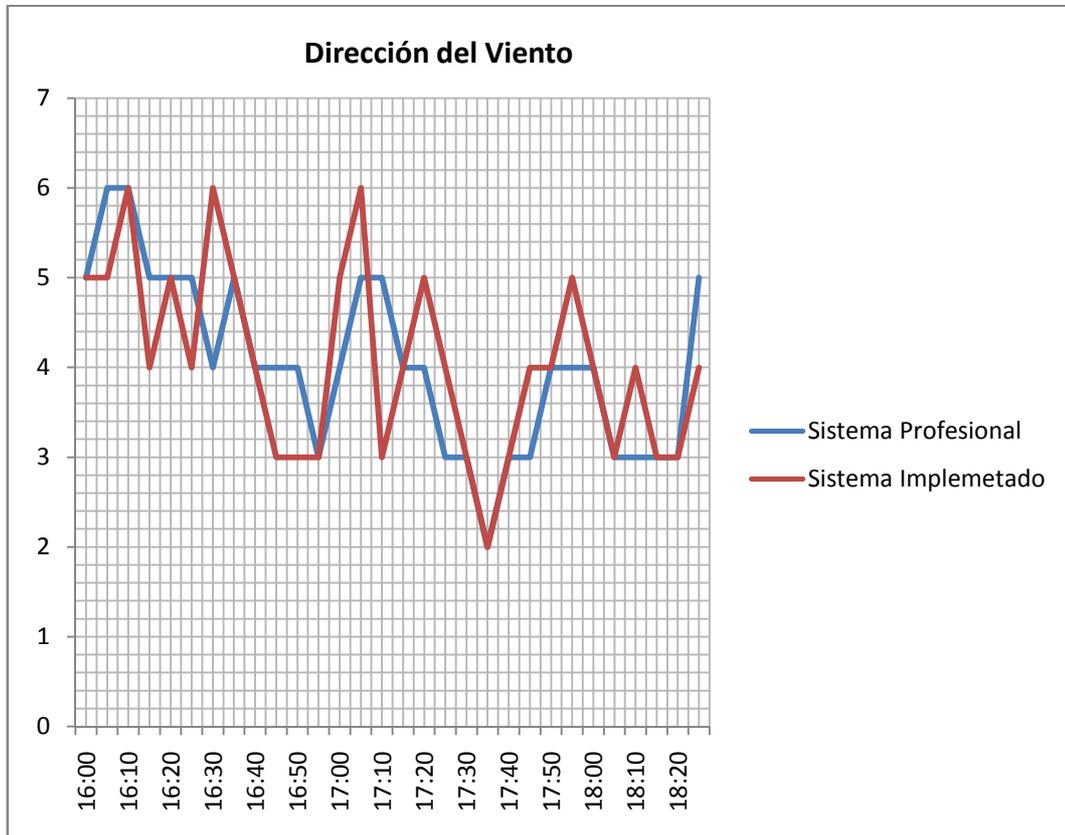
**Tabla V.III.** Toma de muestras para la dirección del viento

<b>Tiempo</b>	<b>N ° de muestras</b>	<b>Sistema profesional</b>		<b>Sistema implementado</b>	
16:00	1	5	SUR	5	SUR
16:05	2	6	SUR-ESTE	5	SUR
16:10	3	6	SUR-ESTE	6	SUR-ESTE
16:15	4	5	SUR	4	SUR-OESTE
16:20	5	5	SUR	5	SUR
16:25	6	5	SUR	4	SUR-OESTE
16:30	7	4	SUR-OESTE	6	SUR-ESTE
16:35	8	5	SUR	5	SUR
16:40	9	4	SUR-OESTE	4	SUR-OESTE
16:45	10	4	SUR-OESTE	3	OESTE
16:50	11	4	SUR-OESTE	3	OESTE
16:55	12	3	OESTE	3	OESTE
17:00	13	4	SUR-OESTE	5	SUR
17:05	14	5	SUR	6	SUR-ESTE
17:10	15	5	SUR	3	OESTE
17:15	16	4	SUR-OESTE	4	SUR-OESTE
17:20	17	4	SUR-OESTE	5	SUR
17:25	18	3	OESTE	4	SUR-OESTE
17:30	19	3	OESTE	3	OESTE
17:35	20	2	NOR-OESTE	2	NOR-OESTE
17:40	21	3	OESTE	3	OESTE
17:45	22	3	OESTE	4	SUR-OESTE
17:50	23	4	SUR-OESTE	4	SUR-OESTE
17:55	24	4	SUR-OESTE	5	SUR
18:00	25	4	SUR-OESTE	4	SUR-OESTE
18:05	26	3	OESTE	3	OESTE
18:10	27	3	OESTE	4	SUR-OESTE
18:15	28	3	OESTE	3	OESTE
18:20	29	3	OESTE	3	OESTE
18:25	30	5	SUR	4	SUR-OESTE

De la Ec.15 encontramos Z

$$Z = -0,126$$

La Figura V.13 muestra de tendencia con una tendencia no tan marcada pero estadísticamente igual entre el sistema profesional y el sistema implementado.



**Figura V.13.** Velocidad Sistema Profesional y Sistema Implementado

#### 5.2.1.4. Análisis de Humedad

Para analizar la humedad se ha tomado una muestra de treinta y tres datos del sistema profesional y el sistema implementado, en unidad de porcentaje para cada sistema (Tabla V.IV).

No existe suficiente evidencia estadística para pensar que las medias son diferentes en la Figura V muestra la misma tendencia entre el sistema profesional y el sistema implementado.

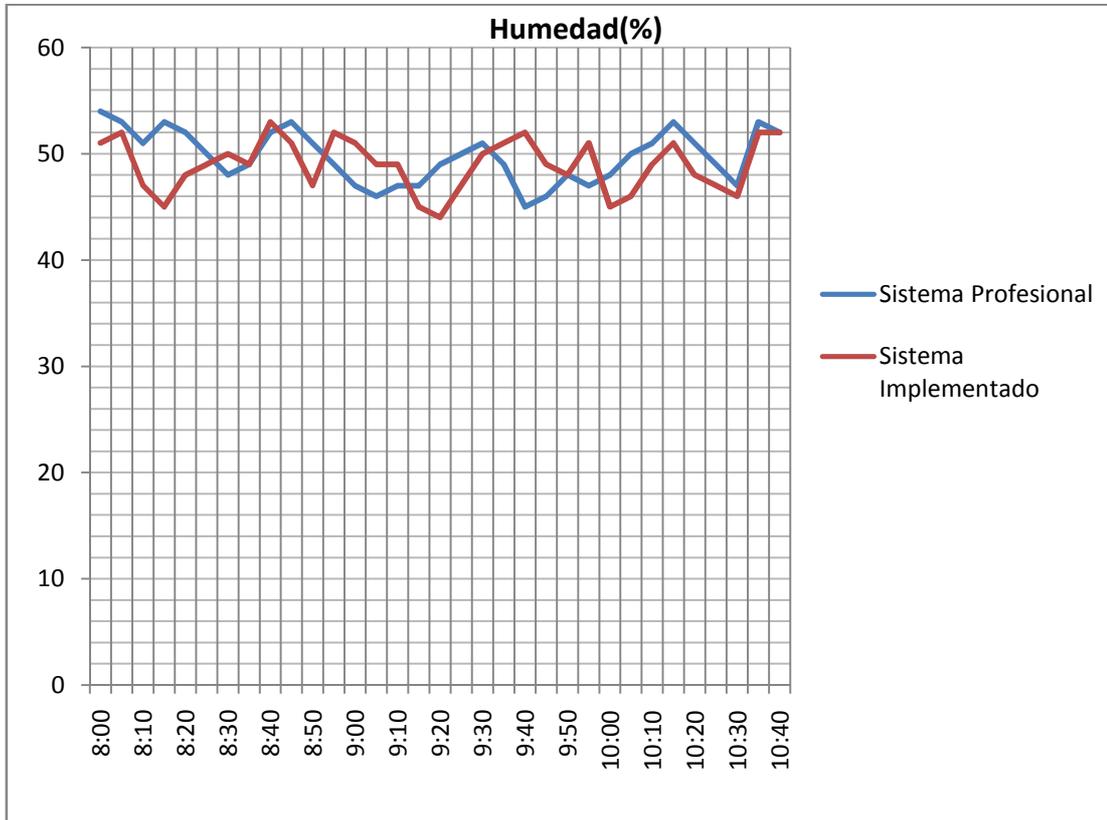
**Tabla V.IV.** Toma de muestras para la humedad

<b>Tiempo</b>	<b>N ° de muestras</b>	<b>Sistema profesional (%)</b>	<b>Sistema implementado (%)</b>
8:00	1	54	51
8:05	2	53	52
8:10	3	51	47
8:15	4	53	45
8:20	5	52	48
8:25	6	50	49
8:30	7	48	50
8:35	8	49	49
8:40	9	52	53
8:45	10	53	51
8:50	11	51	47
8:55	12	49	52
9:00	13	47	51
9:05	14	46	49
9:10	15	47	49
9:15	16	47	45
9:20	17	49	44
9:25	18	50	47
9:30	19	51	50
9:35	20	49	51
9:40	21	45	52
9:45	22	46	49
9:50	23	48	48
9:55	24	47	51
10:00	25	48	45
10:05	26	50	46
10:10	27	51	49
10:15	28	53	51
10:20	29	51	48
10:25	30	49	47
10:30	31	47	46
10:35	32	53	52
10:40	33	52	52

De la Ec.15 encontramos Z

$$Z = 1,244$$

Utilizando el criterio de decisión  $Z > Z_{\alpha/2}$  para rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , nos da 1,244 este valor menor que 1.96 por lo cual aceptamos  $H_0$ .



**Figura V.14.** Velocidad (Sistema Profesional y Sistema Implementado)

Se nota una igualdad no tan marcada en las curvas, esto se debe a varios factores propios de lectura de los datos, la utilización de los mismos sensores para ambos sistemas, entre otros factores, inclusive como todo equipo de medición presentan un porcentaje de error.

### 5.2.2. Comparación de software

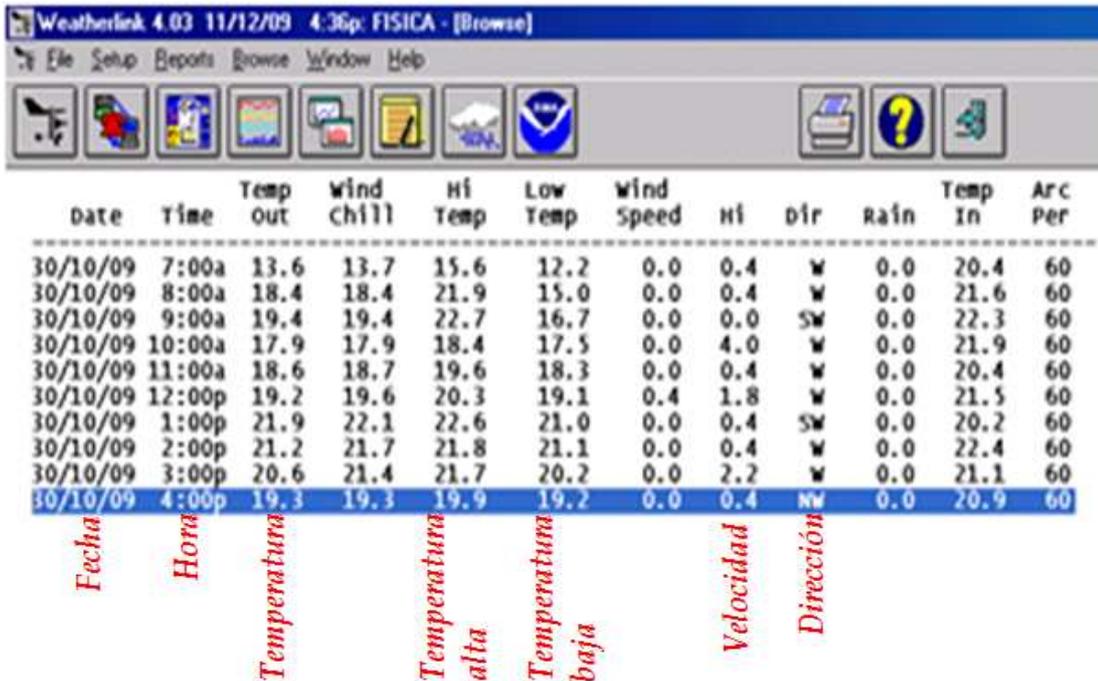
Una comparación entre el software implementado y el software del sistema profesional en fechas diferentes, existe una diferencia de tiempo y los valores no van a ser iguales o semejantes por el hecho de usar los mismos sensores para ambos sistemas, en la

Figura V.15 se muestra los datos que el sistema implementado a enviado hacia el software de aplicación, procesados y almacenados en la Base de Datos en la fecha de 19 de octubre de 2009.

Nº	Fecha	Hora	Dirección	Velocidad(m/s)	Temperatura(°C)	Humedad(%)
3525	2009/12/8	16:39	W	0	17,5	40
3526	2009/12/8	16:44	W	0	17,7	40
3527	2009/12/8	16:49	W	0	17,9	40
3528	2009/12/8	16:54	Nw	0	18	40
3529	2009/12/8	16:59	Nw	0,9	17,8	40
3530	2009/12/8	17:4	Nw	1,8	17,3	40
3531	2009/12/8	17:9	Nw	0,9	17,6	40
3532	2009/12/8	17:14	W	0,9	17,4	41
3533	2009/12/8	17:19	W	0	16,7	41
3534	2009/12/8	17:24	W	0,9	17,3	41
3535	2009/12/8	17:29	Nw	0	17,4	41
3536	2009/12/8	17:34	N	0	22,6	41
3537	2009/12/9	17:49	W	2,7	14,9	40
3538	2009/12/9	17:54	W	0,9	15	40
3539	2009/12/9	17:59	W	0	14,9	40
3540	2009/12/9	18:4	W	0	15	40
3541	2009/12/9	18:9	Sw	0,9	15	40
3542	2009/12/9	18:14	Sw	0,9	15	40
3543	2009/12/9	18:19	W	0,9	14,9	40
3544	2009/12/9	18:24	W	0	15,1	40
3545	2009/12/9	18:29	W	0,9	15	40

**Figura V.15.** Software sistema implementado

En la Figura V.16 se muestra una captura de una pantalla del software, propio del Sistema Profesional DAVIS INSTRUMENTS, con los datos almacenados en la fecha del 30 de octubre de 2009.



The screenshot shows the Weatherlink 4.03 software interface. The title bar reads 'Weatherlink 4.03 11/12/09 4:36p: FISICA - [Browse]'. The menu bar includes 'File', 'Setup', 'Reports', 'Browse', 'Window', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window displays a table of weather data for the date 30/10/09. The table has 12 columns: Date, Time, Temp out, Wind Chill, Hi Temp, Low Temp, Wind Speed, Hi, Dir, Rain, Temp In, and Arc Per. The data rows show hourly weather readings from 7:00a to 4:00p. Below the table, several columns are labeled with Spanish text: 'Fecha' (Date), 'Hora' (Time), 'Temperatura' (Temperature), 'Temperatura alta' (High Temperature), 'Temperatura baja' (Low Temperature), 'Velocidad' (Speed), and 'Dirección' (Direction).

