

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

“Estación Meteorológica Experimental de superficie Terrestre”

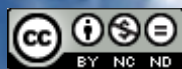
Autor: Juan Bosco Rivera Tena

**Tesis presentada para obtener el título de:
Ing. En Sistemas Computacionales**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UVAQ M.R.

**UNIVERSIDAD
VASCO DE QUIROGA**

**FACULTAD
DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**ESTACION METEOROLOGICA
EXPERIMENTAL DE SUPERFICIE TERRESTRE**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**PRESENTA
Juan Bosco Rivera Tena**

**ASESOR
Aldo Israel Sandoval Monroy**

CLAVE: 16PSU0049F

ACUERDO: LIC000808



LA T1195

MORELIA, MICHOACAN

FEBRERO 2009



Estación Meteorológica Experimental de Superficie Terrestre

Tesis sometida a la Escuela
de Ingeniería en Sistemas computacionales
de la Universidad Vasco de Quiroga

Para obtener el grado de
**Ingeniero en Sistemas
Computacionales**

Presenta
Juan Bosco Rivera Tena

Morelia, Michoacán, México
Febrero del 2009

Dedicatoria

Sección no obligatoria

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	VIII
ANTECEDENTES	IX
OBJETIVOS	X
ALCANCES Y LIMITACIONES	XI
JUSTIFICACIÓN	XII
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	3
2.2 REDES DE ESTACIONES	4
2.3 LAS OBSERVACIONES	4
2.4 HORARIO DE LAS OBSERVACIONES	6
2.5 MEDIDAS DE LAS DISTANCIAS VERTICALES	7
2.6 OBSERVACIONES DE SUPERFICIE	9
2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBSERVACIONES INSTRUMENTALES DE SUPERFICIE	9
2.8 EMPLAZAMIENTO DEL INSTRUMENTAL	10
2.9 FUNCIONAMIENTO DEL INSTRUMENTAL METEOROLÓGICO	11
2.10 INSTRUMENTAL METEOROLÓGICO	12
2.11 TEMPERATURA	13
2.11.1 <i>Equilibrio Térmico</i>	13
2.11.2 <i>Definición de Temperatura</i>	15
2.11.3 <i>Escalas de Temperatura</i>	16
2.11.4 <i>Medición de Temperaturas</i>	17
2.12 HUMEDAD	18
2.12.1 <i>Punto de Rocío</i>	18
2.13 VELOCIDAD DEL VIENTO	19
2.13.1 <i>Viento</i>	19
2.13.2 <i>Fuerzas que producen los Vientos</i>	20
2.13.2.1 <i>La Fuerza de Presión</i>	20
2.13.2.2 <i>Fuerza debida a la rotación de la Tierra (Coriolis)</i>	21
2.13.2.3 <i>Fuerza Centrípetas</i>	22
2.13.2.4 <i>La Fuerza de Fricción</i>	22
2.13.2.5 <i>Viento Geostrofico</i>	23
2.14 PRECIPITACIÓN	24
2.14.1 <i>Medición de la Precipitación</i>	25
2.15 DATA LOGGIN	26
2.15.1 <i>Sensores de Temperatura</i>	26
2.15.2 <i>Sensores de Humedad</i>	27
2.15.3 <i>Sensores de Lluvia, Viento y Dirección</i>	27
2.16 SERVIDORES EMBEBIDOS	28
2.16.1 <i>Media Access Control (MAC)</i>	28
2.16.2 <i>Physical Layer (PHY)</i>	29
2.16.3 <i>Servidores Web</i>	29
2.16.4 <i>Tecnología Cliente/Servidor</i>	30
2.16.5 <i>Tecnología Cliente/Servidor Web en Internet</i>	32
2.16.6 <i>World Wide Web</i>	32
2.17 PROTOCOLO ETHERNET 802.3	32

CAPÍTULO 3	REVISIÓN TÉCNICA.....	36
3	INTRODUCCIÓN	36
3.1	SENSORES DE TEMPERATURA	36
3.1.1	<i>Termistores.....</i>	36
3.1.1.1	Termistores NTC.....	37
3.1.1.2	Termistores PTC	37
3.1.1.3	Termoresistencias RTDs.....	38
3.1.1.4	Termocuplas o termopares.....	41
3.1.1.5	Diodos	44
3.1.1.6	Circuitos integrados.....	46
3.2	PIROSENSORES	51
3.2.1	<i>Pirómetros de radiación.....</i>	<i>51</i>
3.2.2	<i>Pirómetros Ópticos.....</i>	<i>53</i>
3.2.3	<i>Pirómetros de Radiación total.....</i>	<i>54</i>
3.3	SENSORES DE HUMEDAD	55
3.3.1	<i>Sensores capacitivos</i>	<i>55</i>
3.3.2	<i>Circuitos Integrados</i>	<i>57</i>
3.4	SENSORES DE PRECIPITACIÓN Y VIENTO.....	58
CAPÍTULO 4	METODOLOGÍA	59
4.1	TEMPERATURA	60
4.1.1	<i>Sensor.....</i>	<i>60</i>
4.1.2	<i>Descripción y Funcionamiento.....</i>	<i>60</i>
4.1.3	<i>Acondicionamiento</i>	<i>61</i>
4.1.4	<i>Fórmulas y procesamiento (PIC18f97J60).....</i>	<i>61</i>
4.2	HUMEDAD.....	66
4.2.1	<i>Sensor.....</i>	<i>66</i>
4.2.2	<i>Diagrama de bloques.....</i>	<i>67</i>
4.2.3	<i>Descripción y funcionamiento</i>	<i>67</i>
4.2.4	<i>Acondicionamiento</i>	<i>72</i>
4.2.5	<i>Fórmulas y procesamiento.....</i>	<i>72</i>
4.3	PLUVIÓMETRO (LLUVIA)	75
4.3.1	<i>Sensor.....</i>	<i>75</i>
4.3.2	<i>Diagrama de Bloques.....</i>	<i>75</i>
4.3.3	<i>Descripción y funcionamiento</i>	<i>76</i>
4.3.4	<i>Acondicionamiento</i>	<i>77</i>
4.3.5	<i>Fórmulas y procesamiento</i>	<i>78</i>
4.4	VELETA	78
4.4.1	<i>Sensor.....</i>	<i>78</i>
4.4.2	<i>Diagrama de Bloques.....</i>	<i>79</i>
4.4.3	<i>Descripción y funcionamiento</i>	<i>79</i>
4.4.4	<i>Acondicionamiento</i>	<i>79</i>
4.4.5	<i>Fórmulas y procesamiento</i>	<i>79</i>
4.5	ANEMÓMETRO.....	80
4.5.1	<i>Sensor.....</i>	<i>80</i>
4.5.2	<i>Diagrama de Bloques.....</i>	<i>81</i>
4.5.3	<i>Descripción y funcionamiento</i>	<i>81</i>
4.5.4	<i>Acondicionamiento</i>	<i>83</i>
4.5.5	<i>Fórmulas y procesamiento</i>	<i>85</i>
4.6	MÓDULO DE ETHERNET	85
4.6.1	<i>Conexiones Físicas</i>	<i>86</i>
4.6.2	<i>Componentes Externos.....</i>	<i>87</i>
4.6.3	<i>Registros MAC y MIIM.....</i>	<i>88</i>
4.6.4	<i>Registro PHY.....</i>	<i>89</i>
4.6.5	<i>Transmitiendo y Recibiendo datos.....</i>	<i>89</i>

4.6.6	<i>Formato de Paquetes</i>	89
4.6.7	<i>Delimitador de principio de tramo</i>	90
4.7	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	90
4.7.1	<i>AJAX</i>	91
4.7.2	<i>El archivo status.xml</i>	92
4.7.3	<i>El archivo CustomHttpApp.c</i>	93
4.7.4	<i>El archivo MainDemo.c</i>	94
4.7.5	<i>Guardando los archivos en el microprocesador</i>	94
CAPÍTULO 5	RESULTADOS	97
CAPÍTULO 6	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	101
	CONCLUSIONES	101
	<i>Elección del Microprocesador</i>	101
	<i>Elección de los sensores</i>	101
	<i>Código</i>	102
	<i>Construcción</i>	102
	TRABAJO FUTURO	102
	BIBLIOGRAFÍA	103
	ÍNDICE DE FIGURAS	105
	ÍNDICE DE TABLAS	107
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	108
APÉNDICE 1	LISTADO DEL PROGRAMA	109
	<i>MAINDEMO.C</i>	109
	<i>CUSTOMHTTPAPP.C</i>	109
	<i>STATUS.XML</i>	109
APÉNDICE 2	DIAGRAMAS ELÉCTRICOS	110
APÉNDICE 3	FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPO	112

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo para procesar la información de viento, temperatura, precipitación y humedad registrada en la estación meteorológica experimental.

El resultado de este procesamiento es presentado a través de una página Web que se conecta directamente con un microprocesador, y este a su vez con los sensores, resolviendo la necesidad de una computadora dedicada con funciones de servidor o procesador de datos.

Los resultados del prototipo se presentan en gráficas comparativas de los datos meteorológicos obtenidos por la estación experimental desarrollada y datos de sistemas integrados por el Organismo Operador de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Morelia (OOAPAS), que pueden ser consultados a través del sitio de dicho organismo.

Para el presente proyecto se requieren los estudios de variables atmosféricas, adquisición de datos con sensores, interconexión de redes, servidores Web embebidos, de microcontroladores, de electrónica básica, de lenguaje C de programación y otros estudios dirigidos a conocer el factor climático local.

ABSTRACT

This paper presents the development to process the information of wind, temperature, humidity and rainfall recorded at the weather station pilot.

The result of this indictment is submitted through a Web page that connects directly with a microprocessor, and this in turn with the sensors, solving the need for a computer with a dedicated server roles or data processor.

The results of the prototype are presented in comparative graphics data obtained from the developed experimental station, and data from integrated systems of the Water and Sewerage Operator Agency of the city of Morelia, which can be accessed through the site of this organization.

For this project requires studies of atmospheric variables, data acquisition sensors, interconnection of networks, Web servers embedded microcontroller, basic electronics, C programming language and other studies to know the local climate factor.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“Estación Meteorológica Experimental de Superficie Terrestre”

Esta investigación trata de la meteorología aplicada a la superficie terrestre, de como procesar datos atmosféricos utilizando métodos específicos para cada factor ambiental relacionado con variables atmosféricas como lo son: la temperatura y humedad del aire, la precipitación, la velocidad del viento y su dirección.