Date	Time	Temp out	Wind Chill	Hi Temp	Low Temp	Wind Speed	Hi	Dir	Rain	Temp In	Arc Per
30/10/09	7:00a	13.6	13.7	15.6	12.2	0.0	0.4	W	0.0	20.4	60
30/10/09	8:00a	18.4	18.4	21.9	15.0	0.0	0.4	W	0.0	21.6	60
30/10/09	9:00a	19.4	19.4	22.7	16.7	0.0	0.0	SW	0.0	22.3	60
30/10/09	10:00a	17.9	17.9	18.4	17.5	0.0	4.0	W	0.0	21.9	60
30/10/09	11:00a	18.6	18.7	19.6	18.3	0.0	0.4	W	0.0	20.4	60
30/10/09	12:00p	19.2	19.6	20.3	19.1	0.4	1.8	W	0.0	21.5	60
30/10/09	1:00p	21.9	22.1	22.6	21.0	0.0	0.4	SW	0.0	20.2	60
30/10/09	2:00p	21.2	21.7	21.8	21.1	0.0	0.4	W	0.0	22.4	60
30/10/09	3:00p	20.6	21.4	21.7	20.2	0.0	2.2	W	0.0	21.1	60
30/10/09	4:00p	19.3	19.3	19.9	19.2	0.0	0.4	W	0.0	20.9	60

Figura V.16. Software sistema profesional (DAVIS INSTRUMENTS)

### 5.2.3. Prueba de Envío de un SMS

Esta es la etapa el sistema se encarga de procesar los datos que recolectan los sensores y además enviar un SMS al cumplirse un tiempo preestablecido, una primera prueba fue enviar un SMS cada 12 minutos, el sistema recolecta cuatro datos (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento) cada minuto multiplicado por los 12 minutos se completa la capacidad de un mensaje de texto, a lo máximo que se puede llegar es a los 156 caracteres dependiendo de cada dato recolectado de los 160 caracteres de un mensaje de texto.

En esta prueba se determinó que siempre va haber un mínimo retraso para el envío de un mensaje de texto por el mismo tiempo que consume el PIC en el procesamiento de sus instrucciones y además el tiempo que demora en atender a las peticiones de los pulsadores, por lo que se observo un retraso de 1 a 3 segundos aproximadamente.

#### **5.2.4. Pruebas de compatibilidad del Software de Aplicación**

Estas pruebas fueron orientadas a verificar la compatibilidad del software de aplicación con diferentes sistemas operativos los más conocidos y utilizados por los usuarios de hoy en día como Windows vista y Windows XP , y principalmente asegurarnos una comunicación con el teléfono celular sea excelente y no falle por cada envío de comandos AT desde la PC hacia el teléfono.

La aplicación funcionó correctamente con Windows XP, con Windows Vista hay veces que el sistema se cuelga y no responde por diferentes causas y eventos ocurridos en el puerto serial.

## CONCLUSIONES

1. Para transmitir toda la información que el sistema recolecta se optó hacerlo mediante el uso de la red GSM usando uno de los servicios más populares y útiles que esta red nos puede ofrecer como el envío de Mensajes de Texto, dándonos como resultado una transmisión de datos de bajo costo. Hablar de GSM se habla de una cobertura que ha copado casi todo el territorio de nuestro país, esto nos da la posibilidad de hacer un sistema capaz de movilizarlo de un lugar a otro sin hacerlo ninguna modificación.
2. Se ha comprobado que el sistema cumple con el objetivo planteado en la adquisición de datos meteorológicos de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, esto se debe a que se ha tomado en cuenta parámetros de circuitos acondicionadores de señal en la salida de cada sensor para un procesamiento óptimo por parte del microcontrolador.
3. De entre alternativas para elegir sensores meteorológicos se optó por los de la casa fabricante DAVIS INSTRUMENTS siendo estos de uso profesional actualmente utilizados por estaciones meteorológicas, son muy robustos para soportar cualquier variación climática y sobre todo muy sensibles para detectar cualquier cambio en el clima.
4. Para la construcción de este sistema se tomó en cuenta las necesidades de obtener una curva lineal a la salida de los sensores de humedad y temperatura

facilitando el procesamiento del microcontrolador para obtener datos reales con un error mínimo.

5. El termistor presenta una elevada sensibilidad a variaciones de temperatura haciendo que resulten muy adecuados para mediciones precisas de temperatura, esta linealidad es mas limitada que otros sensores de temperatura y requieren circuitos acondicionadores trabajan en condiciones de mayor linealidad.
6. El teléfono celular NOKIA 3220, ha sido elegido gracias a que cumple con los requisitos básicos para la interacción con el sistema diseñado, por lo tanto el protocolo de comunicación es serial ya sea entre el microcontrolador o el computador.
7. Utilizando los comandos AT se puede interactuar por comunicación serial entre el computador y teléfono r por medio de la consola de HyperTerminal, además esto nos da la posibilidad de comprobar si el teléfono celular soporta o no comandos AT.
8. Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un modem. La implementación de los comandos AT corre a cuenta del teléfono celular y no depende de la red de comunicaciones GSM.
9. El microcontrolador administra los recursos que facilitan la interfaz hombre maquina como es la pantalla LCD y las teclas, como también

es el encargado de controlar el teléfono celular por medio de comandos AT para luego enviar la información recolectada en mensajes de texto.

10. Se puede observar que a través de la red celular GSM, concretamente en un formato de mensajes de texto, en una forma muy limitada es posible enviar cualquier tipo de información utilizando un microcontrolador y un teléfono celular.
11. En el proceso de la conversión de Análogo a Digital no fue suficiente utilizar una resolución de 8 bits por el hecho de que las condiciones de voltaje de las salidas de los sensores son muy bajas, exigiendo una mayor resolución en este caso a 10 bits
12. La transmisión de un mensaje de texto se hace en un solo sentido es decir solamente desde el sistema recolector hacia la estación central de base de datos, mas no en sentido contrario.
13. El sistema DATA LOGGER no cumple un tiempo exacto para enviar un mensaje de texto, es decir no envía al cumplirse una hora exacta, esto se debe por el tiempo que le toma al microcontrolador en procesar todas sus instrucciones, obteniendo un retraso de 10 a 20 segundos por cada envío.
14. En las pruebas de comparación realizadas a este sistema, con el sistema profesional y con la toma de datos de forma aleatoria concluimos que este sistema es estadísticamente igual al sistema profesional en la lectura de sensores

## RECOMENDACIONES

1. El manejo del software debe hacer un usuario que esté al tanto y que conozca del manejo de todo el sistema ya que si no sabe podría darle un mal funcionamiento y lo que sería peor perder la información de las variables meteorológicas.
2. Para utilizar el software de aplicación es recomendable hacerlo sobre el sistema operativo Windows XP por ser más robusto en controlar dispositivos de hardware por el puerto serial a comparación de Windows vista que es muy inestable.
3. Para establecer una comunicación entre el software de aplicación implementado y el teléfono móvil por medio de comandos AT se debe instalar el controlador del cable DKU-5, de lo contrario es imposible empezar a controlar el teléfono celular y no se podrá descargar los mensajes de texto.
4. Por cada mensaje descargado del celular hacia el computador es recomendable reiniciar el software de aplicación y volver a cargarlo para que el teléfono celular pueda actualizar su bandeja de entrada donde se encuentran almacenados los mensajes.
5. Se recomienda tener un saldo activo permanente en el teléfono celular del sistema de recolección DATA LOGGER, para poder enviar los datos recolectados de lo contrario se perderán y no podrán ser recuperados.

6. La veleta es importante alinearla y orientarla hacia el norte geográfico además es conveniente evitar el efecto de la torre ya que esta puede distorsionar el sentido del viento.
7. El sistema DATA LOGGER nos muestra datos erróneos de temperatura según el proceso de acondicionamiento del termistor en valores inferiores a los 4°C y mayores a los 45°C por lo que se recomienda utilizarlo en sitios donde la temperatura no sobre pase estos valores.
8. Para un funcionamiento óptimo de este sistema se recomienda una alimentación constante, ya que por cada corte de energía el sistema se reinicia y empieza a funcionar desde cero perdiendo todos los datos recolectados con anterioridad.
9. Este sistema se presenta como una versión uno, por lo se recomienda implementar mas funciones, como aumentar sensores o lo que es mejor agregarle un modulo de memoria para que los datos se vayan almacenando y no se pierdan.

## RESÚMEN

El presente trabajo trata sobre la implementación de un sistema de recolección de información meteorológica utilizando tecnología móvil como medio de transmisión, dando la posibilidad de transmitir de forma inalámbrica, los datos recolectados a distancias muy lejanas donde se está monitoreando el clima con enviar un mensaje de texto utilizando un teléfono celular.

Los sensores que se utilizaron para el diseño de este sistema son de la casa fabricante DAVIS INSTRUMENTS a excepción del sensor de humedad el HU-S10 de fabricación china. Para monitorear el clima se utilizó un anemómetro que sirve para medir la velocidad del viento, termómetro para medir temperatura, veleta para medir la dirección del viento, higrómetro para medir la humedad.

Este sistema fue implementado con el microcontrolador PIC16F877A como cerebro principal, siendo este el encargado de recolectar los datos provenientes de los sensores convirtiéndolos de datos analógicos a digitales y usando comandos AT, le da instrucciones a un teléfono celular "Nokia 3220" que envíe un mensaje de texto con los datos recolectados, dicho mensaje de texto será transmitido a otro teléfono celular conectado a una base de datos ubicado en un sitio remoto o estación central de proceso de datos.

Se realizó pruebas estadísticas de comparación, para los cuatro sensores con un sistema profesional, obteniéndose una efectividad del 95% en la realización de las pruebas, pudiendo ser usado en cualquier lugar. Se recomienda utilizar el manual de usuario del sistema para un adecuado funcionamiento.

## **SUMMARY**

This work deals with the implementation of a system for collecting meteorological information using mobile technology as a means of transmission, giving the possibility to wirelessly transmit the data collected at distances far away where it is monitoring the weather to send a message text using a cell phone.

The sensors were used for the design of this system are the manufacturer's DAVIS INSTRUMENTS except for the humidity sensor HU-10S made in China. To monitor the weather used an anemometer that measures wind speed, thermometer to measure temperature, wind vane to measure wind direction, hygrometer to measure humidity.

This system was implemented with the microcontroller PIC16F877A as the main brain, this being responsible for collecting data from sensors converting analog to digital data using AT commands and gives instructions to a cell phone "Nokia 3220" to send a message text with data collected, the text message will be forwarded to another cell phone connected to a database located at a remote site or central processing station data.

We performed statistical tests of comparison, for the four sensors with a professional system, yielding a 95% effectiveness in carrying out the tests and can be used anywhere.

We recommend using the system's user manual for proper operation.

# **ANEXOS**

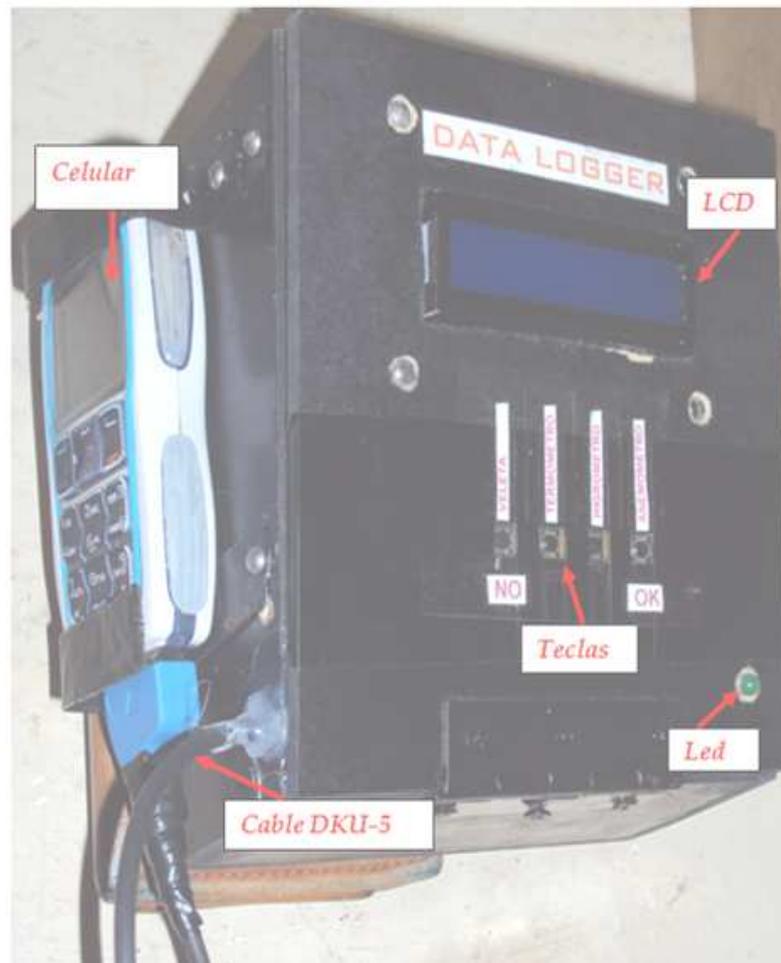
## **Anexo A. Manual de usuario**

### **HARDWARE**

El equipo recolector de información meteorológica DATA LOGGER, consiste en un dispositivo portátil, integrado dentro de una maqueta con la pantalla LCD, pulsadores y con sus respectivos racks para los sensores.

#### **Vista frontal y lateral izquierda**

Se observa el teléfono celular, cable DKU-5, teclas para visualizar los datos, pantalla LCD y un led que se enciende cada segundo indicando que el sistema está en pleno funcionamiento.



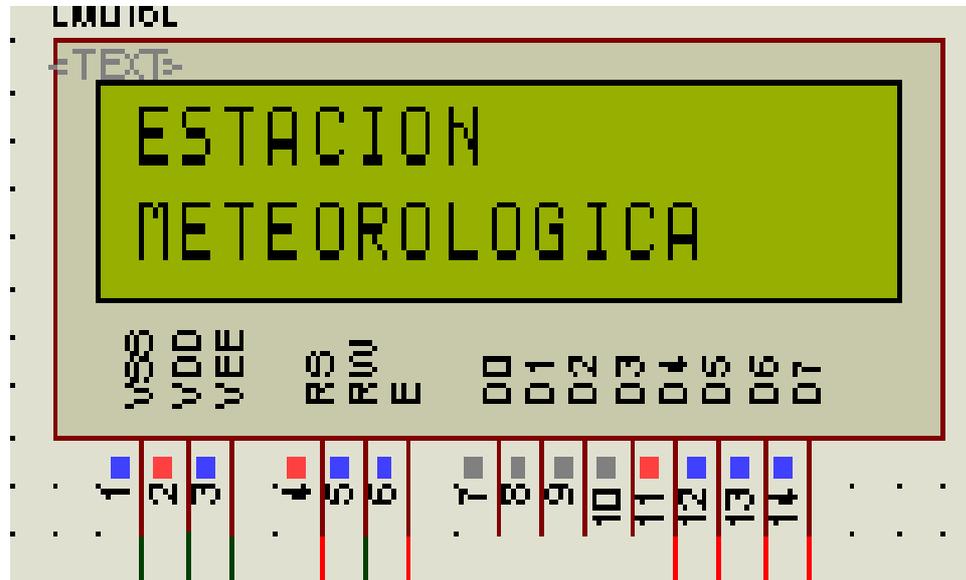
1. Conexión de la alimentación de voltaje para el sistema, indicando en la parte trasera del sistema



2. Conexión del sistema con el teléfono celular por medio del cable DKU-5.



3. Pantalla cuando el sistema empieza a funcionar, esta pantalla permanecerá visible por dos segundos.



4. En esta imagen nos pregunta si es que queremos encerrar el reloj o no, es decir si queremos que el RTC arranque desde los cero segundos o desde un valor actual.



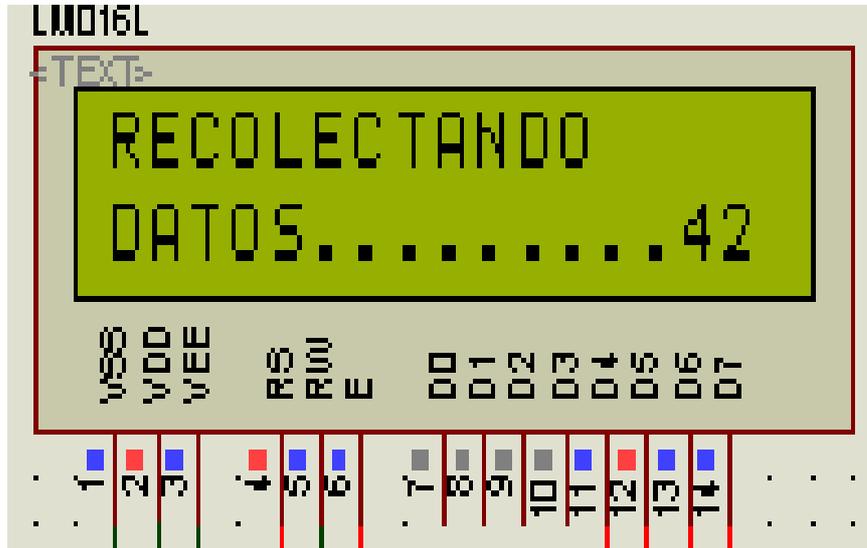
5. Esta pregunta que presenta el LCD obedece a las teclas “NO” y “OK” del sistema DATA LOGGER.



6. En esta pantalla el sistema está listo para empezar a recolectar los datos meteorológicos.



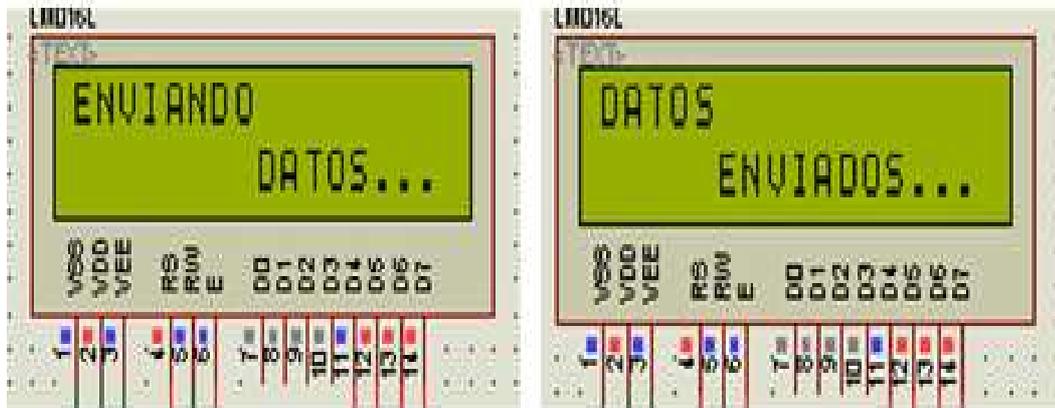
7. Esta pantalla se actualiza cada segundo informando que el sistema está recolectando los datos que entregan los sensores, el numero que aparece la parte inferior derecha son los segundos que el PIC está leyendo desde el RTC.



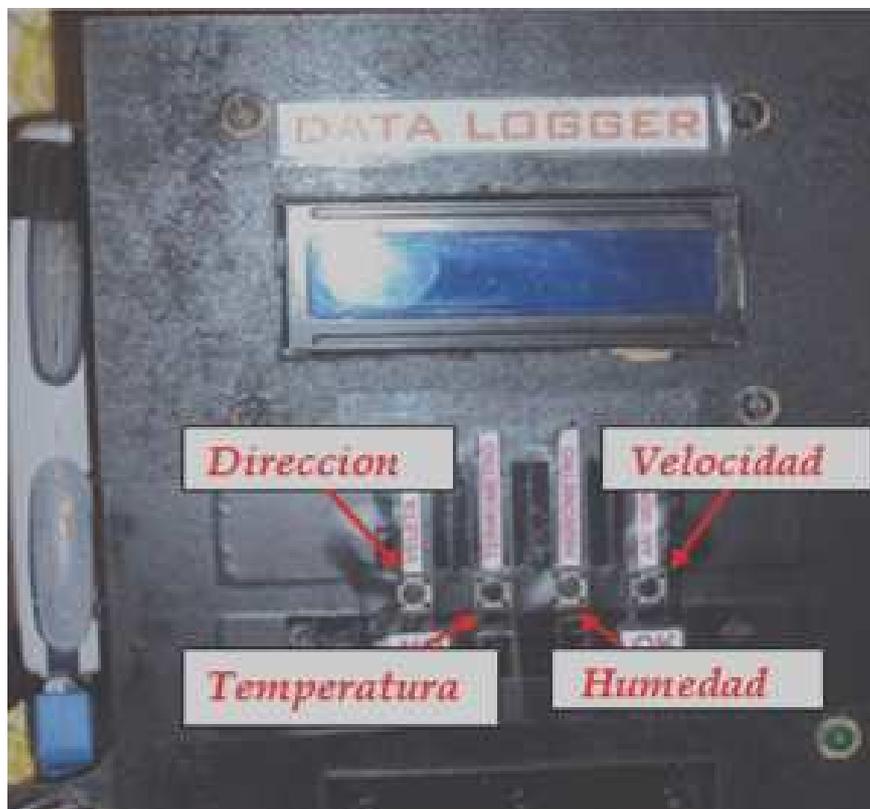
8. Cada vez que el sistema nos muestra esta pantalla nos dice que un dato ha sido recolectado en este caso el primer dato de los doce datos, esta pantalla aparece cada cinco minutos.



9. Pantalla que informa que el sistema está enviando un SMS, esta pantalla aparece cada cuando se envía un SMS, es decir cada hora.

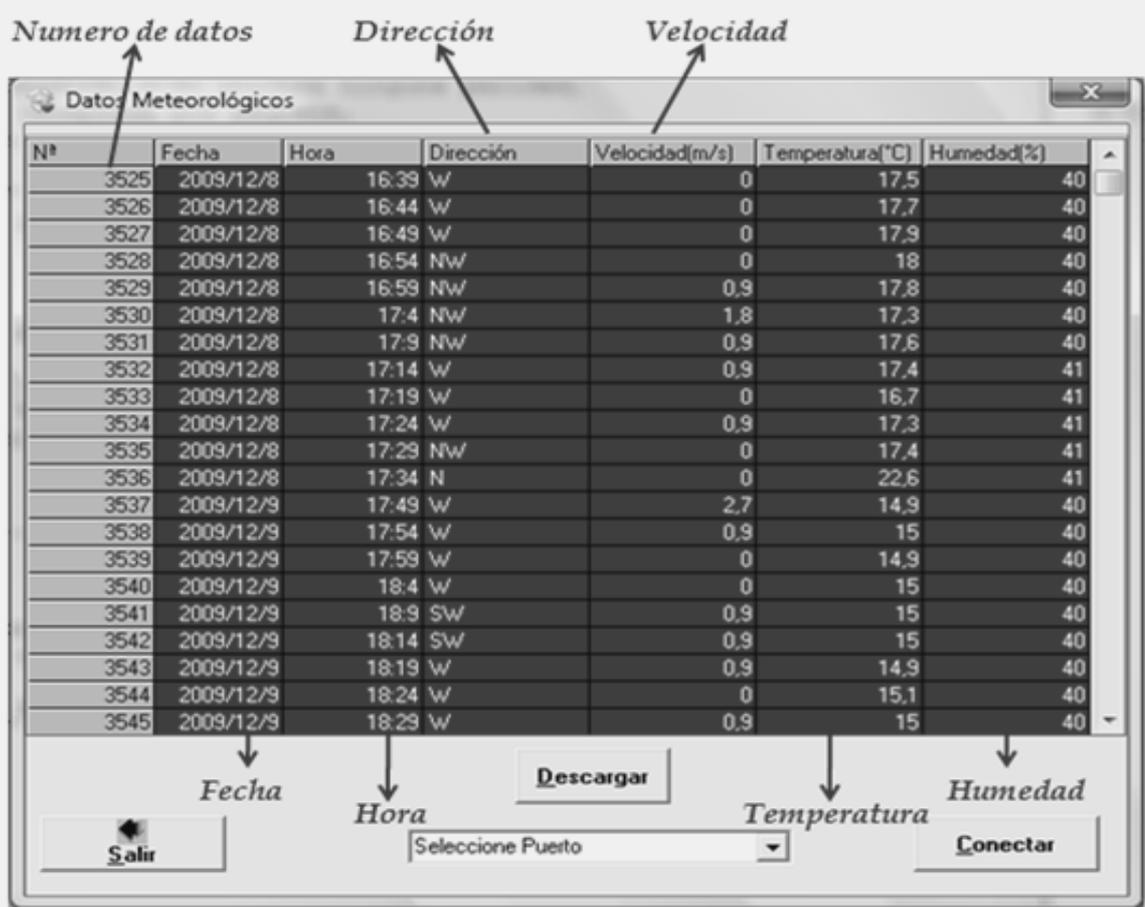


10. Para visualizar los datos de temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento en el instante que el usuario lo requiera pulsamos las teclas mostradas en la siguiente figura.



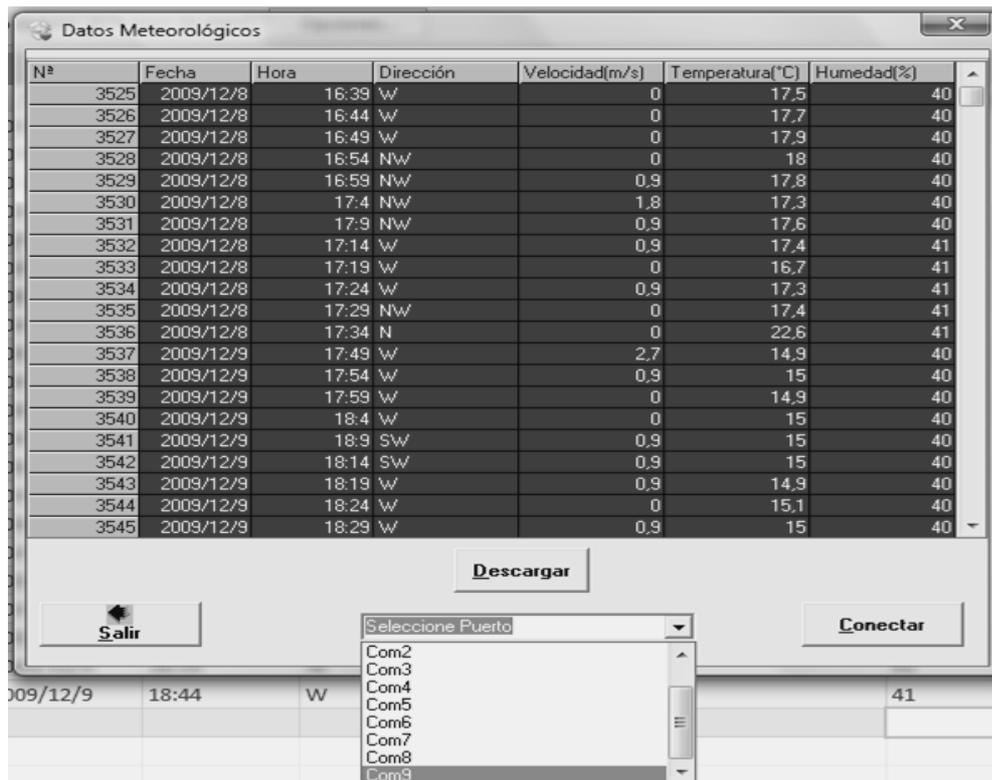
## SOFTWARE

Pantalla inicial del sistema software que almacena los datos meteorológicos descargados desde el teléfono móvil en una base de datos, cada registro consta de los campos, fecha, hora, dirección, velocidad, temperatura y humedad, además el número de datos que están almacenados.

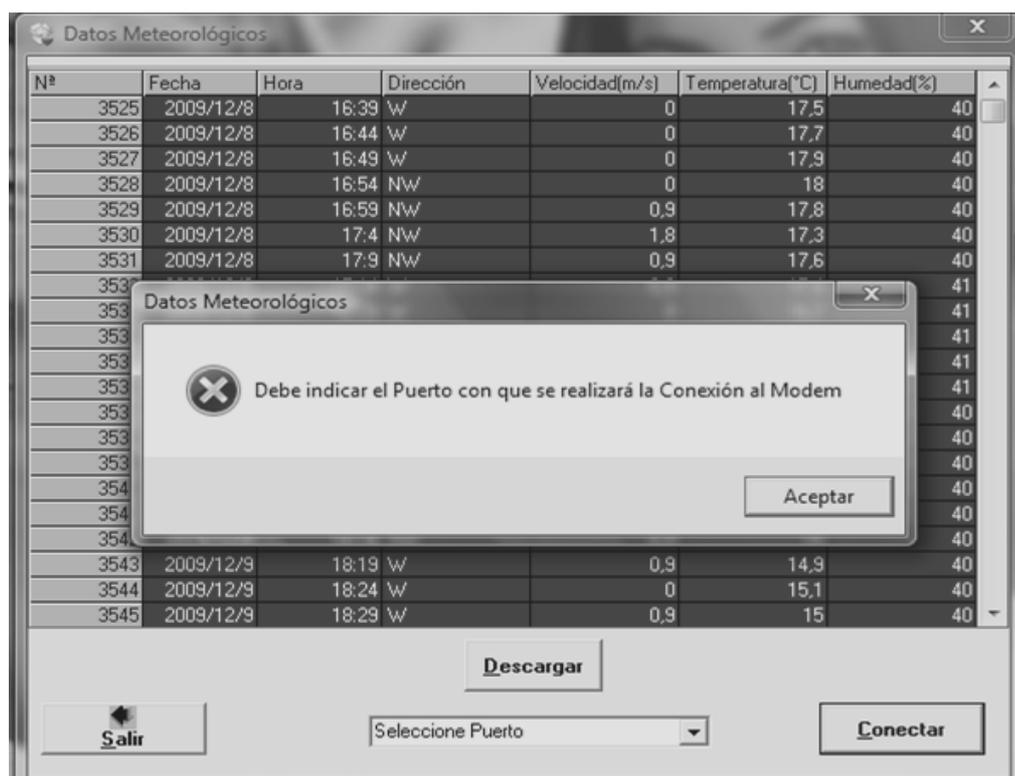


N°	Fecha	Hora	Dirección	Velocidad(m/s)	Temperatura(°C)	Humedad(%)
3525	2009/12/8	16:39	W	0	17,5	40
3526	2009/12/8	16:44	W	0	17,7	40
3527	2009/12/8	16:49	W	0	17,9	40
3528	2009/12/8	16:54	NW	0	18	40
3529	2009/12/8	16:59	NW	0,9	17,8	40
3530	2009/12/8	17:4	NW	1,8	17,3	40
3531	2009/12/8	17:9	NW	0,9	17,6	40
3532	2009/12/8	17:14	W	0,9	17,4	41
3533	2009/12/8	17:19	W	0	16,7	41
3534	2009/12/8	17:24	W	0,9	17,3	41
3535	2009/12/8	17:29	NW	0	17,4	41
3536	2009/12/8	17:34	N	0	22,6	41
3537	2009/12/9	17:49	W	2,7	14,9	40
3538	2009/12/9	17:54	W	0,9	15	40
3539	2009/12/9	17:59	W	0	14,9	40
3540	2009/12/9	18:4	W	0	15	40
3541	2009/12/9	18:9	SW	0,9	15	40
3542	2009/12/9	18:14	SW	0,9	15	40
3543	2009/12/9	18:19	W	0,9	14,9	40
3544	2009/12/9	18:24	W	0	15,1	40
3545	2009/12/9	18:29	W	0,9	15	40