El tema está delimitado por estudios enfocados a los sensores de magnitudes físicas, que sean capaces o que se adecuan más a las posibilidades económicas. Está orientado también a los microcontroladores capaces de procesar la información proveniente de los dispositivos y que puedan tener conectividad con una red de área local.

El desarrollo de la estación experimental tiene por objetivo resolver la necesidad de mantener una computadora con funciones de servidor o procesador de datos conectada a la estación meteorológica (*data logger*) proponiendo una estación con conectividad ethernet y funciones de servidor Web, ya que en la actualidad los data loggers funcionan de manera independiente sin conectividad ethernet y en el modelo típico se requiere una computadora por cada *data logger*.

El proyecto está limitado por la capacidad económica del presente, dejando abierta incluso la posibilidad de desarrollar un proyecto posterior capaz de medir o pronosticar factores atmosféricos adicionales a las antes mencionadas.

La tecnología implementada en la capa de presentación Web de esta estación experimental, está desarrollada con Asynchronous JavaScript And XML (AJAX) y se guarda en la memoria del microprocesador la cual esta limitada a 64KB.

ANTECEDENTES

La idea surge de una plática con el encargado de sistemas del Organismo Operador De Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento del estado, ya que mencionaba tener algunas estaciones meteorológicas en la ciudad que informaban acerca del clima con una actualización de datos aproximadamente de 5 minutos.

Las estaciones que utiliza el OOAPAS son fabricadas por Davis¹, al igual que los sensores con los que miden las variables atmosféricas (viento y dirección, precipitación promedio, precipitación acumulada, temperatura del aire y humedad relativa, condensación, etc.) los cuales cumplen con las normas de la Organización Meteorológica Mundial. Estos sensores se conectan a un *data logger* el cual interpreta las señales y son mostradas en una pantalla de cristal líquido. Para que una computadora interprete los datos, las estaciones soportan el protocolo RS232 de comunicación serial e incluyen un software especial para su propósito. Los datos son guardados en el disco duro de la computadora en forma de texto plano.

Las estaciones meteorológicas del OOAPAS se encuentran distribuidas en varios sectores de la ciudad para tener una mejor cobertura. Estas se conectan a una computadora en donde se guardan los datos y se envían a través de una conexión de Internet al servidor Web centralizado en las oficinas principales del organismo, para finalmente mostrarlos en una página Web.

La desventaja que tiene el organismo en cuanto a costos es mantener un *data logger* conectado a una PC de escritorio y ésta a su vez en Internet, por lo que éste proyecto de investigación propone una opción para esta problemática.

¹ Para más información ir al sitio: <http://www.davisnet.com/about/>

OBJETIVOS**General**

La implementación de un data logger que pueda funcionar como estación meteorológica, capaz de medir variables físicas de temperatura, humedad relativa, precipitación pluvial, velocidad y dirección del viento, utilizando el protocolo IEEE 802.3 10Base-T para la comunicación con cualquier computadora independiente de la arquitectura.

Específicos

- Determinar que tipos de estaciones meteorológicas existen.
- Determinar los componentes básicos que contiene una estación meteorológica.
- Describir qué es y como se miden las diferentes variables atmosféricas.
- Especificar que mediciones va a llevar a cabo la estación meteorológica.
- Definir como se llevarán a cabo las mediciones y qué sensores se implementarán.
- Presentar los datos recolectados en una página Web.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Siguiendo el funcionamiento de la gran mayoría de las estaciones meteorológicas así como sus componentes, en el presente proyecto se pretende lograr la implementación de una estación meteorológica sinóptica de superficie terrestre ya que en su observación se pretende informar en tiempo real: la temperatura del aire en superficie, humedad relativa del aire en superficie, precipitación real, velocidad y dirección del viento.

Observando cuatro de las siete medidas descritas en el capítulo 1 para las estaciones sinópticas, diferenciándose así de un observatorio o estación climatológica, ya que se pretende informar en tiempo real.

Para lograr dicho proyecto se utilizarán sensores de temperatura y humedad relativa para las medidas del aire en superficie. Un pluviómetro de balancín calibrado a 0.2mm de precipitación por balanceo, para las medidas de precipitación pluvial. Un anemómetro parecido al tipo Robinson de cucharas con un anemoscopio, los cuales determinarán las medidas de velocidad y dirección del viento respectivamente.

Limitaciones

- El presente proyecto solo puede ser útil en ambientes donde exista o se pretenda implementar una red de área local.
- La conexión a Internet debe tener IP fija o estática.
- El proyecto se ejecuta a través de un explorador Web que debe ser capaz de funcionar con tecnología AJAX.
- La velocidad de transferencia de datos es de 10 Mbps.
- El proyecto debe de estar alimentado por una batería de no menos de 9 volts y 800 mA de corriente para que la tarjeta se habilite y puedan funcionar correctamente los sensores, así mismo debe tener un dispositivo de alimentación para la batería.

JUSTIFICACIÓN

La razón por la que dicho tema fue seleccionado es en base a la tecnología que se requiere llevar al sector rural para el favorecimiento de los fructales que se producen en Michoacán, ya que ocupa el primer lugar en producción en: aguacate, guayaba, fresa, y zarzamora. Y el segundo lugar en producción de limón y durazno. De tal modo que pueden ser monitoreadas las condiciones de cultivos.

Para el sector urbano es una solución a los organismos operadores de agua y en conjunto con protección civil, coordinando varias estaciones meteorológicas. Y y Obteniendo resultados de precipitaciones reales se pueden auxiliar a las principales zonas de una ciudad que tienden a inundarse, es decir, auxiliar en inundaciones y para propuestas de mejores drenajes en ciertas zonas de la ciudad en cuestión.

Otro de los factores importantes que se debe destacar en este proyecto es, para el servicio meteorológico nacional, que podría, en conjunto con universidades y organismos operadores municipales dar informes más detallados, certeros y confiables, respaldando esos datos en el nombre de una universidad o de un organismo operador; ya que los datos que el servicio meteorológico proporciona a la ciudad de México viajan a través del Internet o paquetería (en forma de documentos) para tomar reportes de las diferentes ciudades y estos datos a su vez, viajan a la ciudad de Washington D.C. y a Ginebra a la Organización Meteorológica Mundial. Mismos datos que sirven a muchas empresas, organizaciones gubernamentales, municipios, etc., para tomar decisiones con respecto al clima.

Implicaciones Prácticas:

En un proyecto de este tipo se pretende por ejemplo, la prevención de inundaciones en el sector urbano o la escasez de agua en el sector rural, por medio de predicciones o el monitoreo.

Es necesario aclarar que la estación que se desarrolló no realiza por si sola todo el trabajo, hace falta del esfuerzo humano para trabajar sobre todo en las inundaciones, ya que de nada sirve si una estación esta registrando grandes cantidades de lluvia precipitada en tal zona si no hay una respuesta rápida.

Sin embargo el trabajo es factible pues se cuenta con la información necesaria, proporcionada por los fabricantes de los sensores, así como la disponibilidad del Servicio Meteorológico en la estación de Morelia, para proporcionar los datos necesarios para la elaboración de este proyecto.

Valor Teórico:

Este proyecto como instrumento de medición del clima puede dar pie a futuros desarrollos ya que se le podrán añadir mas sensores y como ejemplo de ello: de nubosidad (para la medición de la visibilidad), de presión atmosférica (para determinar el punto de rocío) sensores de temperatura de inserción a nivel de suelo, subsuelo y profundidades mayores (para medir temperaturas a diferentes niveles de suelo).

Capítulo 1

Introducción

Este proyecto tiene como objetivo una nueva forma de implementar un data logger como estación meteorológica piloto, con conectividad Ethernet y soporte para la pila de protocolos TCP/IP, desde el nivel de red hasta los protocolos HTTP (servidor Web), FTP (servidor de archivos), SMTP (protocolo de enlace entre clientes y servidores para enviar correo electrónico), que posiblemente marque una nueva forma de integrar una red de estaciones meteorológicas distribuidas en una ciudad, la cual tiene capacidades parecidas a una aplicación que se instala en la computadora para ser consultada desde una intranet, red privada virtual (VPN), o inclusive Internet, de forma independiente a una computadora o servidor, ya que ésta lo integra en su memoria interna.

El servidor Web que reside dentro del *data logger* utiliza AJAX acrónimo de JavaScript Asíncrono + XML. El proyecto Integra varias tecnologías, que unidas, hacen que la aplicación tenga un mayor desempeño, sea más funcional e independiente del cliente que corra la aplicación, por lo tanto, crea entornos Web más amigables para el usuario.

En esta sección se describe la organización del presente trabajo comenzando por este capítulo.

Capítulo 2

Marco teórico

En este capítulo, se presenta la plataforma teórica, para poder comprender el funcionamiento del instrumental meteorológico. También se verán aspectos característicos de los diferentes tipos de sensores para la adquisición de datos climáticos.

Capítulo 3

Revisión Técnica

En este capítulo se estudian las características básicas de los diferentes sensores y la metodología de adquisición de datos para cada tipo de sensor. Se incluyen las descripciones y tablas comparativas de sensores de temperatura, humedad, precipitación y viento.

Capítulo 4

Metodología

En este capítulo se detalla el desarrollo del proyecto así como la descripción de los sensores escogidos para la estación experimental, la forma en que los datos son obtenidos, fórmulas y funcionamiento implementado para cada una de las variables, por medio de diagramas a bloques.

Capítulo 5

Resultados

En esta sección se muestran los datos obtenidos y gráficas comparativas de la estación experimental, contra las estaciones (data loggers) del OOAPAS.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se concluye el trabajo y se da una orientación más concreta referente a la elección y selección de los sensores, el microprocesador empleado, la instalación de la estación y se deja abierta la posibilidad a mejoras con sugerencias sobre un trabajo futuro para la estación experimental.

Capítulo 2

Marco Teórico

2 Introducción

En este capítulo, se presenta la base teórica o llamado también marco teórico, para poder comprender el funcionamiento del instrumental meteorológico, así como de los métodos para la obtención de medidas respecto al clima. También se verán aspectos característicos de los diferentes tipos de sensores para la adquisición de datos climáticos.

2.1 Clasificación de las estaciones

Se tiene que las estaciones meteorológicas son aquellas en las que se llevan a cabo observaciones en relación al clima. El instrumento básico es la vista, pero cuando esta no basta es necesario recurrir a una serie de instrumentos que a lo largo de la historia se han inventado y que como finalidad se especializan en tomar medidas específicas y precisas del clima.

Todas las mediciones que se llevan a cabo con instrumentos como termómetros, psicrómetros, barómetros, etc., se llaman observaciones instrumentales y se realizan normalmente en estaciones meteorológicas de observación y estas se pueden clasificar de acuerdo a las observaciones que se llevan a cabo en ellas.