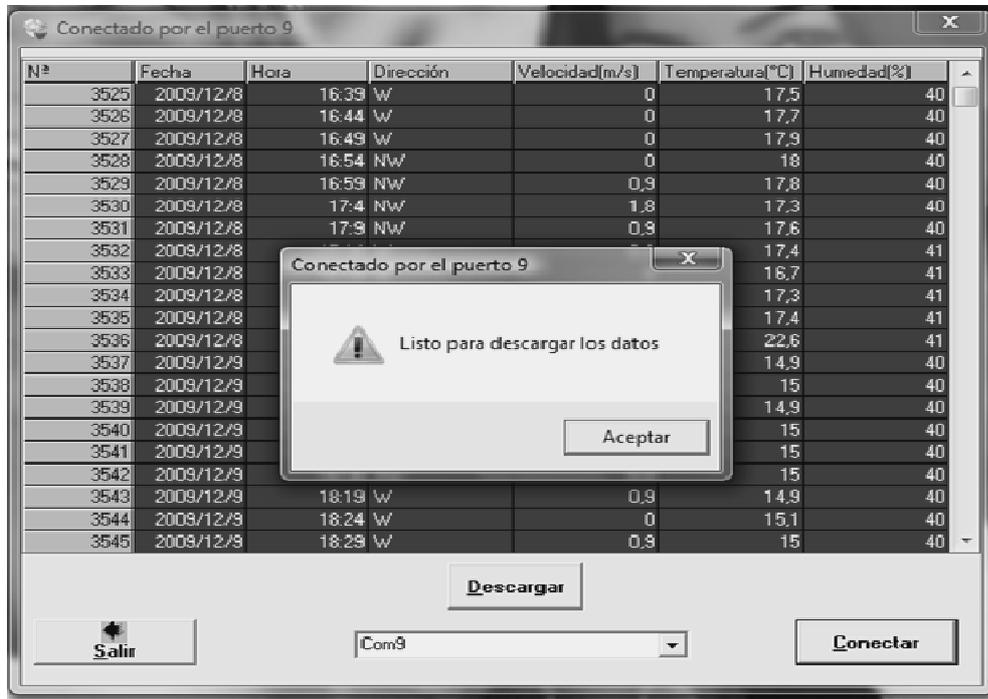
Primero se debe seleccionar el puerto donde se encuentra conectado el teléfono celular que se despliega en la caja de selección de texto, el puerto a seleccionar depende de la instalación del controlador del cable DKU-5, para este sistema se selecciona el puerto 9. Después de haber seleccionado el puerto damos clic en **Conectar**.



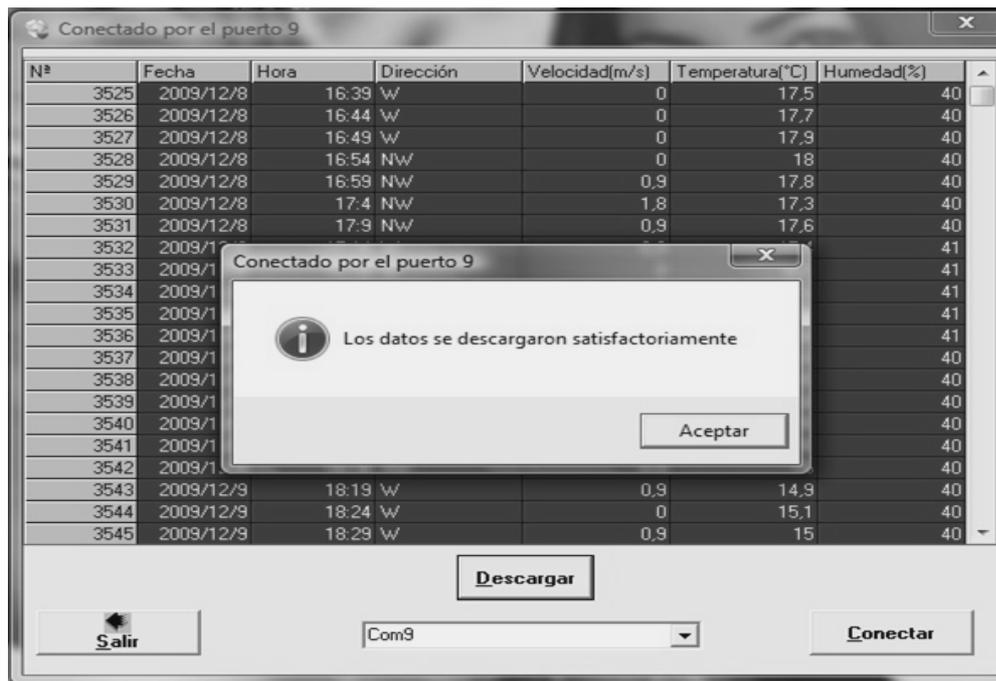
Si se pulsa el botón **Conectar** sin seleccionar el puerto nos saldrá el siguiente mensaje de advertencia, indicando que el teléfono no está conectado por lo tanto hay que seleccionar un puerto y conectarlo.



Ventana de mensaje que nos indica que ya se puede descargar el mensaje de texto



Indica que el mensaje de texto se ha descargado satisfactoriamente.



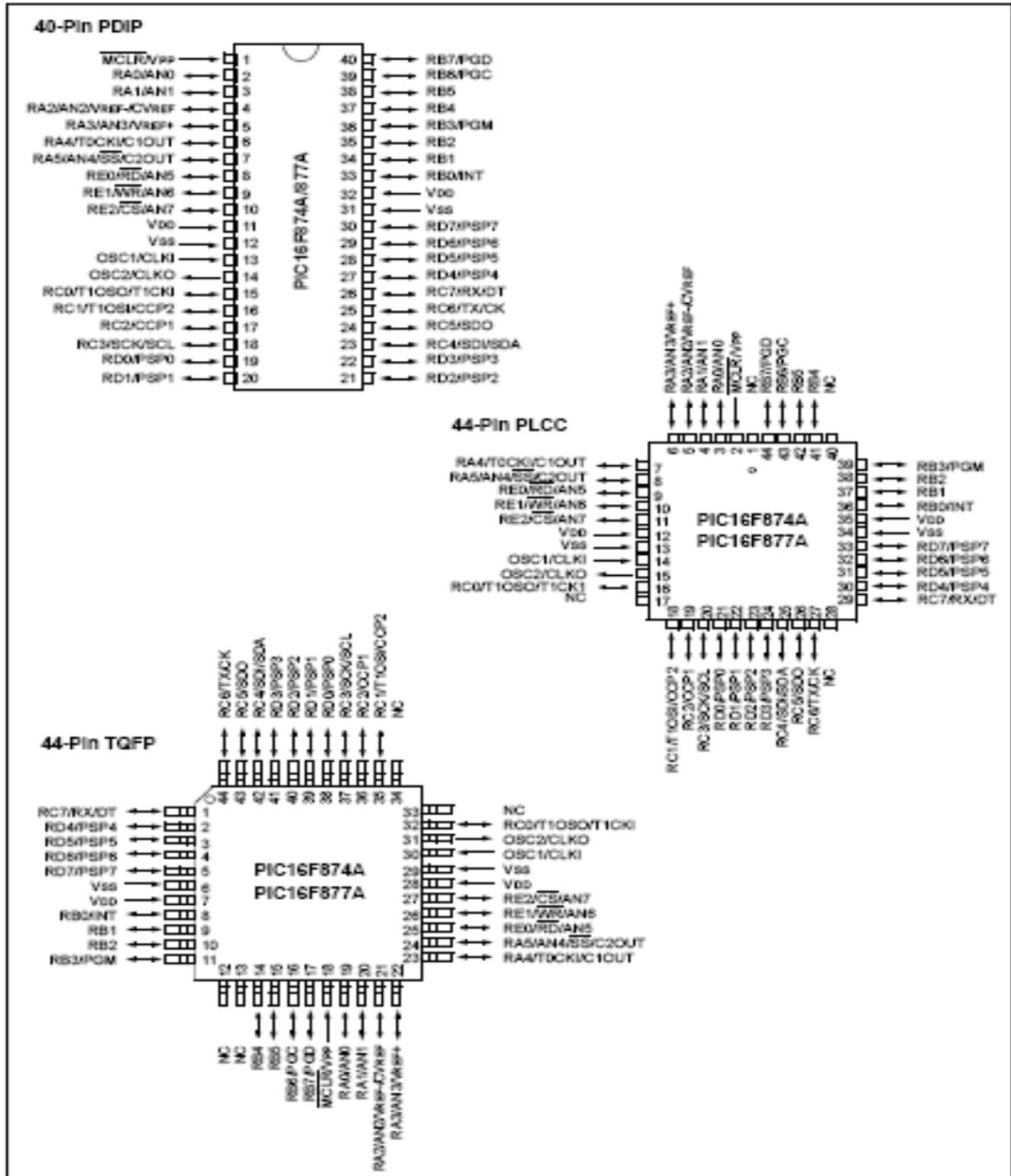
## Anexo B. Descripción de cada pin del PIC16F877A

PIN	DESCRIPCIÓN
OSC1/CLKIN(13)	Entrada para el oscilador o cristal externo.
OSC2/CLKOUT(14)	Salida del oscilador. Este pin debe conectarse al cristal o resonador.
MCLR/VPP/THV(1)	Este pin es el reset del microcontrolador.
RA0/AN0(2)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del conversor AD (canal 0)
RA1/AN1(3)	Similar a RA0/AN0
RA2/AN2/VREF-(4)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del conversor AD (canal 2) o entrada negativa de voltaje de referencia
RA3/AN3/VREF+(5)	Puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica del conversor AD (canal 3) o entrada positiva de voltaje de referencia
RA4/T0CKI (6)	Línea digital de E/S o entrada del reloj del timer 0.
RA5/SS#/AN4(7)	Línea digital de E/S, entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona.
RB0/INT(33)	Puerto B pin 0, bidireccional.
RB1(34)	Puerto B pin 1, bidireccional.
RB2(35)	Puerto B pin 2, bidireccional.
RB3/PGM(36)	Puerto B pin 3, bidireccional o entrada del voltaje bajo para programación
RB4(37)	Puerto B pin 4, bidireccional.
RB5(38)	Puerto B pin 5, bidireccional.
RB6/PGC(39)	Puerto B pin 6, bidireccional.
RB7/PGD(40)	Puerto B pin 7, bidireccional
RC0/T1OSO/T1CKI(15)	Línea digital de E/S o salida del oscilador del timer 1.
RC1/T1OSI/CCP2(16)	Línea digital de E/S o entrada al oscilador del timer 1 o entrada al módulo captura 2/salida comparación 2/ salida del PWM 2.
RC2/CCP1(17)	E/S digital. También puede actuar como entrada captura 1,/salida comparación 1/ salida de PWM 1.
RC3/SCK/SCL(18)	E/S digital o entrada de reloj serie síncrona /salida de los módulos SP1 e I2C.
RC4/SDI/SDA(15)	E/S digital o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I2C.
RC5/SDO(24)	E/S digital o salida digital en modo SPI.
RC6/TX/CK(25)	E/S digital o patita de transmisión de USART asíncrono o como reloj del síncrono.
RC7/RX/DT(26)	E/S digital o receptor del USART asíncrono o como datos en el síncrono.
RD0/PSP0- RD7/PSP7	Las ocho patitas de esta puerta pueden actuar como E/S digitales.
RE0/RD#/AN5(8)	E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 5.
RE1/WR#/AN6(9)	E/S digital o señal de escritura para la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 6.
RE2/CS#/AN7(10)	E/S digital o señal de activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica canal 7.
VSS(12,31)	Tierra.
VDD(11,32)	Fuente (5V).

Anexo C. Datasheet del Microcontrolador PIC16F877A

# PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



# PIC16F87XA

FIGURE 2-3: PIC16F876A/877A REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. <sup>(1)</sup>	00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	80h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	100h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD <sup>(1)</sup>	08h	TRISD <sup>(1)</sup>	88h		108h		188h
PORTE <sup>(1)</sup>	09h	TRISE <sup>(1)</sup>	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h	General Purpose Register 16 Bytes	111h	General Purpose Register 16 Bytes	191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h		117h		197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
General Purpose Register 96 Bytes	20h	General Purpose Register 80 Bytes	A0h		General Purpose Register 80 Bytes		120h
			EFh			1EFh	
			accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh		accesses 70h - 7Fh	1F0h
Bank 0	7Fh	Bank 1	FFh	Bank 2	17Fh	Bank 3	1FFh

Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
<sup>\*</sup> Not a physical register.

**Note 1:** These registers are not implemented on the PIC16F876A.  
**Note 2:** These registers are reserved; maintain these registers clear.

# PIC16F87XA

FIGURE 2-4: PIC16F873A/874A REGISTER FILE MAP

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. <sup>(1)</sup> 00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 80h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 100h	Indirect addr. <sup>(1)</sup> 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD <sup>(1)</sup> 08h	TRISD <sup>(1)</sup> 88h		
PORTE <sup>(1)</sup> 09h	TRISE <sup>(1)</sup> 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved <sup>(2)</sup> 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved <sup>(2)</sup> 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPADD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 98h		
TXREG 19h	SPBRG 99h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch		
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh		
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 96 Bytes	accesses 20h-7Fh	accesses A0h - FFh
Bank 0 7Fh	Bank 1 FFh	Bank 2 17Fh	Bank 3 1FFh

Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
<sup>(1)</sup> Not a physical register.

**Note 1:** These registers are not implemented on the PIC16F873A.  
**Note 2:** These registers are reserved; maintain these registers clear.

# PIC16F87XA

## 2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers are registers used by the CPU and peripheral modules for controlling the desired operation of the device. These registers are implemented as static RAM. A list of these registers is given in Table 2-1.

The Special Function Registers can be classified into two sets: core (CPU) and peripheral. Those registers associated with the core functions are described in detail in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in detail in the peripheral features section.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
<b>Bank 0</b>												
00h <sup>(2)</sup>	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)									0000 0000	31, 150
01h	TMR0	Timer0 Module Register									xxxx xxxx	55, 150
02h <sup>(2)</sup>	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte									0000 0000	30, 150
03h <sup>(2)</sup>	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150	
04h <sup>(2)</sup>	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer									xxxx xxxx	31, 150
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written; PORTA pins when read							-- 0x 0000	43, 150
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written; PORTB pins when read									xxxx xxxx	45, 150
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written; PORTC pins when read									xxxx xxxx	47, 150
08h <sup>(4)</sup>	PORTD	PORTD Data Latch when written; PORTD pins when read									xxxx xxxx	48, 150
09h <sup>(4)</sup>	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	--- -xxxx	49, 150	
0Ah <sup>(1,3)</sup>	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					--- 0 0000	30, 150	
0Bh <sup>(2)</sup>	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
0Ch	PIR1	PSPIF <sup>(2)</sup>	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	26, 150	
0Dh	PIR2	—	CMIF	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF	-0-0 0--0	28, 150	
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register									xxxx xxxx	60, 150
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register									xxxx xxxx	60, 150
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	-- 00 0000	57, 150	
11h	TMR2	Timer2 Module Register									0000 0000	62, 150
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	61, 150	
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register									xxxx xxxx	79, 150
14h	SSPOCN	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	82, 82, 150	
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 (LSB)									xxxx xxxx	63, 150
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 (MSB)									xxxx xxxx	63, 150
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	-- 00 0000	64, 150	
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	112, 150	
19h	TXREG	USART Transmit Data Register									0000 0000	118, 150
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register									0000 0000	118, 150
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register 2 (LSB)									xxxx xxxx	63, 150
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register 2 (MSB)									xxxx xxxx	63, 150
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	-- 00 0000	64, 150	
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte									xxxx xxxx	133, 150
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	127, 150	

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', z = reserved. Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

- Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8>, whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
- Note 2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain these bits clear.
- Note 3: These registers can be addressed from any bank.
- Note 4: PORTD, PORTE, TRISD and TRISE are not implemented on PIC16F873A/876A devices, read as '0'.
- Note 5: Bit 4 of EEDR implemented only on the PIC16F876A/877A devices.

## 11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the 40/44-pin devices.

The conversion of an analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low-voltage reference input that is software selectable to some combination of  $V_{DD}$ ,  $V_{SS}$ , RA2 or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in Sleep mode. To operate in Sleep, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference) or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
						bit 7	bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**: A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in bold)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	<b>00</b>	Fosc/2
0	<b>01</b>	Fosc/8
0	<b>10</b>	Fosc/32
0	<b>11</b>	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	<b>00</b>	Fosc/4
1	<b>01</b>	Fosc/16
1	<b>10</b>	Fosc/64
1	<b>11</b>	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Analog Channel Select bits

- 000 = Channel 0 (AN0)
- 001 = Channel 1 (AN1)
- 010 = Channel 2 (AN2)
- 011 = Channel 3 (AN3)
- 100 = Channel 4 (AN4)
- 101 = Channel 5 (AN5)
- 110 = Channel 6 (AN6)
- 111 = Channel 7 (AN7)

**Note:** The PIC16F873A/876A devices only implement A/D channels 0 through 4; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channels with these devices.

bit 2 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

- 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)
- 0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 0 **ADON**: A/D On bit

- 1 = A/D converter module is powered up
- 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

**Legend:**

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared    x = Bit is unknown

# PIC16F87XA

REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM**: A/D Result Format Select bit

- 1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
- 0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6 **ADCS2**: A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in shaded area and in bold)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	Frc (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	Frc (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-4 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0**: A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog Input D = Digital I/O

C/R = # of analog Input channels/# of A/D voltage references

**Legend:**

R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
 - n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

**Note:** On any device Reset, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.

# PIC16F87XA

The ADRESH:ADRESL registers contain the 10-bit result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into this A/D Result register pair, the GO/DONE bit (ADCON0<2>) is cleared and the A/D Interrupt flag bit ADIF is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-1.

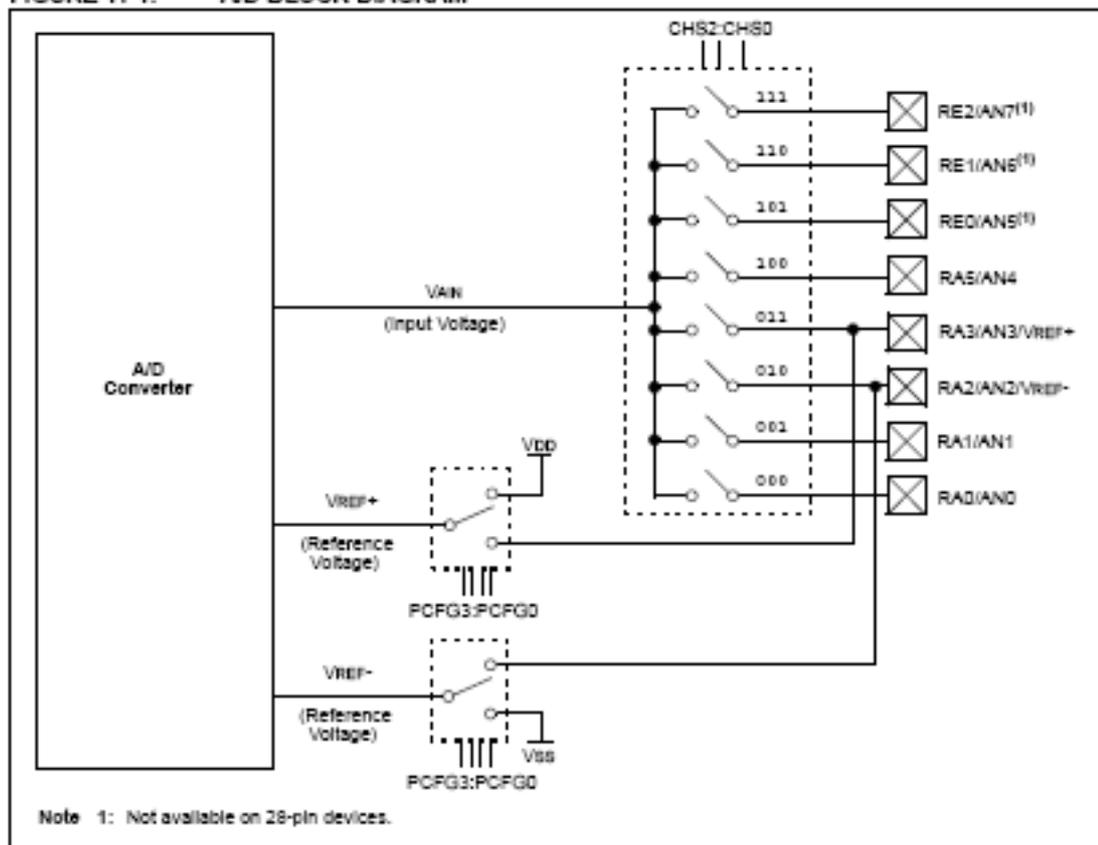
After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs.

To determine sample time, see Section 11.1 "A/D Acquisition Requirements". After this acquisition time has elapsed, the A/D conversion can be started.

To do an A/D Conversion, follow these steps:

1. Configure the A/D module:
  - Configure analog pins/voltage reference and digital I/O (ADCON1)
  - Select A/D input channel (ADCON0)
  - Select A/D conversion clock (ADCON0)
  - Turn on A/D module (ADCON0)
2. Configure A/D Interrupt (if desired):
  - Clear ADIF bit
  - Set ADIE bit
  - Set PEIE bit
  - Set GIE bit
3. Wait the required acquisition time.
4. Start conversion:
  - Set GO/DONE bit (ADCON0)
5. Wait for A/D conversion to complete by either:
  - Polling for the GO/DONE bit to be cleared (Interrupts disabled); OR
  - Waiting for the A/D Interrupt
6. Read A/D Result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.
7. For the next conversion, go to step 1 or step 2 as required. The A/D conversion time per bit is defined as  $T_{AD}$ .

FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM



# PIC16F87XA

## 11.1 A/D Acquisition Requirements

For the A/D converter to meet its specified accuracy, the charge holding capacitor (CHOLD) must be allowed to fully charge to the input channel voltage level. The analog input model is shown in Figure 11-2. The source impedance ( $R_S$ ) and the internal sampling switch impedance ( $R_{SS}$ ) directly affect the time required to charge the capacitor CHOLD. The sampling switch ( $R_{SS}$ ) impedance varies over the device voltage ( $V_{DD}$ ); see Figure 11-2. The maximum recommended impedance for analog sources is 2.5 k $\Omega$ . As the impedance is decreased, the acquisition time may be

decreased. After the analog input channel is selected (changed), this acquisition must be done before the conversion can be started.

To calculate the minimum acquisition time, Equation 11-1 may be used. This equation assumes that 1/2 LSB error is used (1024 steps for the A/D). The 1/2 LSB error is the maximum error allowed for the A/D to meet its specified resolution.

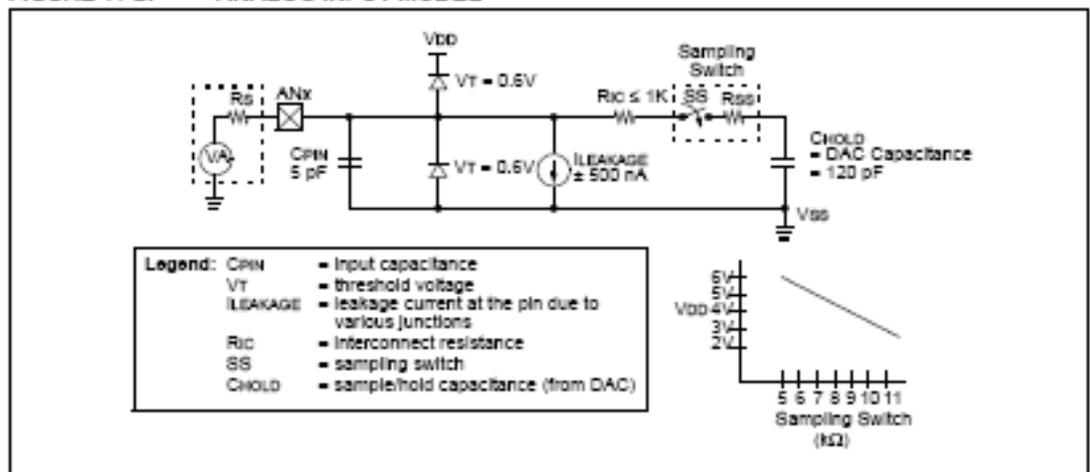
To calculate the minimum acquisition time,  $T_{ACQ}$ , see the PICmicro<sup>®</sup> Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

### EQUATION 11-1: ACQUISITION TIME

$T_{ACQ}$	= Amplifier Settling Time + Hold Capacitor Charging Time + Temperature Coefficient
	= $T_{AMP} + T_C + T_{COFF}$
$T_C$	= $2 \mu s + T_C + [(Temperature - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$
	= $CHOLD (R_{IC} + R_{SS} + R_S) \ln(1/2047)$
	= $120 \mu F (1 k\Omega + 7 k\Omega + 10 k\Omega) \ln(0.0004885)$
	= $16.47 \mu s$
$T_{ACQ}$	= $2 \mu s + 16.47 \mu s + [(50^\circ C - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$
	= $19.72 \mu s$

- Note 1:** The reference voltage ( $V_{REF}$ ) has no effect on the equation since it cancels itself out.
- Note 2:** The charge holding capacitor (CHOLD) is not discharged after each conversion.
- Note 3:** The maximum recommended impedance for analog sources is 2.5 k $\Omega$ . This is required to meet the pin leakage specification.

FIGURE 11-2: ANALOG INPUT MODEL



## 11.2 Selecting the A/D Conversion Clock

The A/D conversion time per bit is defined as  $T_{AD}$ . The A/D conversion requires a minimum 12  $T_{AD}$  per 10-bit conversion. The source of the A/D conversion clock is software selected. The seven possible options for  $T_{AD}$  are:

- 2  $T_{osc}$
- 4  $T_{osc}$
- 8  $T_{osc}$
- 16  $T_{osc}$
- 32  $T_{osc}$
- 64  $T_{osc}$
- Internal A/D module RC oscillator (2-6  $\mu$ s)

For correct A/D conversions, the A/D conversion clock ( $T_{AD}$ ) must be selected to ensure a minimum  $T_{AD}$  time of 1.6  $\mu$ s.

Table 11-1 shows the resultant  $T_{AD}$  times derived from the device operating frequencies and the A/D clock source selected.

## 11.3 Configuring Analog Port Pins

The ADCON1 and TRIS registers control the operation of the A/D port pins. The port pins that are desired as analog inputs must have their corresponding TRIS bits set (input). If the TRIS bit is cleared (output), the digital output level ( $V_{OH}$  or  $V_{OL}$ ) will be converted.

The A/D operation is independent of the state of the CHS2:CHS0 bits and the TRIS bits.

**Note 1:** When reading the port register, any pin configured as an analog input channel will read as cleared (a low level). Pins configured as digital inputs will convert an analog input. Analog levels on a digitally configured input will not affect the conversion accuracy.

**2:** Analog levels on any pin that is defined as a digital input (including the AN7:AN0 pins) may cause the input buffer to consume current that is out of the device specifications.

TABLE 11-1:  $T_{AD}$  vs. MAXIMUM DEVICE OPERATING FREQUENCIES (STANDARD DEVICES (F))

AD Clock Source ( $T_{AD}$ )		Maximum Device Frequency
Operation	ADCS2:ADCS1:ADCS0	
2 $T_{osc}$	000	1.25 MHz
4 $T_{osc}$	100	2.5 MHz
8 $T_{osc}$	001	5 MHz
16 $T_{osc}$	101	10 MHz
32 $T_{osc}$	010	20 MHz
64 $T_{osc}$	110	20 MHz
RC <sup>(1, 2, 3)</sup>	x11	(Note 1)

**Note 1:** The RC source has a typical  $T_{AD}$  time of 4  $\mu$ s but can vary between 2-6  $\mu$ s.

**2:** When the device frequencies are greater than 1 MHz, the RC A/D conversion clock source is only recommended for Sleep operation.

**3:** For extended voltage devices (LF), please refer to Section 17.0 "Electrical Characteristics".

# PIC16F87XA

## 11.4 A/D Conversions

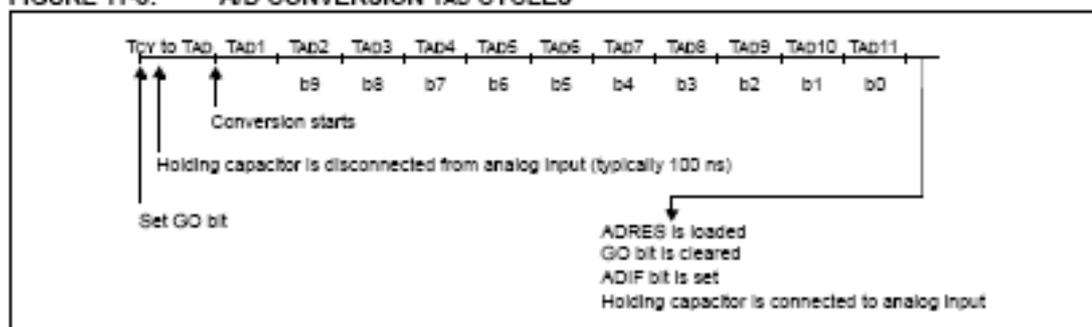
Clearing the  $\overline{\text{GO/DONE}}$  bit during a conversion will abort the current conversion. The A/D Result register pair will NOT be updated with the partially completed A/D conversion sample. That is, the ADRESH:ADRESL registers will continue to contain the value of the last completed conversion (or the last value written to the ADRESH:ADRESL registers). After the A/D conversion

is aborted, the next acquisition on the selected channel is automatically started. The  $\overline{\text{GO/DONE}}$  bit can then be set to start the conversion.