La siguiente clasificación se hace de acuerdo a las observaciones y se clasifican en:

- Estaciones sinópticas (terrestres y marítimas).
- Estaciones climatológicas.
- Estaciones meteorológicas aeronáuticas.
- Estaciones meteorológicas agrícolas.

Las estaciones sinópticas son aquellas donde se efectúan observaciones concernientes a la meteorología sinóptica. La cual tiene como objetivo la predicción del clima. Su diferencia con las estaciones climatológicas es que estas involucran largos períodos de tiempo, de tal manera que una estación climatológica se sirve de

estaciones sinópticas para guardar los datos, es decir, las sinópticas solo se preocupan por los datos meteorológicos de uno o dos días, mientras que las climatológicas consideran períodos de tiempo mas largos. [1] Pero a menudo suelen estar capacitadas y acondicionadas para ser estaciones climatológicas y de observaciones sinópticas proporcionando datos periódicos y en tiempo real.

Las estaciones Aeronáuticas se pensaron para las necesidades de la aviación y se sitúan en los aeródromos. Sin embargo pueden realizar observaciones sinópticas y climatológicas.

Las estaciones agrícolas no son más que las anteriores mencionadas y se explotan para proporcionar asistencia a la agricultura, incluso a la horticultura, silvicultura, y ganadería. Y su objetivo es realizar observaciones sobre el medio físico y de carácter biológico.

2.2 Redes de estaciones.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha recomendado que las estaciones sinópticas terrestres no deben estar situadas en un intervalo mayor a los 150 Km. y que entre los observatorios sinópticos terrestres y de altitud no debe exceder los 300 Km.

2.3 Las Observaciones

Como se menciona anteriormente, en la clasificación de las estaciones estas están tipificadas por sus observaciones y a continuación se describen las observaciones que se realizan en cada una de ellas.

Observatorios sinópticos [1]

- Tiempo presente y tiempo pasado.
- Dirección y velocidad del viento.

- Nubosidad, tipo de nubes y altura de la base de las nubes.
- Visibilidad.
- Temperatura del aire.
- Humedad y,
- Presión atmosférica.

Y algunas estaciones sinópticas también observan lo siguiente:

- Tendencia de la presión atmosférica y sus características (de dicha tendencia.)
- Temperaturas extremas.
- Cantidad de precipitación.
- Estado del suelo.
- Dirección del movimiento de las nubes y,
- Fenómenos especiales.

Y para las estaciones meteorológicas oceánicas:

- Rumbo y velocidad del buque.
- Temperatura del mar.
- Dirección del desplazamiento y altura de las olas,
- Hielo en el mar, y Fenómenos.

Observatorios Climatológicos. [1]

- Tiempo.
- Viento.
- Nubosidad, tipos de nubes y altura de la base de las nubes.
- Visibilidad.
- Temperatura (incluidas las temperaturas extremas).
- Humedad.
- Presión atmosférica.

- Precipitaciones.
- Suelo nevado.
- Insolación y
- Temperatura del suelo.

Observatorios agrícolas [1]

Estas observaciones comprenden en mayor parte observaciones del medio ambiente como:

- Temperatura y humedad del aire a diferentes niveles.
- Temperatura del suelo.
- Humedad del suelo (contenido de agua) a diversas profundidades.
- Turbulencia y mezcla de aire.
- Hidrometeoros y demás elementos del estado higrométrico.
- Insolación y radiación.

2.4 Horario de las Observaciones

La hora normal de observación es la que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a descrito:

“Por razones prácticas, se acostumbra utilizar el ciclo de 24 horas; medianoche o el comienzo del día está señalado por 0000; para las seis de la mañana se indica 0600, mientras que 1800 corresponde a las seis de la tarde. No se utiliza 2400 para indicar medianoche.

Las observaciones sinópticas deben realizarse en todo el mundo respecto al tiempo universal. El tiempo universal corresponde al tiempo medio local del meridiano de Greenwich (longitud 0°) también se conoce con el nombre de tiempo medio de Greenwich (TMG). Las horas normales especificadas para

efectuar las observaciones son, por lo tanto, horas TMG y no horas locales u horas del huso horario.

Las horas normales principales para las observaciones sinópticas de superficie son 0000, 0600, 1200 y 1800 TMG y las horas normales intermedias son 0300, 0900, 1500 y 2100 TMG. Por lo tanto, a estas horas se debe efectuar la lectura del barómetro. La observación de los otros elementos distintos de la presión atmosférica debe hacerse a los diez minutos que preceden a cada una de estas horas.” [1]

2.5 Medidas de las distancias verticales

De acuerdo con el manual que está en el anexo no 1 de este trabajo se describen los diferentes términos para las medidas de distancia vertical.

“En un sitio apropiado del edificio en que se encuentra la estación meteorológica o sobre un objeto fijo en su proximidad, debe establecer una señal o marca como nivel de referencia para las distancias verticales medidas en la estación o en sus alrededores inmediatos.

Los diferentes términos empleados por la OMM para mencionar las distancias verticales tienen los siguientes significados:

Altura (h):

Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y una referencia especificada.

Altitud (H):

Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar.

El término altura se emplea igualmente para indicar la dimensión vertical de un objeto.

Los símbolos utilizados para referirse a la altura y a la altitud definida anteriormente son h y H , respectivamente. En particular, el símbolo H , empleado sin índice, representa la distancia vertical entre el suelo de la estación meteorológica y el nivel medio del mar.

Para indicar a qué instrumento, nivel, etc. se refiere la distancia vertical indicada se adjunto un índice a los símbolos H y h .

Por ejemplo:

a – *para la presión (indicada del nivel de referencia de las observaciones hechas en la estación);*

p – *para el punto cero de la escala del barómetro.*

z – *para el punto cero de la escala del barómetro.*

Por lo tanto:

H_p – *Indica la distancia vertical sobre el nivel medio del mar que ha sido adoptado para fijar el nivel de referencia de las observaciones hechas en la*

estación. H_p designa, a menudo, la altitud de la estación y la presión atmosférica; se le conoce como presión de la estación;

***H_z** - Indica la distancia vertical entre el punto cero del barómetro y el nivel medio del mar. Esta distancia también se llama altitud de la cubeta del barómetro.*

*En ciertas estaciones, la señal correspondiente al nivel de referencia de las observaciones se sitúa al nivel del punto cero del barómetro. En este caso, **H_p** y **H_z** son iguales.” [1]*

2.6 Observaciones de Superficie

Estas observaciones se llevan a cabo con la proximidad del suelo o en éste, con instrumentos situados a estos niveles. Estas son las observaciones de superficie y se emplean en las estaciones meteorológicas terrestres y marítimas.

2.7 Características Generales de las Observaciones Instrumentales de Superficie.

Los elementos que miden las estaciones meteorológicas de superficie con instrumental meteorológico son los siguientes:

- Duración de la insolación.
- Temperatura del aire, del agua del suelo.
- Presión Atmosférica.
- Humedad.
- Velocidad y dirección del viento en superficie.
- Altura de la base de las nubes.

- Precipitación y
- Evaporación.

2.8 Emplazamiento del Instrumental

Para que las observaciones sean confiables en la medida de lo posible, los instrumentos deben situarse en lugares estratégicos dependiendo de la medida que realizan:

“Un terreno nivelado, recubierto de césped y que tenga aproximadamente 9 m de largo por 6 m de ancho, es satisfactorio para la instalación en el exterior de los instrumentos de medida de la temperatura y la humedad, a condición de que esté convenientemente situado.

La elección del emplazamiento de este terreno deberá ser tal que sea representativo de las condiciones del medio que le rodea. Por tanto, será necesario evitar toda influencia inmediata de árboles o edificios y, en lo posible, este terreno no deberá estar situado sobre fuertes pendientes, sobre las cimas, acantilados o barrancos.

Esta regla no se aplica a los instrumentos de medida de las precipitaciones. Estos instrumentos deben estar rodeados de árboles y arbustos u obstáculos análogos, repartidos de forma apropiada para protegerlos de la influencia del viento.

Sin embargo, aunque estos obstáculos sean necesarios, es indispensable que no produzcan efecto de turbulencia que sería justamente lo contrario del fin perseguido.

Una estación sinóptica debe estar situada de tal manera que puede proporcionar datos meteorológicos representativos de la región en la cual se encuentra.

Por regla general, una estación climatológica debe estar situada en un lugar y en condiciones que garanticen la explotación regular de la estación durante un periodo de diez años por lo menos. La instalación de la estación no debe ser modificada durante un largo período de tiempo.

El emplazamiento de los instrumentos en una estación de meteorología aeronáutica debe ser elegido con el fin de obtener en la medida de lo posible, datos representativos de las condiciones que imperan en el aeródromo o en sus proximidades.

Por la misma razón, una estación de meteorología agrícola debe estar situada en un lugar representativo de las condiciones agrícolas y naturales de la región” [1]

2.9 Funcionamiento del Instrumental Meteorológico

Entre las características más destacadas y principales se encuentra que, los instrumentos de medición deben cumplir con:

- Regularidad en el funcionamiento.
- Precisión.
- Sencillez en la realización.
- Comodidad de manejo y de entrenamiento.
- Solidez de construcción.

Cabe mencionar que es más deseable que el instrumento mantenga esa precisión durante largo tiempo en lugar de tener gran precisión inicial sin mantenerla largo tiempo. Así mismo de modo particular los instrumentos que están expuestos al aire libre deben tener constitución robusta [1].

2.10 Instrumental Meteorológico

Dentro del instrumental meteorológico se encuentran los Instrumentos de lectura los cuales se aprecian en la tabla 2-1 y Aparatos registradores que se muestran en la tabla 2-2.

Tabla 2-1 Instrumentos de lectura más utilizados en meteorología.

Instrumentos de lectura directa						
Temperatura (Termómetros de bulbo de vidrio)	Presión	Humedad	Viento, Dirección (menor a 2 nudos)	Viento, Dirección (viento mayor a 2 nudos)	Velocidad	Precipitación
Termómetro de máxima	Barómetro de mercurio	Higrómetros	La manga de aire o la "T" de aterrizaje de un aeródromo	Veletas o anemoscopios	Anemómetro Robinson	Pluviómetro de flotador
Termómetro de mínima	Barómetro de cubeta fija (Tipo Kew)	Psicómetro para garita fija	La dirección del humo que salga de una chimenea	Anemómetros rotatorios		Pluviómetro de balancín
Termómetro de Six	Barómetro tipo fortín	Psicómetro de aspiración	El movimiento de las banderas	Anemómetros de tubo de presión		Pluviómetro de peso
Termómetro de radiación terrestre	Barómetro de sifón	Psicómetro tipo Assman (ventilación artificial)	El movimiento de los árboles y de las hojas	Anemómetros de contacto		Pluviómetro de intensidad
	Barómetros aneroides	Psicómetro de aspiración para garita (ventilación artificial)		Anemómetro de hélice		
		Psicómetro tipo Honda (ventilación artificial)		Anemómetro de molinete		

Tabla 2-2 Aparatos Registradores más utilizados en meteorología.