In Figure 11-3, after the GO bit is set, the first time segment has a minimum of  $T_{\text{CY}}$  and a maximum of  $T_{\text{AD}}$ .

**Note:** The  $\overline{\text{GO/DONE}}$  bit should NOT be set in the same instruction that turns on the A/D.

FIGURE 11-3: A/D CONVERSION  $T_{\text{AD}}$  CYCLES

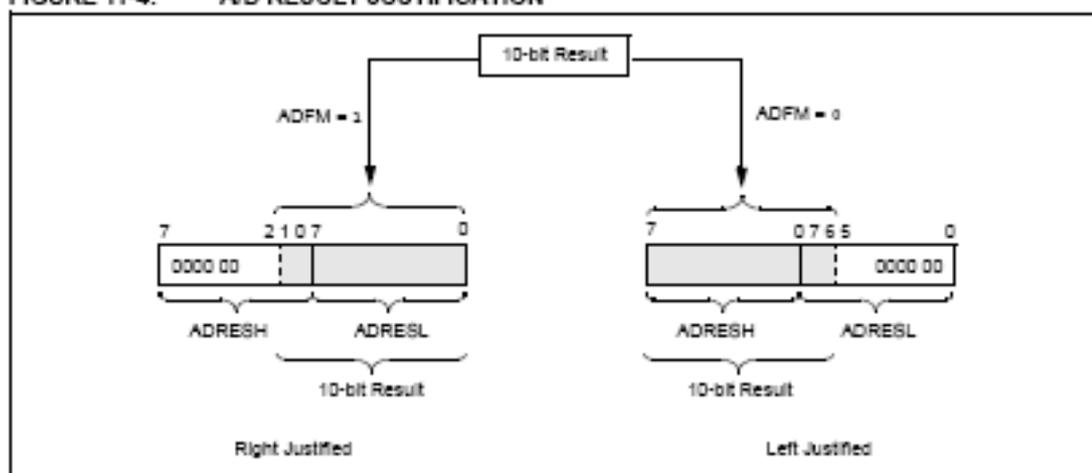


### 11.4.1 A/D RESULT REGISTERS

The ADRESH:ADRESL register pair is the location where the 10-bit A/D result is loaded at the completion of the A/D conversion. This register pair is 16 bits wide. The A/D module gives the flexibility to left or right justify the 10-bit result in the 16-bit result register. The A/D

Format Select bit (ADFM) controls this justification. Figure 11-4 shows the operation of the A/D result justification. The extra bits are loaded with '0's. When an A/D result will not overwrite these locations (A/D disable), these registers may be used as two general purpose 8-bit registers.

FIGURE 11-4: A/D RESULT JUSTIFICATION



# PIC16F87XA

## 17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias	-65 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to $V_{SS}$ (except $V_{DD}$ , $\overline{MCLR}$ , and RA4)	-0.3V to ( $V_{DD} + 0.3V$ )
Voltage on $V_{DD}$ with respect to $V_{SS}$	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{MCLR}$ with respect to $V_{SS}$ (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to $V_{SS}$	0 to +6.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of $V_{SS}$ pin	300 mA
Maximum current into $V_{DD}$ pin	250 mA
Input clamp current, $I_{IK}$ ( $V_I < 0$ or $V_I > V_{DD}$ )	$\pm 20$ mA
Output clamp current, $I_{OK}$ ( $V_O < 0$ or $V_O > V_{DD}$ )	$\pm 20$ mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows:  $P_{dis} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

2: Voltage spikes below  $V_{SS}$  at the  $\overline{MCLR}$  pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100 $\Omega$  should be used when applying a "low" level to the  $\overline{MCLR}$  pin rather than pulling this pin directly to  $V_{SS}$ .

3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873A/876A devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## Anexo D. Datasheet del Termómetro

### EXTERNAL TEMPERATURE SENSOR, Standard

**7817**  
**SENSORS**

The External Temperature Sensor is used to measure temperatures in general conditions. It is well-suited for air, water, or soil temperature measurements, and it may be used anywhere a reliable, low-cost temperature sensor is required. The sensor is epoxy-encapsulated in a vinyl cap. The External Temperature Sensor uses a precision platinum wire thermistor as a sensor. The thermistor produces a resistance change proportional to temperature.

To ensure accurate readings when measuring outdoor air temperature, the External Temperature Sensor should be shielded from direct sunlight and other sources of reflected or radiated heat. We recommend the use of a Davis Radiation Shield (#7714) or its equivalent for this purpose.

#### SPECIFICATIONS

##### General

<b>Sensor Type</b> (see Note 2)	Platinum wire thermistor
<b>Time Constant</b>	
In Still Air	100 seconds
In Liquid	28 seconds
<b>Attached Cable Length</b>	25' (7.6 m)
<b>Cable Type</b>	4-conductor, 26 AWG
<b>Connector</b>	Modular connector (RJ-11)
<b>Recommended Maximum Cable Length</b> (see Note 1 below)	300' (90 m) from Sensor to SIM
<b>Housing Material</b>	Black Vinyl
<b>Housing Dimensions</b>	0.25" diameter x 1.25" long (6.5 mm diameter x 32 mm long)
<b>Weight</b>	4.5 oz. (128 g)

##### Console Data (These specifications apply to sensor output as converted by Davis Instruments weather station consoles.)

<b>Range</b>	-50° to 140° F (-45° to 60° C)
<b>Accuracy</b> (see Note 2)	±1° F (±0.5° C)
<b>Resolution</b>	1.0° or 0.1°, selectable, F or C
<b>Sample and Display Update Interval</b>	16 seconds (max)

##### WeatherLink® Data (These specifications apply to sensor output as logged and displayed by the WeatherLink.)

<b>Temperature</b>	Average over archive interval
<b>High and Low Temperature</b>	Maximum and minimum values during archive interval

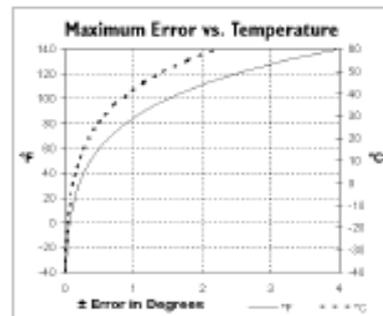
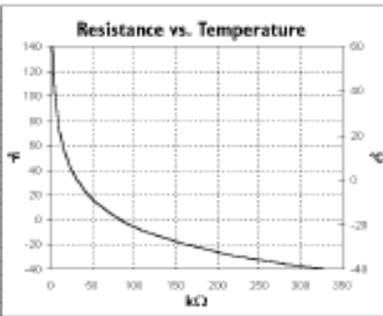
##### Input/Output Connections

Black & Red	Common
Green & Yellow	Temperature (variable resistance to common); 10KOhm, nominal

#### NOTES

- There is no absolute maximum cable length. Increasing the cable length above 300' (90 m) causes an increased measurement error at a rate of approximately +0.06° F (+0.03° C) per 100' (30 m) at 136° F (60° C) and +0.012° F (+0.006° C) per 100' (30 m) at 77° F (25° C).
- The chart and graph on the left show the resistance of the sensor. The graph on the right shows the maximum error of an uncalibrated sensor.

°F	°C	kΩ
-50	-43	320.430
-31	-23	201.700
-22	-28	175.800
-13	-24	148.500
-4	-20	96.800
5	-15	72.200
14	-10	54.800
23	-5	41.000
32	0	32.800
41	5	26.500
50	10	20.800
59	15	16.000
68	20	12.400
77	25	10.000
86	30	8.000
95	35	6.600
104	40	5.500
113	45	4.700
122	50	4.000
131	55	3.400
140	58	2.900



## Anexo E. Datasheet del Anemómetro y la Veleta

### Anemometer

7911



Perception and Wizard Sensors

The Anemometer includes both wind speed and wind direction sensors. Rugged components stand up to hurricane-force winds, yet are sensitive to a light breeze. Includes sealed stainless-steel bearings for long life. The range and accuracy specifications of this unit have been verified in wind-tunnel tests (information available upon request). A model 7911 Anemometer reported wind speeds of 175 miles per hour before its tower collapsed during hurricane Andrew, 1992. Digital filtering, with time constant as specified below, is applied to wind direction measurements. In areas where icing of the anemometer is a problem, use Anemometer Drip Rings to deflect water from the joint between moving parts.

### General

<b>Sensor Type</b>		
Wind Speed .....	Wind cups and magnetic switch	
Wind Direction .....	Wind vane and potentiometer	
Attached Cable Length .....	40' (12 m)	
<b>Note:</b> On Monitor and Wizard stations, cable lengths longer than 140' (42 m) between sensors and console may artificially limit wind speed readings. That is, beyond that length, maximum recordable wind speed decreases as cable length increases. For example, with a length of 140' (42 m), the maximum recordable speed exceeds 175 mph. At 240' (72 m), however, the maximum recordable speed drops to less than 140 mph. Below that upper limit, however, the anemometer's accuracy is not affected.		
<b>Cable Type</b> .....		4-conductor, 26 AWG
<b>Connector</b> .....		Modular connector (RJ-11)
<b>Recommended Maximum Cable Length</b>		
Wizard and Monitor .....		140' (42 m) Sensor to Console
<b>Material</b>		
Wind Vane and Control Head .....		UV-resistant ABS
Wind Cups .....		Polycarbonate
Anemometer Arm .....		Black-anodized aluminum
<b>Dimensions</b> .....		18.5" long x 7.5" high x 4.75" wide (470 mm x 191 mm x 121 mm)
<b>Weight</b> .....		2 lbs. 15 oz. (1.332 kg)

### Console Data

**Note:** These specifications apply to sensor output as converted by Davis Instruments weather station consoles.

<b>Range</b>	
Wind Speed (large wind cups) (See Note 1) .....	2 to 150 mph, 2 to 130 knots, 1 to 67 m/s, 3 to 241 km/h
Wind Speed (small wind cups) (See Note 1) .....	3 to 175 mph, 3 to 150 knots, 1.5 to 79 m/s, 5 to 282 km/h
Wind Direction .....	0° to 360° or 16 compass points
Wind Run .....	0 to 1999.9 miles (1999.9 km)
<b>Accuracy</b>	
Wind Speed (large wind cups) .....	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Wind Speed (small wind cups) .....	±3 mph (3 kts, 5 km/h, 1.5 m/s) or ±5%, whichever is greater
Wind Direction .....	±7°
Wind Run .....	±5%
<b>Resolution</b>	
Wind Speed .....	1 mph (1 knot, 0.1 m/s, 1 km/hr)
Wind Direction .....	1° (0° to 365°), 22.5° between compass points
Wind Run .....	0.1 m (0.1 km)

## Perception and Wizard Sensors

### Measurement Timing

Wind Speed Sample Period	2.25 seconds
Wind Speed Sample and Display Interval	2.25 seconds (Monitor & Wizard)
Wind Direction Sample Interval	1 second (Monitor & Wizard)
Wind Direction Filter Time Constant (typical)	8 seconds (Monitor & Wizard)
Wind Direction Display Update Interval	2 seconds (Monitor & Wizard)

## WeatherLink® Data

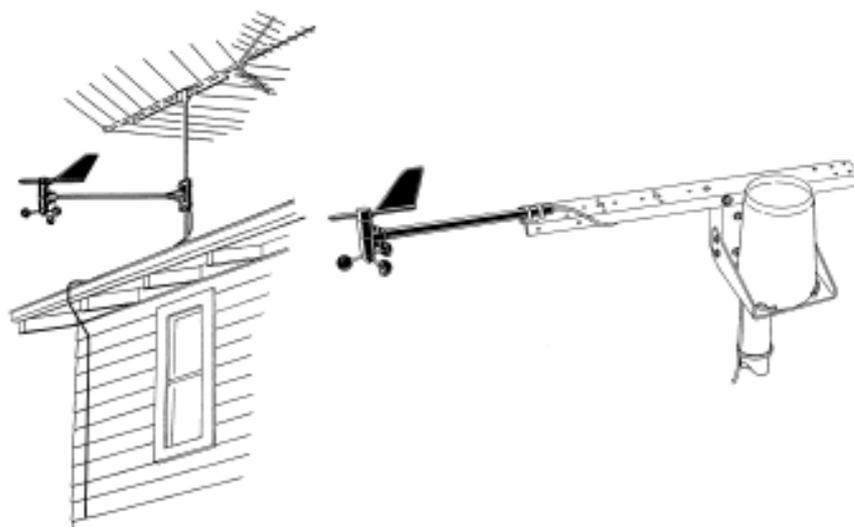
Note: These specifications apply to sensor output as logged and displayed by the WeatherLink.

Wind Speed	Average during archive interval
High Wind Speed	Maximum during archive interval
Wind Direction	Dominant wind direction during archive interval

## Input/Output Connections

Black	Wind speed contact closure to ground
Green	Wind direction pot wiper (360° = 20 kOhm)
Yellow	Pot supply voltage
Red	Ground

## Installation Options



## Package Dimensions

Product #	Package Dimensions (Length x Width x Height)	Package Weight	UPC Codes
7911	17.50" x 5.75" x 2.50" (445 mm x 146 mm x 64 mm)	1.7 lbs. (.7 kg)	011698 79110 1

## Anexo E. Datasheet del Higrómetro

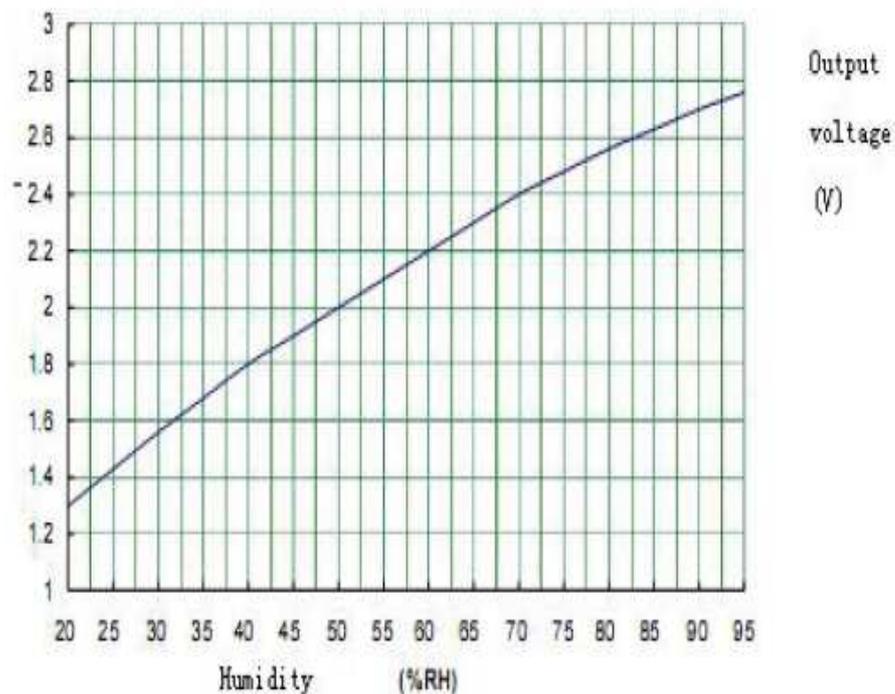
### HU-10S

#### Módulo Sensor de Humedad y Temperatura

##### Características Eléctricas

Referencia Eléctrica	Módulo HU-10S
Rango de Voltaje de Operación	Voltaje DC 5.0 $\pm$ 0.1V
Rango de Voltaje de Salida	Voltaje DC 1.0 - 3.0V
Corriente de Operación (Max)	2mA
Rango de Humedad de Almacenamiento (%RH)	0 - 95
Rango de Humedad de Operación (%RH)	20 - 90
Rango de Temperatura de Almacenamiento (°C)	-20 - 70
Rango de Temperatura de Almacenamiento (°C)	0 - 50
Rango de Histéresis de humedad (RH @25°C)	Max 2% RH
Estabilidad en trabajo de larga duración	$\pm$ 1.5%
Linealidad	Salida Lineal
Tiempo de Respuesta (63% del alcance)	1 min
Tamaño (Longitud x Anchura)	34mm x 22mm