Aparatos Registradores				
Temperatura	Presión	Humedad	Viento	Precipitación
Termógrafo de lamina bimetálica	Barógrafo Aneroide	Higrógrafo de cabello	Anemógrafo de succión	Pluviógrafo
Termógrafo de tubo Bourdon		Higrógrafo de escala lineal	Anemógrafo tubular de presión de Dines	
Termógrafo de mercurio en tubo de acero			Anemocinemógrafo	

Se recomienda de manera general que para todas las medidas de superficie, el instrumental se situé en una estructura llamada “abrigo meteorológico” y bajo las siguientes especificaciones:

“...orientación al Norte; instalarse en un lugar sobre pasto, lejos de construcciones y lugares de pavimento o concreto y elevarse cuando menos 1 m. sobre el suelo, si es que tiene pasto. La superficie de pasto debe tener como mínimo 2 o 3 m². Si no hay superficie de pasto la altura deberá ser mayor para disminuir el albedo. Las puertas estarán ubicadas hacia el Norte, a fin de que al abrirse los rayos del Sol no caigan directos sobre los instrumentos. Además tendrá que estar pintado de color blanco.”[2]

A continuación se incluyen las descripciones de las variables que miden las estaciones, así como conceptos y definiciones a las cuales están sujetas.

2.11 Temperatura

2.11.1 Equilibrio Térmico

Todo ser humano tiene un sentido de lo que es frío y caliente y una de las razones por las que sentimos esa diferencia es a causa del equilibrio térmico de los cuerpos.

Para explicar este concepto se tiene en la Figura 2.1a un sistema termodinámico abierto o con paredes diatérmicas (conductora térmica) que permite el flujo de energía en forma de calor. La forma de transferir esa energía pudiera ser una lámina de cobre sólido.

En la Figura 2.1b en la que se observan dos sistemas termodinámicos los cuales no tienen contacto uno con el otro o con el medio ambiente, es decir, un sistema termodinámico aislado o con paredes adiabáticas (térmicamente aislantes) en el cual no existe transferencia de calor.

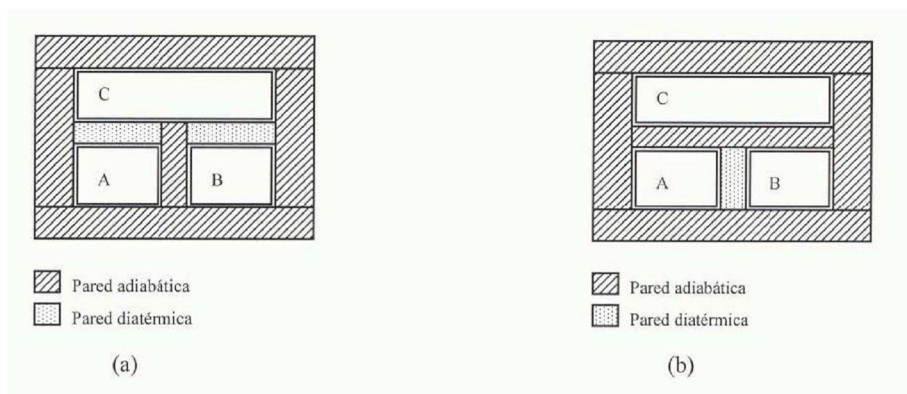


Figura 2-1 Equilibrio térmico

Cuando sucede la transferencia de calor en un sistema termodinámico las propiedades de los sistemas independientes cambian relativamente rápido en un inicio y con el tiempo se hacen más lentos hasta que finalmente todas las propiedades medidas alcanzan valores constantes. Cuando esto sucede, se dice que los sistemas se encuentran en *equilibrio térmico* de tal modo que para saber si dos sistemas se encuentran en equilibrio térmico se ponen en contacto térmico: si sus propiedades cambian no lo estarán, si no cambian lo estarán.

Para determinar si dos sistemas termodinámicos se encuentran en equilibrio térmico sin someterlos a contacto entre ellos, se ponen en contacto con otro sistema, usualmente es el aire. De tal suerte que el cuerpo A no está en contacto con el cuerpo B pero ambos sí lo están con el cuerpo C y se mezclan de una manera

apropiada hasta alcanzar una misma condición. Esto es mejor conocido como la *ley cero de la termodinámica*:

“Si los sistemas A y B están en equilibrio térmico con un tercer sistema C, estarán en equilibrio térmico entre sí” [3].

2.11.2 Definición de Temperatura

Cuando dos sistemas se encuentran en equilibrio térmico se dice que ambos sistemas tienen la misma *temperatura*. Suponiendo que estos sistemas son gases, tendrán un volumen y presión inicial diferentes. Luego de colocarlos en contacto entre ellos hasta alcanzar el equilibrio térmico se concluye que su presión no será igual ni tampoco su volumen; en cambio su temperatura siempre tendrá equilibrio térmico.

En uso corriente de la ley cero de la termodinámica, llamamos *termómetro* al tercer sistema C. Si un termómetro de mercurio en vidrio, aún sin escala, marca el mismo nivel (basta señalar con un plumón el vidrio) en los diferentes sistemas A y B, entonces se puede decir que los sistemas A y B se encuentran en equilibrio térmico y por lo tanto a la misma temperatura, Figura 2-2.

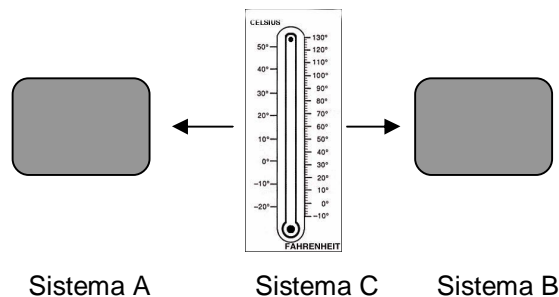


Figura 2-2 Equilibrio Térmico entre dos sistemas.

“Existe una magnitud escalar denominada temperatura, que es una propiedad de todos los sistemas termodinámicos en equilibrio. Dos sistemas están en equilibrio si y solo si sus temperaturas son iguales.”[3]

2.11.3 Escalas de Temperatura

La temperatura es representada por el símbolo T y forma parte de las siete unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades. La *escala Kelvin* es la que se emplea para las mediciones en todos los campos y las escalas Celsius y Fahrenheit no son más que escalas de uso práctico. En comparación con las otras escalas, Kelvin no tiene límite de temperatura máxima, pero sí de mínima y este cero en la escala Kelvin se denomina *cero absoluto*.

Para definir el tamaño del grado en la escala Kelvin la *Nacional Institute of Standard and Technology* (NIST) identificó un sistema calibrador en el que el hielo, el agua líquida y el vapor de agua coexisten en equilibrio térmico. Este punto, muy cercano al punto de congelación del agua a presión atmosférica, recibe el nombre de *punto triple de agua*. [3] Y por convención se decidió que la temperatura Kelvin para el punto triple es:

$$T_{tr} = 273.16K$$

donde K (kelvin) es la unidad base de la temperatura en la escala Kelvin. Así un grado *kelvin*, se define como 1/273.16 de la temperatura del punto triple del agua.

Hoy en día se utilizan las escalas Celsius (anteriormente centígrada) en base a una temperatura T_c a partir de una temperatura correspondiente Kelvin T por medio de la fórmula

$$T_c = T - 273.15$$

Los puntos de congelación y de ebullición del agua (a presión de 1 atm) se miden hoy en la escala Kelvin y luego se convierten en la de Celsius usando la ecuación anterior. [3]

La escala Fahrenheit también se basa en dos puntos fijos que, tras varias selecciones, se convirtieron en el punto normal de congelación del agua, definido como 32 °F, y el punto normal de ebullición del agua, definido como 212°F.[3] Ahora se considera que la relación entre esta escala y la Celsius es

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

2.11.4 Medición de Temperaturas

En este tema se abordará el problema de medir las temperaturas de un sistema en la escala Kelvin; una vez hecha la medición será fácil convertir la temperatura del sistema a las escalas Celsius y Fahrenheit.

En teoría cualquier sustancia que varía con la temperatura puede ser la base del termómetro. Por ejemplo: el volumen de un líquido (como el conocido termómetro de mercurio en vidrio), la resistencia eléctrica de un alambre o el color de un filamento de lámpara eléctrica o la presión de un gas a volumen constante.

“La selección de una de las propiedades anteriores produce un dispositivo sensible o escala de temperatura “particular”, que se define sólo para esa propiedad y que no necesariamente concuerda con otras propiedades”. [3]

De tal forma se dice que para un termómetro que mide el valor de una propiedad termométrica no especificada X , y su temperatura como función de X , dando una relación lineal a lo anterior se tiene[3]

$$T^* = aX$$

Donde a es constante y T^* , es la temperatura del dispositivo sensible. El valor de a se obtiene midiendo X en el punto triple de agua dando como resultado X_{tr} . Entonces para T^*

$$T^*(X) = \frac{(273.16K)X}{X_{tr}}$$

Y en su forma general

$$T^*(X) = T_{tr} \frac{X}{X_{tr}}$$

2.12 Humedad

La presencia de humedad proviene de la evaporación de los mares, ríos, lagos, presas, etc. [2] Y se define como la cantidad de vapor de agua presente en el aire.

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire se expresa como el peso de una columna de vapor por unidad de área, el que se le conoce como presión de vapor [4].

El peso de vapor de agua que puede estar contenido en un volumen dado de aire depende de la temperatura: a cada temperatura corresponde una cantidad máxima de vapor con el que el aire queda saturado [2].

Para una temperatura y presión dadas, siempre hay una cantidad máxima de vapor por unidad de volumen que puede existir sin condensarse, es decir, sin pasar al estado líquido [4].

2.12.1 Punto de Rocío

El punto de rocío es la temperatura que necesita el aire para estar saturado con la humedad existente, es decir, la temperatura cuando una masa de aire contiene la máxima cantidad de vapor [4]. “En el aire que asciende, la temperatura del punto de rocío va disminuyendo aproximadamente 0.17 °C por cada 100 metros” [4]. De esta

manera se puede calcular la altura h a la que el aire está saturado, si se conoce la temperatura t y la del punto de rocío t' :

$$h = 122(t - t')$$

A la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua real existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura se le llama Humedad Relativa [5].

Por lo tanto, la humedad relativa es la relación entre el contenido de vapor en un momento y el máximo contenido posible a la misma temperatura.

“Si se llama p al peso actual del vapor por m^3 , p a un valor máximo de saturación a la misma temperatura y f y F a las tensiones respectivas se tiene”
[5]:

$$R = \frac{f}{F} = \frac{p}{p}$$

Donde p es la tensión de saturación a la temperatura del aire y se calcula:

$$ed = ew - 0.00066p(Ta - Tw)(1 + 0.00115Tw)$$

en donde ed es la presión de saturación correspondiente a un punto de rocío Td ; Ta temperatura real del aire (bulbo seco); Tw temperatura del termómetro de bulbo húmedo y ew presión del vapor correspondiente [4].

2.13 Velocidad del Viento

2.13.1 Viento

“Viento es el aire en movimiento. Su velocidad se mide por medio de anemómetros o anemógrafos y su dirección por medio de veletas. Las

unidades en que se expresa la velocidad del viento son Km/hr., m/s o nudos (1 nudo = 0.526 m/s). [4]

Si el viento es en sentido horizontal se denomina advección y si es en sentido vertical convección [5].

En la atmósfera libre las corrientes pueden tener uno o los dos sentidos de movimiento siendo que son más comunes los movimientos paralelos al terreno, es decir, los movimientos horizontales, ya que los verticales casi siempre son muy pequeños.

La dirección se designa por el rumbo del cual viene el viento, no a aquel al cual se dirige, es decir, de donde viene. Los rumbos se refieren a la rosa náutica, reducida generalmente a 8 de sus direcciones N, NE, E, SE, SW, W, NW, a contar desde el norte geográfico o verdadero no el magnético [2].

Por calma se entiende la falta de viento y aquel viento que sopla muy débil, o es menor a los 5 km/hr [2].

2.13.2 Fuerzas que producen los Vientos

2.13.2.1 La Fuerza de Presión

En el capítulo 6 de Aparicio Mijares, se encuentra bien definidas las condiciones en las que las fuerzas de presión actúan para producir viento:

“Las diferencias de presión entre dos puntos cualesquiera de la atmósfera producen vientos, del mismo modo que la diferencia de presión en un seno líquido produce una corriente.

La segunda ley de Newton sostiene que:

$$F = ma = m \frac{dv}{dt}$$

Y la fuerza actuando sobre el elemento es:

$$F = (p^2 - p^1) \Delta z \Delta y$$

Y la masa del mismo es:

$$m = \rho \Delta x \Delta y \Delta z$$

donde ρ es la densidad.

Sustituyendo la fuerza actuante en el elemento y la masa en la ecuación de la segunda ley de Newton y simplificando se obtiene:

$$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{p_2 - p_1}{\Delta x} \right) = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx}$$

La aceleración del viento debida al gradiente de presiones es entonces [4]:

$$B = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx}$$

2.13.2.2 Fuerza debida a la rotación de la Tierra (Coriolis)

Esta fuerza es el resultado de la rotación de la tierra, una masa de aire que viniera del Norte con una velocidad V conservaría por inercia su dirección y velocidad a lo largo del meridiano [5].

Si se traza una línea a velocidad constante del centro de un disco al borde del mismo que gira con una velocidad angular constante, la línea trazada será siempre curva. Esto se debe a que la velocidad lineal varía a lo largo del radio del disco. Si un proyectil se lanza hacia el Ecuador, siempre se desvía hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia a la izquierda en el hemisferio sur, a esta fuerza imaginaria que produce la desviación se le denomina Coriolis y la aceleración está dada por [4]:

$$G = 2v\omega \sin\phi$$

Donde

$V =$ velocidad del viento en m/s

$W =$ velocidad angular de rotación de la tierra en rad/s, o sea:

$$v = 7.272 \times 10^{-5} \text{ rad/s} \quad \text{Fi} = \text{latitud}$$

2.13.2.3 Fuerza Centrípeta

“Esta fuerza se desarrolla cuando el viento tiene trayectoria curva por ejemplo en un ciclón. Y su aceleración es:

$$C = \frac{v^2}{r}$$

Donde r es el radio de la curvatura de la trayectoria y r se puede tomar como el radio de la curvatura de las isobaras” [4].

2.13.2.4 La Fuerza de Fricción

“Las masas de aire que están próximas al suelo se encuentran en continuo rozamiento con la superficie de éste produciendo una fuerza de fricción que actúa en sentido contrario a la dirección del viento y su magnitud o intensidad

varía con lo accidentado del terreno y por lo normal es mayor en los continentes y menor en los océanos” [5]. Esta fuerza es muy pequeña en comparación con los demás y puede despreciarse sobre todo en alturas que sobrepasan los 600 m [4], ya que los efectos se transmiten de capa en capa y disminuyen con la altura de tal manera que a un kilómetro es casi nulo el efecto de la fricción [5].

“La fricción altera la dirección del viento y disminuye su velocidad y con ello disminuye la fuerza desviadora ya que esta es proporcional a la velocidad del viento, en consecuencia predomina la fuerza del gradiente bórico y sopla el viento casi perpendicular a las isobaras” ... “cuando el terreno es muy áspero, este movimiento perpendicular llega a tener una desviación de 45° y reducir la velocidad hasta en un 40% desviación, que se debilita con la altura a partir de 800 a 1000 m” [5]. En sitios donde la fricción desaparece el movimiento se vuelve a la dirección de las isobaras y aumenta la velocidad del viento.

2.13.2.5 Viento Geostrófico

Este viento es el resultado del balance entre gradiente bórico y la fuerza de Coriolis, dicha relación la enunció en 1857 el meteorólogo Buy Ballot: “Un observador vuelto de espaldas a la dirección del viento tendrá a su derecha las altas presiones en el hemisferio norte y a su izquierda en el hemisferio sur” [4].

Un viento generado en estas condiciones se puede escribir como:

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dx} = 2v\omega \sin\phi$$

Es decir,

$$V = \frac{1}{2\rho} \omega \sin \phi \frac{\Delta \rho}{\Delta x}$$

que es la velocidad del viento geostrófico.

Cuando la fricción es despreciable pero las isobaras son curvas el componente ciclostrófico del viento es diferente de cero y entonces se obtiene el viento gradiente:

$$B = G + C$$

En latitudes cercanas al Ecuador donde las fuerzas coriolis son pequeñas se producen corrientes de aire de alta velocidad en las que intervienen fuerzas ciclostróficas y de presión, obteniendo así el viento ciclostrófico

$$B = C$$

El viento inercial se produce cuando además de la fricción se puede despreciar la fuerza debida al gradiente de presiones:

$$G = C$$

Y el viento real es la combinación de las fuerzas anteriores:

$$B = G + C + F$$

2.14 Precipitación

La precipitación es la caída de agua de las nubes en estado líquido o sólido. Para que esto suceda, es necesario que el diámetro de las gotas en una nube supere los 2000 micrómetros ya que normalmente el diámetro de una gota en una nube oscila entre los 10 y 30 micrómetros. El crecimiento de las gotas en la nube se debe a la colisión directa entre ellas o por coalescencia; es decir, la reunión de pequeñas gotas

por el rompimiento de su estabilidad coloidal; esto depende de los siguientes factores:

Carga eléctrica de las gotas. Dos gotas se unirán debido a sus cargas eléctricas si son de signos opuestos favoreciendo la coalescencia.

El tamaño de las gotas. Una gota de menor tamaño tiende a evaporarse mientras que una de mayor tamaño tiende a prevalecer y a unirse con otras gotas.

Temperatura de las gotas. Las gotas mas frías, que provienen de la parte alta de la nube, al acercarse a otras mas calientes, de las capas inferiores, producen sobresaturación sobre las gotas mas frías, y déficit de saturación en las calientes; en consecuencia, las primeras crecerán a expensas de las ultimas.

2.14.1 Medición de la Precipitación

“Los aparatos más usuales en México para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos.” [4]

“Los pluviómetros están formados por un recipiente en forma de cilindro graduado, de área transversal a al que descarga un embudo que recoge el agua de lluvia, cuya área de captación es A . Se acostumbra colocar en el embudo mallas o coladores para evitar la entrada de basura. El área de captación A es normalmente diez veces mayor que el área del recipiente a , con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente” [4] De tal forma que las lecturas se faciliten, y se alcancen a percibir hasta las décimas de milímetro (que corresponden a un milímetro depositado en el recipiente) de lluvia a simple vista.

2.15 Data login

“Un sensor consta de algún elemento sensible a una magnitud física (como por ejemplo la intensidad o color de la luz, temperatura, presión, magnetismo, humedad) y debe ser capaz, por su propias características, o por medio de dispositivos intermedios, de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico que se pueda alimentar en un circuito que la utilice directamente, o si no en una etapa previa que la condicione (amplificando, filtrando, etc.), para que finalmente se la pueda utilizar para el control del robot.” [6] y [7]

2.15.1 Sensores de Temperatura

Los diferentes tipos de sensores mas conocidos son:

- Termistores: Son semiconductores que varían el valor de su resistencia en relación a la temperatura. Existen dos tipos NTC y PTC. En la mayoría de los termistores la relación de cambio es de 6% de la resistencia por grado Centígrado [8] y [9].
- RTDs (Termoresistencias): El principio de funcionamiento está en que la resistencia eléctrica de un metal varía en relación con la temperatura [10].
- Termopares o Termocuplas: Estos son los sensores más utilizados a nivel industrial y se fabrican soldando dos alambres de distinto material (generalmente Hierro Fe y Constantán) en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión, se genera una diferencia de potencial muy pequeña al orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura [12].
- Diodos: No es que exista un diodo que como función principal sea la de medir la temperatura sino que se utilizan para este efecto basados en el cambio de tensión debido a la temperatura. Esta constante es aproximadamente de -2.2 mV por grado centígrado, variable según cada diodo [13].
- Circuitos Integrados: Son semiconductores que dentro de sí están interconectados y realizan una función especial. La mayoría de los circuitos integrados poseen transistores en el interior [15] y [16].

- Piro sensores: Son dispositivos sensibles a la gama de ultravioletas, que permiten la detección de fuego a distancia. La longitud de onda en la que trabajan es de 5.5 – 14 μm [17] y [18].