. Curva de Respuesta típica a 25°C



Valor estándar de voltaje de salida}

<b>%RH</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
Voltaje de Salida (V)	1.30	1.43	1.56	1.68	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20
<b>%RH</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>		
Voltaje de Salida (V)	2.30	2.40	2.48	2.56	2.63	2.70	2.76		

Temperatura de salida de señal (opcional)

$$V_t = V_{cc} \cdot R_1 / (R + R_1); R = (V_{cc} - V_t) R_1 / V_t ; T$$

V<sub>t</sub>: voltaje de la señal de temperatura; R<sub>1</sub>=10kΩ

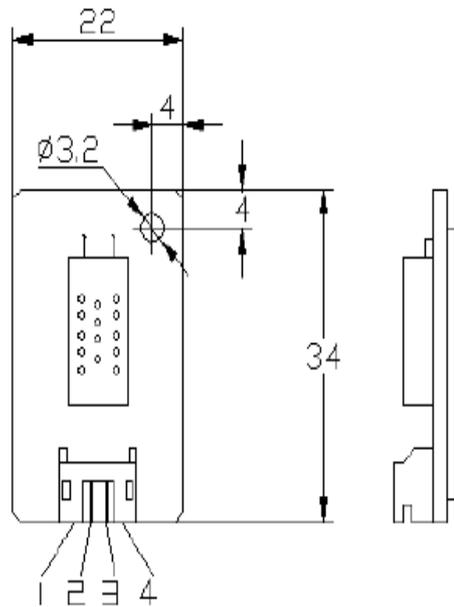
R: Resistencia del Termistor

$$R(25^\circ\text{C}) = 10\text{k}\Omega \pm 1\%, B(25/85) = 3435 \pm 1\%$$

Valor de la Señal de Temperatura:

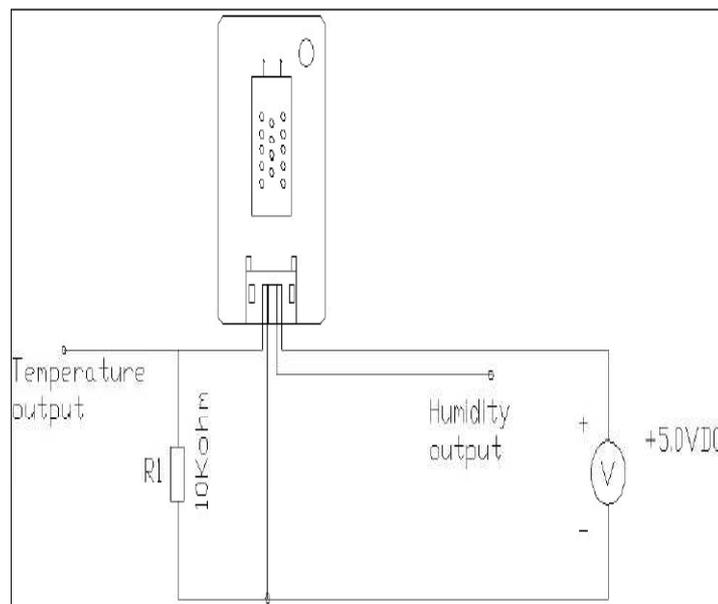
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>-40</b>	<b>-35</b>	<b>-30</b>	<b>-25</b>	<b>-20</b>	<b>-15</b>	<b>-10</b>	<b>-5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
Resistencia (kΩ)	200.8	152.9	117.2	90.51	70.40	55.14	43.51	34.57	27.66	22.28	18.07
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>
Resistencia (kΩ)	14.74	12.11	10.00	8.307	6.938	5.824	4.913	4.164	3.543	3.028	2.597
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	<b>90</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>115</b>	<b>120</b>
Resistencia (kΩ)	2.235	1.930	1.671	1.452	1.264	1.104	0.996	0.848	0.746	0.657	0.581

### Dimensiones y Distribución de Pines:



Pin	Función
1	Salida de Temperatura
2	Tierra
3	Salida de Humedad
4	Alimentación (+5.0 V)

### Diagrama de conexión eléctrica



## Anexo F. Tabla de probabilidad de una normal estándar Z

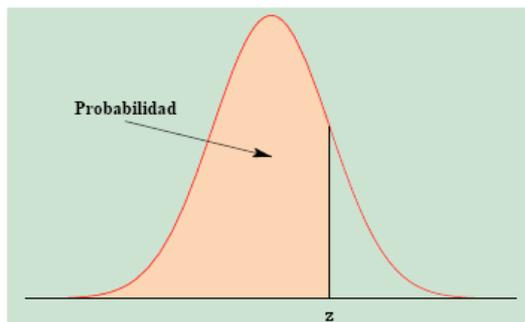
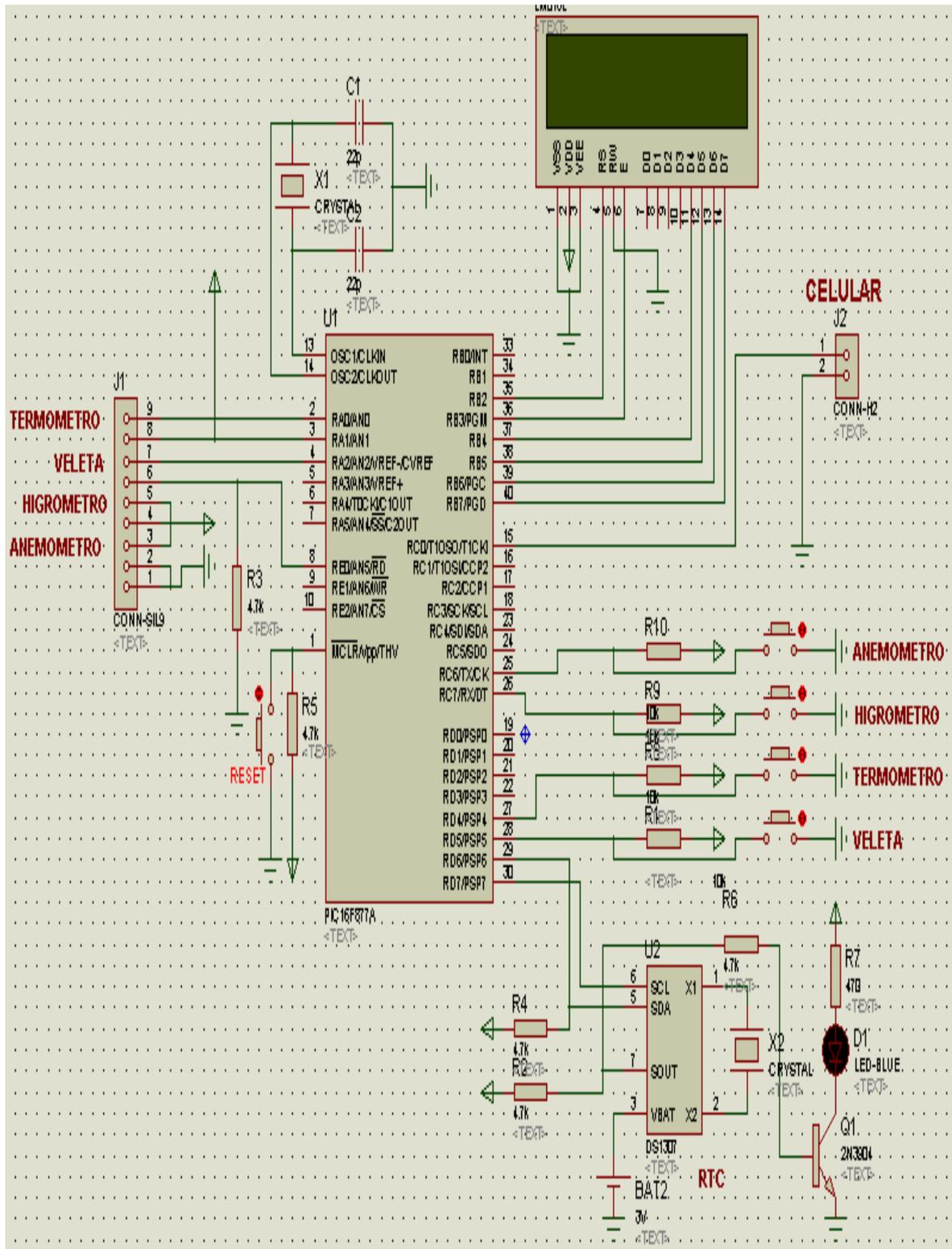


TABLA Probabilidades de una Normal Estándar										
z	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990

## Anexo G. Esquema del Sistema Completo



## Anexo H. Código Fuente

```
*****
* Name : UNTITLED.BAS
* Author : [select VIEW...EDITOR OPTIONS]
* Notice : Copyright (c) 2009 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
* : All Rights Reserved * Date : 13/12/2009
* Version : 1.0
* Notes :
*****
INCLUDE "MODEDEFS.BAS"
DEFINE I2C_SCLOUT 1
DEFINE LCD_DREG PORTB
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 2
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 3
DEFINE ADC_BITS 10 ' Set number of bits in result
ADCON1=%00000010
'*****VARIABLES PARA LOS PULSADORES*****
BANDERA_V VAR BIT
BANDERA_T VAR BIT
BANDERA_H VAR BIT
BANDERA_A VAR BIT
BANDERA_R VAR BIT
'*****VARIABLES PARA ADC*****
DATO_DIG VAR WORD
DATO_DIG1 VAR WORD
DATOS_DIGV VAR WORD
DATOS_DIGT VAR WORD
DATOS_DIGH VAR WORD
DATOS_DIGA VAR WORD
'*****VARIABLES PARA EL RELOJ*****
CPIN VAR PORTD.7
DPIN VAR PORTD.6
SEGU VAR BYTE
MINU VAR BYTE
HORA VAR BYTE
DIAs VAR BYTE
DIAf VAR BYTE
MES VAR BYTE
ANIO VAR BYTE
ACTUALIZADO VAR BIT
SUMA_HORA VAR BYTE
SUMA_MINU VAR BYTE
SUMA_DIA VAR BYTE
SUMA_MES VAR BYTE
```



```

TRISE=%001
J=0
I=0
BANDERA_A=0
BANDERA_V=1
BANDERA_T=0
BANDERA_H=0
BANDERA_R=0

SUMA_DIRECCION =0
SUMA_TEMPERATURAN=0
SUMA_TEMPERATURAP=0
SUMA_VELOCIDAD=0
SUMA_HUMEDAD=0
AUX_POSITIVA=0
AUX_NEGATIVA=0
LCDOUT $FE,1,"ESTACION "
LCDOUT $FE,$C0,"METEOROLOGICA"
PAUSE 200
LCDOUT $FE,1
PAUSE 10
RELOJ
LCDOUT $FE,$80,"ENCERAR RELOJ?"
LCDOUT $FE,$C0,"<NO> <OK>"
PAUSE 10
IF PORTC.6=0 THEN GOTO GRABARrtc
IF PORTD.5=0 THEN GOTO INICIO
GOTO RELOJ
LCDOUT $FE,1,"SISTEMA LISTO"
LCDOUT $FE,$C0,"PARA RECOLECTAR"
PAUSE 3000
INICIO:
LCDOUT $FE,1,"Dato ",DEC 1
LCDOUT $FE,$C0,"Recolectado..."
PAUSE 100
I2CREAD DPIN,CPIN,%11010000,0,[SEGU]
LCDOUT $FE,1,"RECOLECTANDO"
LCDOUT $FE,$C0,"DATOS.....",HEX2 SEGU
PAUSE 50
'$$$$ PONGO DATO DIGITAL DE DIRECCION EN "ADRESH Y
ADRESL"$$$$$$$$$$$$$$$$
ADCON0=%01000001 'SELECCION DE CANAL ANO PARA VELETA
GOSUB MEDIR'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL
DATO_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL
REGISTRO "ADRESH"
DATO_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL
REGISTRO "ADRESL"
DATOS_DIGV=DATO_DIG + DATO_DIG1
PAUSE 10

```

```

ADRESH=0
ADRESL=0
DATO_DIG=0
DATO_DIG1=0
PAUSE 10
%%%%%%%%%%VISUALIZO
DIRECCION%%%%%%%%%
IF PORTD.5=0 THEN
    LCDOUT $FE,1, "Direccion:"
    IF (DATOS_DIGV >= 960) AND (DATOS_DIGV <= 1023) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "NORTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >= 0) AND (DATOS_DIGV <= 64) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "NORTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >64) AND (DATOS_DIGV <= 192) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "NOR-OESTE"
        PAUSE 100
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >192) AND (DATOS_DIGV <= 320) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "OESTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >320) AND (DATOS_DIGV <= 448) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "SUR-OESTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
        IF (DATOS_DIGV >448) AND (DATOS_DIGV <= 576) THEN
            LCDOUT $FE,$C0, "SUR"
            PAUSE 10
        ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >576) AND (DATOS_DIGV <= 704) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "SUR-ESTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >704) AND (DATOS_DIGV <= 832) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "ESTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
    IF (DATOS_DIGV >832) AND (DATOS_DIGV <= 960) THEN
        LCDOUT $FE,$C0, "NOR-ESTE"
        PAUSE 10
    ENDIF
ENDIF
ENDIF
'$$$$$$$$ PONGO DATO DIGITAL DE TEMPERATURA EN "ADRESH Y
ADRESL"
    ADCON0=%01001001'SELECCION DE CANAL ANI PARA LA TEMPERATURA

```

```

GOSUB MEDIR 'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A
DIGITAL'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL
  DATO_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL
REGISTRO "ADRESH"
  DATO_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL
REGISTRO "ADRESL"
  DATOS_DIGT=DATO_DIG + DATO_DIG1
  AUX_TEM=DATOS_DIGT * 49'=4,9mV CONVERTOR ANALOGO DIGITAL A 10
BITS
  PAUSE
    ADRESH=0
    ADRESL=0
    DATO_DIG=0
    DATO_DIG1=0
  PAUSE 10
  %%%%%%%%%%%%%%VISUALIZO
TEMPERATURA%%%%%%%%%
  IF PORTD.4=0 THEN
    LCDOUT $FE,1, "Temperatura:"
    'CONDICION < 0 grados
    IF (DATOS_DIGT >= 0) AND (DATOS_DIGT < 240) THEN
      GOSUB MENgrados
      LCDOUT $FE,$C0, "-", DEC COCIENTE_TEM, ".", DEC DECIMAL_TEM
DIG 0,223, "C"
      PAUSE 10
    ENDIF
    'CONDICION = 0 grados
    IF (DATOS_DIGT = 240)OR (DATOS_DIGT=241) THEN
      LCDOUT $FE,$C0, "0", ".", "0", 223, "C"
      PAUSE 10
    ENDIF
    'CONDICION > 0 grados
    IF (DATOS_DIGT > 241)AND(DATOS_DIGT <= 1000) THEN
      GOSUB MAYgrados
      LCDOUT $FE,$C0, DEC COCIENTE_TEM, ".", DEC DECIMAL_TEM DIG
0,223, "C"
      PAUSE 10
    ENDIF

  ENDIF
'$$$$$$$$$$$$ PONGO DATO DIGITAL DE HUMEDAD EN "ADRESH Y
ADRESL"
  ADCON0=%01010001'SELECCION DE CANAL AN2*****PARA LA
HUMEDAD*****
  GOSUB MEDIR 'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL
DIGITAL'SUBROUTINA PARA CONVERTIR DE ANALOGICO A DIGITAL
  DATO_DIG=ADRESH<<2'RECORRO DOS LUGARES A LA IZQUIERDA EN EL
REGISTRO "ADRESH"
  DATO_DIG1=ADRESL>>6'RECORRO SEIS LUGARES A LA DERECHA EN EL
REGISTRO "ADRESL"