2.15.2 Sensores de Humedad

Entre los más comunes se encuentran:

- Sensores capacitivos: En el caso de los sensores capacitivos el aire forma el material dieléctrico el cual cambia la permitividad con respecto a la humedad del ambiente [19].
- Sensores resistivos: estos sensores están contruidos sobre un polímetro capaz de absorber agua con dos elementos semiconductores que varían la resistencia eléctrica a través del polímero, que cambia con el contenido de agua [20].
- Módulos integrados: Los módulos integrados utilizan cualquiera de los métodos anteriores para sensar la humedad, e incluyen un sensor de temperatura, para compensar la medición de humedad con respecto a la temperatura, de ser necesario. Los módulos integrados también incluyen interfaces que implementan protocolos conocidos de comunicación (I2C o RS232, etc.) para comunicar los datos sensados con un microcontrolador o computadora [20].

2.15.3 Sensores de Lluvia, Viento y Dirección

Este tipo de sensores como tales no existen, sino que se utiliza algún otro sensor para lograr el resultado deseado.

En el caso de los pluviómetros la gran mayoría utilizan interruptores magnéticos (Reed Switch) con un balancín, calibrado para volcar con determinada cantidad de precipitación.

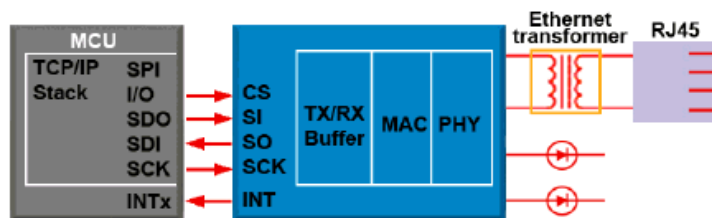
Los anemómetros utilizan también interruptores magnéticos para detectar un giro de las cucharas.

Las veletas o anemoscopios utilizan potenciómetros multivuelatas para detectar la posición del anemoscopio.

2.16 Servidores embebidos

Los servidores embebidos son microcontroladores que dentro de ellos tienen un módulo que maneja el protocolo IEEE 802.3 (Ethernet) para agregar la conectividad a una red de área local o incluso Internet. De acuerdo a la información encontrada en el sitio de Microchip se tiene:

Un sistema típico de Ethernet se muestra en la Figura 2-3. El controlador Ethernet puede ser un dispositivo separado, independiente, o puede estar integrado con el microcontrolador anfitrión (MCU). El controlador Ethernet transmite y recibe datos desde el cable Ethernet y maneja el protocolo Ethernet. Los controladores Ethernet son frecuentemente separados en dos partes, el Control de Acceso de Medios de comunicación (*Media Access Control MAC*) y la Capa Física (*Physical Layer PHY*).



Cortesía de Microchip

Figura 2-3 Diagrama general de un sistema Ethernet

2.16.1 Media Access Control (MAC)

La capa MAC proporciona la dirección y mecanismos de control de acceso de canal para varios terminales o nodos de red para comunicar dentro de una red de multipunto, o una red de área local (LAN). Como parte del control de acceso de canal, proporciona múltiple protocolo de acceso que permite una retransmisión cuando ocurre una colisión. Esto también emula un canal de comunicación lógica full-duplex en una red de multipunto. Este canal puede proporcionar un servicio de comunicación *unicast*, *multicast* o *broadcast*.

2.16.2 Physical Layer (PHY)

La capa física PHY provee un medio para transmitir bits en crudo sobre un enlace de transmisión físico (p. ej. cable de par trenzado). El módulo de la capa física se internaza a un transformador de señal, el cual a su vez se conecta al conector Ethernet RJ-45. El controlador huésped recibe los datos del controlador Ethernet y aplica las reglas necesarias del protocolo. El controlador huésped también formatea los datos salientes y los inserta dentro del buffer de transmisión del controlador Ethernet" [21].

2.16.3 Servidores Web.

En informática, es un tipo de software que realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios, es decir atiende a varios clientes que les interesa un recurso compartido del servidor. El término servidor se utiliza para referirse al equipo físicamente, en el cual funciona el software servidor.

Las computadoras pueden desarrollar dos funciones distintas en un entorno de red: de servidores o de estaciones de trabajo.

Un servidor es una computadora que permite compartir sus periféricos con otros ordenadores y pueden ser de varios tipos entre los que se encuentran los siguientes:

- Servidor de Archivos: Mantiene los archivos en subdirectorios privados y compartidos para los usuarios de la red.
- Servidor de Impresión: Tiene conectados una o más impresoras que comparte con los demás usuarios.
- Servidor de comunicaciones: Permite enlazar diferentes redes locales o una red local con grandes computadoras o PCs.
- Servidor de correo electrónico: Proporciona servicios de correo para la red.

- Servidor Web: Proporciona un lugar para guardar y administrar los documentos HTML que pueden ser accesibles por los usuarios de la red a través de los navegadores. Actualmente se incorporan tecnologías a este tipo de servicios como lo son PHP, JAVA, CGI, PERL, etc.
- Servidor FTP: Se utiliza para guardar los archivos que pueden ser descargados por los usuarios de la red a través de un programa cliente.
- Servidor Proxy: es un equipo intermediario situado entre el sistema del usuario e Internet y se utiliza para monitorizar el acceso entre las redes. Cambia la dirección IP de los paquetes de los usuarios para ocultar los datos de la red interna a Internet y, cuando recibe contestación externa, la devuelve al usuario que la ha solicitado. Su uso reduce la amenaza de piratas que visualicen el tráfico de la red para conseguir información sobre los ordenadores de la red interna.

Según el sistema operativo de red que se utilice y las necesidades de la empresa, puede ocurrir que los distintos tipos de servidores residan en el mismo ordenador o se encuentren distribuidos entre aquellos que forman parte de la red.

Del mismo modo los servidores de archivos pueden establecerse como dedicados o no dedicados, ya sea que se dediquen exclusivamente a la gestión de la red o que se usen como estaciones de trabajo.

Se puede decir entonces que un servidor es aquella computadora que distribuye programas de aplicación o archivos de datos a las estaciones de trabajo (clientes) los cuales pueden o no compartir el disco duro del servidor [22].

2.16.4 Tecnología Cliente/Servidor

La separación entre cliente y servidor es una separación de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un sólo programa como se ha visto anteriormente. Estas separaciones lógicas

trabajan en una red como una sola tecnología para cumplir una tarea. “El planteamiento se distingue por las siguientes características:

- Recursos Compartidos. Un servidor puede servir a varios clientes al mismo tiempo y regular su acceso a recursos compartidos.
- Transparencia de Ubicación. Un servidor es un proceso que puede residir en la misma maquina que el cliente o en otra en la red. Un programa puede ser o cliente o servidor.
- Mezclar y acoplar. El software Cliente/Servidor ideal es independiente de plataformas de equipo o de sistemas operativos.
- Intercambios basados en mensajes. Clientes y Servidores con sistemas acoplados sin grandes restricciones que interactúan mediante un mecanismo de intercambio de mensajes; así, estos se convierten en el mecanismo de entrega para las solicitudes y respuestas del servicio.
- Encapsulado de Servicios. El servidor es especialista. A través de un servicio se le indica cual es el servicio que le solicita y luego depende de él la forma en que se satisface tal solicitud. Los servidores pueden actualizarse sin afectar a los clientes siempre y cuando la interfaz de mensajes publicada no cambie.
- Escalabilidad. Los sistemas Cliente/Servidor pueden escalarse horizontalmente o verticalmente. El horizontal implica que al agregar o quitar estaciones de trabajo (clientes), solo se produce un pequeño efecto en el desempeño. El vertical significa migrar (mudar) a una maquina servidor más grande y rápida, o distribuir la carga de procesamiento entre varios servidores.
- Integridad. El código y la información del servidor se administran de manera central, lo que da como resultado un mantenimiento más barato y el resguardo de la integridad de la información compartida. Al mismo tiempo, los clientes permanecen personales e independientes. “ [23]

2.16.5 Tecnología Cliente/Servidor Web en Internet

Los servicios de Internet se encuadran en el nivel de aplicación de los protocolos TCP/IP y siguen la filosofía cliente/servidor, es decir, que la computadora que da servicio contendrá la parte servidora de la aplicación y los usuarios (clientes) acceden a este servicio mediante la aplicación cliente.

2.16.6 World Wide Web

Conocido como WWW o Web es el servicio más popular y utilizado de Internet en la actualidad. Los documentos de la Web se denominan documentos de hipertexto, documentos HTML o simplemente páginas Web, y son visualizadas por programas denominados navegadores. Las paginas Web contienen todo tipo de elementos, pero sin duda los mas importantes son los enlaces, que permiten moverse de una forma cómoda e intuitiva a través de todos los recursos disponibles en la Web” [23].

2.17 Protocolo Ethernet 802.3

Ethernet es el nombre que le dieron al sistema el Dr. Robert Metcalfe y David Boggs (Centro de Investigación de Palo Alto de Xerox PARC, 1976) por lo de *luminiferous ether*, a través del cuál se pensaba que se propagaba la radiación electromagnética.

El invento de Ethernet de Xerox fue tan exitoso que DEC, Intel y Xerox diseñaron un estándar en 1978 para una Ethernet de 10 Mbps, llamado estándar DIX, el cual con dos cambios menores se convirtió en el estándar IEEE 802.3.

Dado que el nombre Ethernet se refiera al cable, se describen a continuación en la tabla 3-7 los cuatro tipos de cables más comunes.

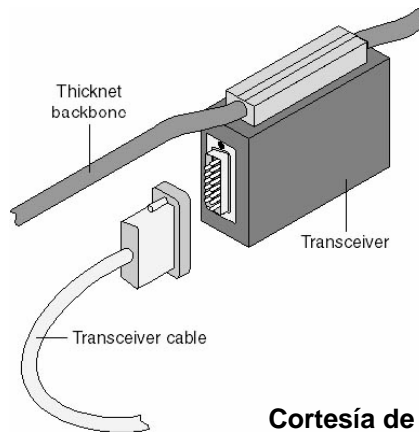
Tabla 2-3 Los tipos más comunes de cableado Ethernet.

Nombre	Cable	Seg. Máx.	Nodos/seg	Ventajas
10Base5	Coaxial grueso	500 m	100	Cable original; ahora obsoleto
10Base2	Coaxial delgado	185 m	30	No se necesita concentrador
10Base-T	Par trenzado	100 m	1024	Sistema más económico
10Base-F	Fibra óptica	2000 m	1024	Mejor entre edificios

La notación 10Base5 significa que opera a 10 Mbps, utiliza señalización banda base y puede manejar segmentos de hasta 500 metros. El primer número es la velocidad en Mbps. Después viene la palabra “Base” ó “BASE” para indicar la transmisión de banda base.