```

```

DATOS_DIGH=DATO_DIG + DATO_DIG
AUX_HR=DATOS_DIGH * 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV DE RESOLUCION
DE LA CONVERSION
PAUSE 10
ADRESH=0
ADRESL=0
DATO_DIG=0
DATO_DIG1=0
PAUSE 10
'%%%%%%%%%%VISUALIZO
HUMEDAD%%%%%%%%%
IF PORTC.7=0 THEN
LCDOUT $FE,1,"Humedad:"
'RANGO1 0% -- 30%
IF DATOS_DIGH >159 AND DATOS_DIGH <=322 THEN
GOSUB RANGO1
LCDOUT $FE,$C0,DEC HR, "%"
PAUSE 10
ENDIF
'RANGO2 31% -- 40%
IF DATOS_DIGH >323 AND DATOS_DIGH <=371 THEN
GOSUB RANGO2
LCDOUT $FE,$C0,DEC HR, "%"
PAUSE 1000
ENDIF
'RANGO3 41% -- 70%
IF DATOS_DIGH >372 AND DATOS_DIGH <=491 THEN
GOSUB RANGO3
LCDOUT $FE,$C0,DEC HR, "%"
PAUSE 10
ENDIF
'RANGO4 71% -- 90%
IF DATOS_DIGH >492 AND DATOS_DIGH <=552 THEN
GOSUB RANGO4
LCDOUT $FE,$C0,DEC HR, "%"
PAUSE 10
ENDIF
'RANGO5 91% -- 100%
IF DATOS_DIGH >553 AND DATOS_DIGH <=577 THEN
GOSUB RANGO5
LCDOUT $FE,$C0,DEC HR, "%"
PAUSE 10
ENDIF
ENDIF
'%%%%%%%%%%VISUALIZO
VELOCIDAD%%%%%%%%%
IF PORTC.6=0 OR BANDERA_A=1 THEN
GOSUB ANEMOMETRO'HACIA SUBROUTINA PARA MEDIR LA VELOCIDAD

```

*DEL VIENTO*

```
LCDOUT $FE,1,"Velocidad:"
DIVISOR= DESPLAZAMIENTO/10
'CONDICION PARA VELOCIDADES DESDE 0 HASTA MENORES QUE 10 m/s
IF (DIVISOR >=0) AND (DIVISOR <10) THEN
  LCDOUT $FE,$C0, DEC DESPLAZAMIENTO DIG 2, ".", DEC
DESPLAZAMIENTO DIG 1,"m/s"
  PAUSE 10
ENDIF
'CONDICION PARA VELOCIDADES DESDE 10 HASTA MENORES QUE 100
m/s
IF (DIVISOR >=10) AND (DIVISOR <100) THEN
  LCDOUT $FE,$C0, DEC DESPLAZAMIENTO DIG 2, ".", DEC
DESPLAZAMIENTO DIG 1,"m/s"
  PAUSE 10
ENDIF
'CONDICION PARA VELOCIDADES DESDE 100 m/s
IF (DIVISOR >=100) THEN
  LCDOUT $FE,$C0,DEC DESPLAZAMIENTO DIG 3, DEC
DESPLAZAMIENTO DIG 2, ".", DEC DESPLAZAMIENTO DIG 1,"m/s"
  PAUSE 10
ENDIF
ENDIF
'%%%%%%%%%%
%'
I2CREAD DPIN,CPIN,%11010000,0,[SEGU]
PAUSE 10

'////////////////////////////////////
IF SEGU=56 THEN
I=I+1
PAUSE 50
'ooooooooooAL CUMPLIRCE CINCO MINUTOS TOMA UN DATO DE CADA VARIABLE
oooooooooooo
IF I=5 THEN
  I=0
  '*****RECOGE EL DATO DE LA
VELETA*****
IF (DATOS_DIGV >= 960) AND (DATOS_DIGV<= 1023) THEN
DIR_VAL=1'NORTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >= 0) AND (DATOS_DIGV <= 64) THEN
DIR_VAL=1'NORTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >64) AND (DATOS_DIGV <= 192) THEN
DIR_VAL=2'NOR OESTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >192) AND (DATOS_DIGV <= 320) THEN
```

```

DIR_VAL=3'OESTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >320) AND (DATOS_DIGV <= 448) THEN
DIR_VAL=4'SUR-OESTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >448) AND (DATOS_DIGV <= 576) THEN
DIR_VAL=5'SUR
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >576) AND (DATOS_DIGV <= 704) THEN
DIR_VAL=6'SUR-ESTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >704) AND (DATOS_DIGV <= 832) THEN
DIR_VAL=7'ESTE
  PAUSE 10
  IF (DATOS_DIGV >832) AND (DATOS_DIGV <= 960) THEN
DIR_VAL=8'NOR-ESTE
  PAUSE 10
  SUMA_DIRECCION =SUMA_DIRECCION + DIR_VAL
  *****RECOGE EL DATO DEL
TERMOMETRO*****
  'CONDICION < 0 grados
  IF (DATOS_DIGT >= 0) AND (DATOS_DIGT < 240) THEN
    GOSUB MENgrados
    COCIENTE_TEM=COCIENTE_TEM*10
    TEMPERATURA=-(COCIENTE_TEM+DECIMAL_TEM)
    TEMPERATURA=TEMPERATURA-65000
    SUMA_TEMPERATURAN=SUMA_TEMPERATURAN+TEMPERATURA
    AUX_NEGATIVA=AUX_NEGATIVA+1 'VARIABLE PARA COMPARAR
ENTRE T(N) Y T(P)
  PAUSE 10
  ENDIF
  'CONDICION = 0 grados
  IF (DATOS_DIGT = 240)OR (DATOS_DIGT=241) THEN'240-241
    TEMPERATURA=0
    SUMA_TEMPERATURAP=SUMA_TEMPERATURAP+TEMPERATURA
  AUX_POSITIVA=AUX_POSITIVA+1
  PAUSE 10
  ENDIF
  'CONDICION > 0 grados
  IF (DATOS_DIGT > 241)AND(DATOS_DIGT <= 1000) THEN'241-1000
    GOSUB MAYgrados
    COCIENTE_TEM=COCIENTE_TEM*10
    TEMPERATURA=COCIENTE_TEM+DECIMAL_TEM
    SUMA_TEMPERATURAP=SUMA_TEMPERATURAP+TEMPERATURA
    AUX_POSITIVA=AUX_POSITIVA+1
    PAUSE 10
  ENDIF
  *****RECOGE EL DATO DEL
HIGROMETRO*****

```

```

'   'RANGO1 0% -- 30%
IF DATOS_DIGH >159 AND DATOS_DIGH <=322 THEN
  GOSUB RANGO1
  SUMA_HUMEDAD=SUMA_HUMEDAD+HR
  PAUSE 10
ENDIF
'RANGO2 31% -- 40%
IF DATOS_DIGH >323 AND DATOS_DIGH <=371 THEN
  GOSUB RANGO2
  SUMA_HUMEDAD=SUMA_HUMEDAD+HR
  PAUSE 10
ENDIF
'RANGO3 41% -- 70%
IF DATOS_DIGH >372 AND DATOS_DIGH <=491 THEN
  GOSUB RANGO3
  SUMA_HUMEDAD=SUMA_HUMEDAD+HR
  PAUSE 10
ENDIF
'RANGO4 71% -- 90%

IF DATOS_DIGH >492 AND DATOS_DIGH <=552 THEN
  GOSUB RANGO4
  SUMA_HUMEDAD=SUMA_HUMEDAD+HR
  PAUSE 10
ENDIF
'RANGO5 91% -- 100%
  IF DATOS_DIGH >553 AND DATOS_DIGH <=577 THEN
    GOSUB RANGO5
    SUMA_HUMEDAD=SUMA_HUMEDAD+HR
    PAUSE 10
  ENDIF
'*****
'*****RECOGE EL DATO DEL
ANEMOMETRO*****
'*****

GOSUB ANEMOMETRO
SUMA_VELOCIDAD=SUMA_VELOCIDAD+VUELTAS
PAUSE 10
'*****
*

'((((INSTRUCCIONES PARA ALMACENAR LOS DATOS
TEMPORALMENTE))))
'*****
*

  J=J+1
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,1,"Dato ",DEC J
  LCDOUT $FE,$C0,"Recolectado..."
  PAUSE 10

```

```

IF J <=12 THEN
  ****VECTOR DIRECCION****
  DI[J]=SUMA_DIRECCION'/60
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,1,"Direccion"
  LCDOUT $FE,$C0,DEC DI[J]
  PAUSE 10
  SUMA_DIRECCION =0
  IF AUX_POSITIVA >0 OR AUX_NEGATIVA >0 THEN
    IF AUX_POSITIVA >= AUX_NEGATIVA THEN
      ****VECTOR TEMPERATURA****
      TE[J]=SUMA_TEMPERATURAP'/AUX_POSITIVA
      PAUSE 10
      LCDOUT $FE,1,"Temperatura"
      LCDOUT $FE,$C0,DEC TE[J]
      PAUSE 10
      SUMA_TEMPERATURAP=0
      AUX_POSITIVA=0
    ELSE
      ****VECTOR TEMPERATURA ****
      TE[J]=SUMA_TEMPERATURAN'/AUX_NEGATIVA
      TE[J]=TE[J]+5000
      PAUSE 10
      LCDOUT $FE,1,"Temperatura"
      LCDOUT $FE,$C0,DEC TE[J]
      PAUSE 10
      SUMA_TEMPERATURAN=0
      AUX_NEGATIVA=0
    ENDIF
  ENDIF
  ****VECTOR HUMEDAD****
  HU[J]=SUMA_HUMEDAD'/60
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,1,"Humedad"
  LCDOUT $FE,$C0,DEC HU[J]
  PAUSE 10
  SUMA_HUMEDAD=0
  ****VECTOR VELOCIDAD****
  VE[J]=SUMA_VELOCIDAD'/60
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,1,"Velocidad"
  LCDOUT $FE,$C0,DEC VE[J]
  PAUSE 10
  SUMA_VELOCIDAD=0
  ENDIF
  '((((((((((((((((((((COMANDOS "AT" PARA ENVIAR UN SMS))))))))))))))))))
  ****CUANDO SE COMPLETA LOS 12 DATOS DE CADA VARIABLE ENVIA
UN SMS*****
  IF J=12 THEN

```



**PAUSE 10**  
**RETURN**

RANGO2:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

RESTA\_HR=AUX\_HR-8400

HR=RESTA\_HR/240

**PAUSE 10**

**RETURN**

RANGO3:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

RESTA\_HR=AUX\_HR-10000

HR=RESTA\_HR/200

**PAUSE 10**

**RETURN**

RANGO4:

*'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR*

*4,9mV*RESTA\_HR=AUX\_HR-13500

HR=RESTA\_HR/150

**PAUSE 10**

**RETURN**

RANGO5: *'AUX\_HR=DATOS\_DIGH \* 49'DATO DEL ADC POR 4,9mV*

RESTA\_HR=AUX\_HR-16200

HR=RESTA\_HR/120

**PAUSE 10**

**RETURN**

*'\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$SUBROUTINA CONVIERTE DE ANALOGICO A DIGITAL \$\$\$\$\$\$\$\$*

MEDIR:

**PAUSEUS 50**

ADCON0.2=1

**PAUSEUS 50**

**RETURN**

**END**

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

ANGULO, J.M<sup>a</sup>; EUGENIO, M. y ANGULO, I. Microcontroladores Pic: la solución en un chip. Madrid: Paraninfo, 1997. p.129-144

ANGULO, J.M<sup>a</sup>.; y ANGULO, I. Microcontroladores Pic: diseño y Aplicaciones. México: McGraw Hill, 1997. p.43-53

BLAKE, R. Sistemas Electrónicos de Comunicaciones. 2da. ed. Inglaterra: Thomson Learning, 2004. p.83-88

CANAVOS, G. Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos. 1ra.ed. México: McGraw Hill, 1988. p.255-257

STALLING, W. Comunicaciones y Redes de Computadores. 7ma.ed. Prentice Hall, 2005. p.65-69

REYES, CARLOS A. Microcontroladores: programación en Basic. 2da.ed. Rispergraf, 2006. p.152-171

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

### **COMUNICACIÓN MÓVIL**

<http://www.edicionsupc.es>

2009/10/14

<http://es.wikipedia.org>

2009/09/10

<http://www.gsmSpain.com>

2009/08/03

<http://pdf.rincondelvago.com>

2009/04/21

### **COMANDOS AT**

<http://www2.dis.ulpgc.es>

2009/06/29

<http://todopic.mforos.com>

2009/07/12

<http://nds1.nokia.com>

2009/07/21

<http://www.todopic.com>

2009/08/01

### **TELÉFONO NOKIA 3220**

<http://www.informatica-hoy.com>

2009/07/11

<http://www.forosdeelectronica.com>

2009/08/17

<http://www.nokia.com>

2009/09/25

<http://pinouts.ru>

2009/04/16

## **METEOROLOGÍA**

<http://www.darrera.com>

2009/05/28

<http://www.astromia.com>

2009/07/15

<http://iepse.cti.espol.edu.ec>

2009/06/07

<http://www.campbellsci.com>

2009/11/08

## **MICROCONTROLADORES**

<http://www.pic16f877a.com>

2009/04/21

<http://www.microchip.com>

2009/11/10

<http://www.galeon.com>

2009/04/18

<http://www.todopic.com.ar>

2009/06/13

## **GLOSARIO**

**Data logger:** Sistema de adquisición de datos

**Efecto HALL:** Consiste básicamente en la producción de una caída de voltaje a través de un conductor o un semiconductor con corriente bajo la influencia de un campo magnético externo.

**Erlang:** Es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico.

**Microcontrolador:** Un microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se puede modificar, todas las partes están contenidas en su interior y solo salen al exterior las líneas a los periféricos.

**Microprocesador:** Un microprocesador es un sistema abierto con el que puede construirse un computador con las características que se desee, acoplándose los módulos necesarios.

**Oscilador electrónico:** Un oscilador es un circuito electrónico que produce una señal electrónica repetitiva, a menudo una onda senoidal o una onda cuadrada, que permite el funcionamiento del microcontrolador.

**RS-232:** En telecomunicaciones es un estándar para la conexión serial de señales de datos binarias entre dos dispositivos electrónicos, generalmente usado en puertos seriales de computadoras.

**Sensor:** Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica (señal).