En 10Base5, popularmente llamado Ethernet grueso, se maneja una manguera de jardín amarilla, con marcas cada 2.5 metros para indicar los puntos de las derivaciones. Por lo general las conexiones son de tipo vampiro (Figura 3-14), las cuales introducen cuidadosamente una punta hasta la mitad del núcleo del cable coaxial.

Con 10Base5, un cable de transceptor o cable de derivación, conecta el transceptor a una tarjeta de interfaz en la computadora. El cable de transceptor puede tener hasta 50 metros de longitud y contiene cinco pares trenzados aislados individualmente. Dos de los pares son de entrada y salida de datos, respectivamente; dos más son para entrada y salida de señales de control. El quinto par, que no siempre se usa, permite que la computadora energice la electrónica del transceptor y recibe tramas de él. El controlador se encarga de ensamblar los datos en el formato de trama adecuado, así como de calcular las sumas de verificación de las tramas de salida y de comprobarlas en las tramas de entrada.



Cortesía de Microsoft

Figura 2-4 Derivación vampiro para Ethernet grueso

10Base2 o Ethernet delgado que, a diferencia del Ethernet grueso, se dobla con facilidad. Las conexiones se hacen usando conectores BNC estándar de la industria para formar uniones T (Figura 3-15), en lugar de emplear derivaciones vampiro.



Figura 2-5 Unión T para Ethernet delgado.

Los conectores son más fáciles de usar y más confiables. El ethernet delgado es mucho más económico y fácil de instalar, pero solo puede extenderse 185 metros por segmento cada uno de los cuales puede manejar solo 30 máquinas.

Con 10Base2, la conexión al cable es solo un conector BNC pasivo de unión T. La electrónica del transceptor está en la tarjeta controladora, y cada estación siempre tiene su propio transceptor.

Con 10Base-T no existe un cable compartido en absoluto, solo un concentrador (una caja llena de circuitos electrónicos) al que cada estación está conectada mediante un cable dedicado, es decir, no compartido. Agregar o remover estaciones es más

sencillo y las rupturas de cable pueden detectarse con facilidad. La desventaja de 10Base-T es que la longitud máxima del cable es de solo 100 metros, tal vez de 200 metros si se usa cable de par trenzado de alta calidad (categoria5) [24].

Capítulo 3

REVISIÓN TÉCNICA

3 Introducción

En el siguiente capítulo se van a estudiar las características básicas de los diferentes instrumentos de medición que se mencionaron en el capítulo anterior.

3.1 Sensores de temperatura

En la práctica existen diversos tipos de sensores de temperatura. La elección de un sensor esta determinada por el tipo de aplicación que se requiere. A fin de seleccionar el mejor sensor para una aplicación dada, se deben considerar varios factores, como rangos de temperatura, exactitud, velocidad de respuesta, costo y requerimientos de mantenimiento. Los dispositivos de uso más común en las industrias de proceso son: termocuplas, termoresistencias, termistores, sistemas de dilatación y pirómetros de radiación u ópticos [25].

3.1.1 Termistores

El termistor es un tipo de transductor capaz de modificar su resistencia eléctrica en relación a la temperatura medida. En comparación con las termocuplas el termistor es más delicado por el tipo de construcción que tiene y deben tomarse las precauciones necesarias para protegerlo [27].

Los termistores están fabricados por óxidos de metales como: manganeso, níquel, cobalto, cobre, hierro y uranio. Aunque existen sensores de este tipo con coeficiente de temperatura positivo (PTC, *Positive Temperature Coeficient*), la mayoría de los termistores son de coeficiente de temperatura negativo (NTC, *Negative Temperature Coeficient*). El coeficiente de temperatura (TC, *Temperature Coeficient*) permite al termistor detectar cambios diminutos que con un RTD o termocupla sería imposible.

3.1.1.1 Termistores NTC

Este tipo de termistor, ver Figura 3-1, decremanta su resistencia conforme se eleva la temperatura y su coeficiente de temperatura es elevado, es decir, su conductividad aumenta rápidamente con la temperatura exponencialmente:

$$R = A * e^{\frac{B}{T}}$$

donde A y B son constantes que dependen del termistor [26].

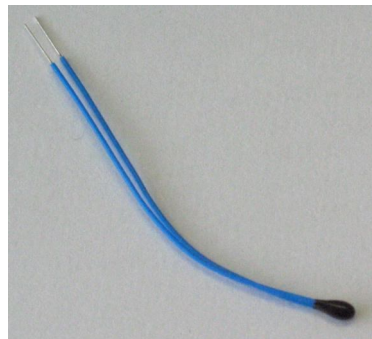


Figura 3-1 Termistor NTC.

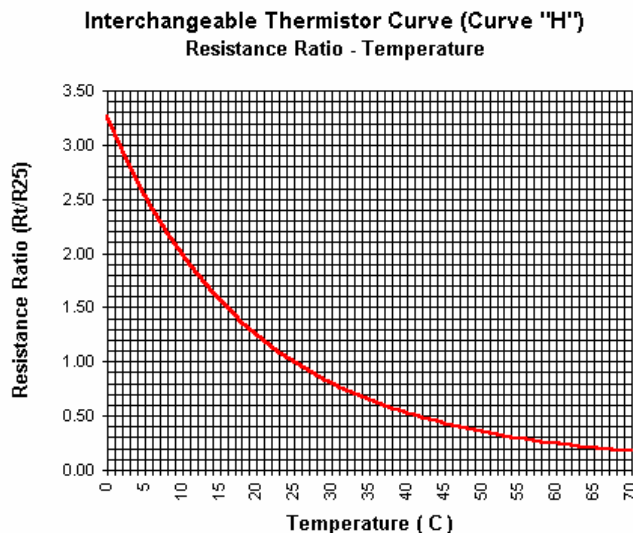
3.1.1.2 Termistores PTC

Los termistores PTC incrementan el valor de su resistencia conforme se eleva la temperatura.

Los usos mas comunes de este tipo de transductor son: *“limitación de corriente, sensor de temperatura, desmagnetización y para la protección contra el recalentamiento de equipos tales como motores eléctricos. También se utilizan en indicadores de nivel, para provocar retardos en circuitos, como termostatos, y como resistores de compensación”* [26].

Las desventajas más considerables del tipo PTC es que si la temperatura llega a ser muy alta pierde sus propiedades y se comportaría como un tipo NTC, por lo que están limitados a un rango de temperaturas.

En la Figura 3-2 se muestra la curva típica para un termistor de tipo NTC [28].



Cortesía de NTC Probes & Assemblies

Figura 3-2 Variación de la resistencia en función de la temperatura de un termistor típico.

3.1.1.3 Termoresistencias RTDs.

Las termoresistencias (RTD, *resistance temperature detectors*) “son elementos resistivos sencillos que adopta la forma de bobinas de alambre hechas de platino, níquel o aleaciones níquel-cobre; el platino es el que más se utiliza” [29].

Este tipo de sensores se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión.

Las termoresistencias se fabrican de alambres finos soportados por un material aislante y se encapsulan (Figura 3-3a). La cápsula se inserta en un tubo metálico cerrado por un extremo relleno de polvo aislante y sellado con cemento para impedir la absorción de humedad [11].

La Película RTD consiste en una fina película metálica que es protegida por seda o sustrato de cerámica o vidrioso. Un *trimmer* láser ajusta el RTD a su valor de resistencia correcto.

Los sensores de película, ver Figura 3-3b son menos exactos que los de cable, pero son relativamente baratos, estos están disponibles en pequeños tamaños y son más robustos. La película RTD puede funcionar como una medida de tensión. El elemento de aluminio debería ser soportado por grasa, pero nunca integrado en el epoxi o mecánicamente sujetado con abrazaderas entre superficies difíciles. [30]

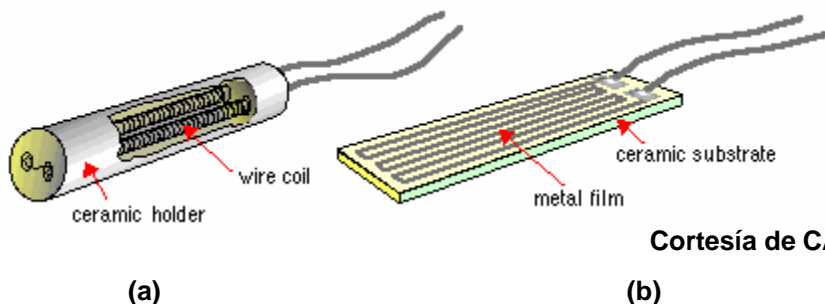


Figura 3-3 a) Construcción de una termoresistencia cableada, b) Construcción de una termoresistencia de sustrato vidrioso.

En el sector industrial, las termoresistencias de Platino son las más utilizadas ya que pueden medir el rango más amplio de temperaturas, son las más exactas y estables por no ser fácilmente contaminadas por el medio en que se encuentran, y su relación resistencia-temperatura es más lineal que la de cualquier otro material con la excepción del cobre [11].

En la tabla 3-1 se muestran las características más notables en relación al metal que se emplea en la construcción de los RTDs.

Tabla 3-1 Tabla comparativa de los tipos de RTDs.

Metal		Rango de Temperatura	Alpha	Descripción
Cobre	Pt	-200°C a 260°C	0.00427	Bajo costo
Moldibeno	Mo	-200°C a 200°C	0.00300 0.00385	Bajo costo, alternativa al platino en rangos de temperatura bajos
Niquel	Ni	-80°C a 260°C	0.00672	Bajo costo, rangos de temperatura limitados
Niquel – Fiero	Ni-Fe	-200°C a 200°C	0.00518	Bajo costo
Platino	Pt	-240°C a 660°C	0.00385 0.00392 0.00377	Buena precisión. Rango extendido de temperatura hasta 1000°C

Comúnmente, las características de temperaturas de un RTD son especificadas como un número solo ("alfa"), representando el coeficiente medio de temperaturas sobre 0 a 100° C la gama de temperaturas como calculado por: [30]

$$\alpha = \frac{(R_{100} - R_0)}{100 * R_0} \text{ dado en } \frac{\text{ohms}}{\text{ohm}/^{\circ}\text{C}}$$

La relación lineal de aumento en la resistencia de la mayoría de los metales está dada por: [29]

$$R_t = R_0(1 + \alpha * t)$$

Las termoresistencias de platino tienen normalmente un valor de 100 Ohms a 0°C con un intervalo de 38.5 Ohms y se encuentran en el mercado bajo las denominaciones de Pt102, Pt103, Pt11, Figura 3-4 de acuerdo a la información del fabricante Lake Shore Cryotronics, Inc. [11] y [31].



Figura 3-4 Termoresistencias de Platino.

Por la construcción y cableado las termoresistencias se clasifican como: bifilares, trifilares y cuatrifilares Figura 3-5.

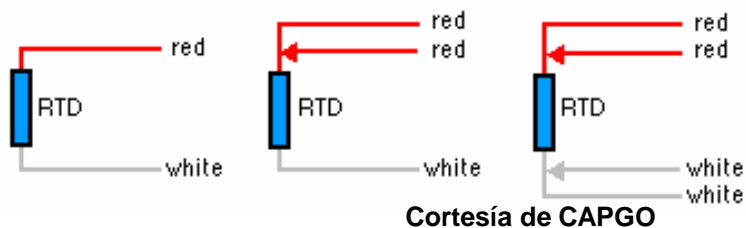


Figura 3-5 Diferentes configuraciones de cables del RTD.

3.1.1.4 Termocuplas o termopares.

Un termopar es un dispositivo de estado sólido que se utiliza para convertir la energía en voltaje, básicamente es un transductor de temperaturas, es decir un dispositivo que convierte una magnitud física a una señal eléctrica. Consta de dos metales diferentes empalmados en una junta Figura 3-6.

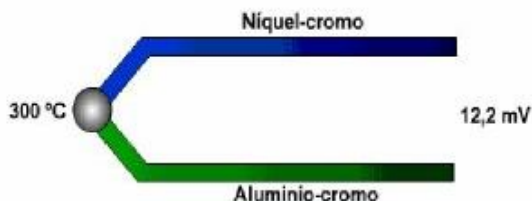


Figura 3-6 Termopar tipo K

“Cuando dos metales diferentes se unen, en la unión se produce una diferencia de potencial. Esta depende de los materiales utilizados y la

temperatura de la unión. Si ambas uniones están a la misma temperatura, no existe una fem neta. En cambio, si la temperatura es diferente, sí se produce una fem. El valor E de esta fem depende de los dos metales utilizados y de las temperaturas t de ambas uniones.

Por lo general una de ellas se mantiene a 0°C , y entonces se cumple, hasta cierto punto,

$$E = at + bt^2$$

Donde a y b son las constantes de los materiales utilizados. En la tabla 3-2 se muestran los termopares de uso más común, los intervalos de temperatura en los que se usan y sus sensibilidades características. A estos termopares de uso común se les asigna letras de referencia. Por ejemplo, el de hierro-constantán se conoce como termopar tipo J' [29].

Tabla 3-2 Termopares

Ref.	Materiales	Intervalo en $^{\circ}\text{C}$	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
B	Rodio/platino, platino 30%, rodio 6%	0 a 1800	3
E	Cromel/constantán	-200 a 1000	63
J	Hierro/constantán	-200 a 900	53
K	Cromel/alumel	-200 a 1300	41
N	Nirosil/nisil	-200 a 1300	28
R	Platino/platino con 13% rodio	0 a 1400	6
S	Platino/platino con 10% rodio	0 a 1400	6
T	Cobre/constantán	-200 a 400	43

La Figura 3-7 muestra como la fem varía con la temperatura en pares de metales de uso común.

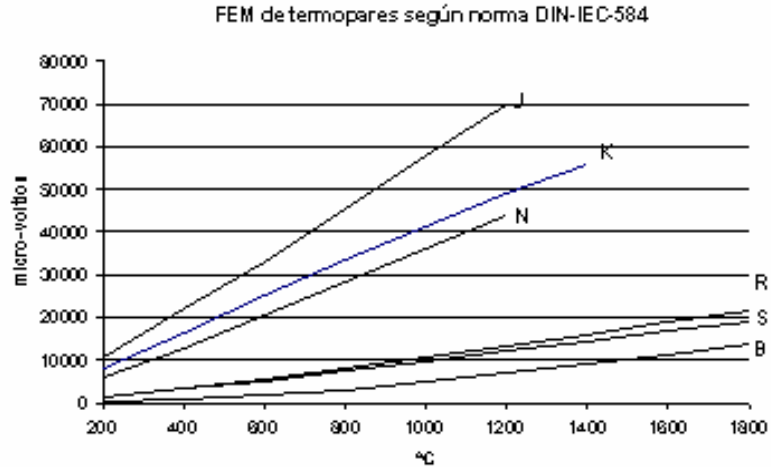


Figura 3-7 Gráfica fem termoeléctrica-temperatura.

Los termopares trabajan según los principios de: Volta, Peltier, Thompson, Ley de las temperaturas intermedias, Ley de los metales intermedios [32].

“Es posible que la temperatura de la unión de referencia de un termopar no sea 0°C. Sin embargo, en las tablas estándar se supone que dicha unión está a 0°C, por lo que antes de usarlas habrá que hacer la corrección respectiva, que se hace aplicando lo que se conoce como Ley de Temperaturas intermedias, a saber:

$$E_{t,0} = E_{t,l} + E_{l,0}$$

La fem $E_{t,0}$ a la temperatura t cuando la unión fría está a 0°C es igual a la fem $E_{t,l}$ a la temperatura intermedia l , mas la fem $E_{l,0}$ a la temperatura l cuando la unión fría está a 0°C. Con frecuencia no es conveniente mantener la unión de un termopar a 0°C, es decir, tenerlo inmerso en una mezcla de agua y hielo (Figura 3-8 a). Se puede utilizar un circuito de compensación ver Figura 3-8 b para producir una fem que varía con la temperatura de la unión fría de manera que cuando dicha fem se suma a la del termopar genera una fem combinada que es la misma que se habría generado sin la unión fría hubiese estado a 0°C” [29].

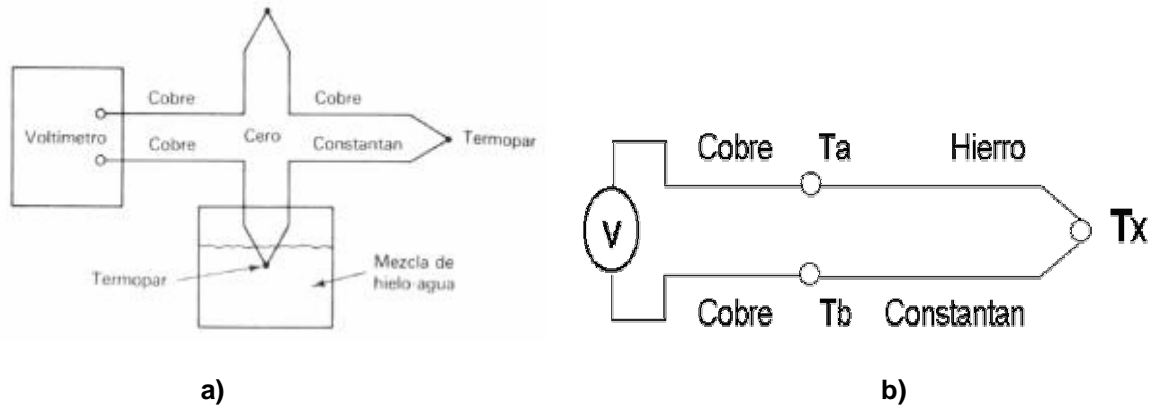


Figura 3-8 a) Unión del termopar a 0°C, b) Compensación de unión fría.

3.1.1.5 Diodos

El Diodo es un componente semiconductor muy común en la actualidad y que su principal característica es que deja pasar la corriente eléctrica en un solo sentido.

“Sin embargo el diodo semiconductor de unión con frecuencia se utiliza como sensor de temperatura. Cuando cambia la temperatura de semiconductores con impurezas, también se modifica la movilidad de sus portadores de carga, lo cual afecta la velocidad de difusión de electrones y huecos a través de una unión p-n. Por lo tanto, si una unión p-n tiene una diferencia de potencial V , la corriente I que circula por la unión será una función de la temperatura, la cual esta dada por:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right)$$

Donde T es la temperatura en la escala Kelvin, e la carga de un electrón y k e I_0 son constantes. Utilizando logaritmos, la ecuación anterior se puede expresar en términos de voltaje como:

$$V = \left[\frac{kT}{e} \right] \ln \left[\frac{I}{I_0} + 1 \right]$$

Así, la corriente es constante, V es proporcional a la temperatura en la escala Kelvin, por lo que la medida de la diferencia de potencial en un diodo con corriente constante puede servir como medida de la temperatura. Este tipo de sensores es tan compacto como los termistores, pero además tienen la gran ventaja de que su respuesta es una función lineal de la temperatura” [29].

Para lograr tener corriente constante se usa una fuente de corriente o solo se le coloca una resistencia en serie mayor a la resistencia del diodo [33]. En la Figura 3-9 se muestra un diagrama esquemático del circuito a emplear.

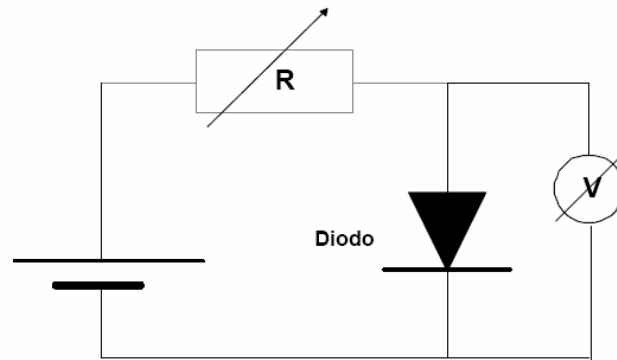


Figura 3-9 Circuito para medir variación de voltaje en función de la temperatura en un diodo.

Como se puede apreciar el diodo es el sensor de temperatura de menor costo que se puede encontrar, y a pesar de ser tan barato es capaz de producir resultados más que satisfactorios. Sólo es necesario hacer una buena calibración y mantener una corriente de excitación bien estable. El voltaje sobre un diodo conduciendo corriente en directo tiene un coeficiente de temperatura de alrededor de los 2.3 mV/°C y la variación, dentro de un rango, es razonablemente lineal, de ahí que muchos transistores se utilizan como sensores de temperatura midiendo el voltaje entregado en la base-colector del mismo [7] y [29].

3.1.1.6 Circuitos integrados

Varios fabricantes de componentes electrónicos y semiconductores han producido circuitos integrados con el objetivo de medir temperaturas. La mayoría de estos circuitos integrados son monolíticos (de una sola pieza) y en todo caso ocupan solo un par de componentes externos para llevar a cabo las mediciones. Típicamente cientos o miles de dispositivos son formados sobre obleas delgadas (finas) de silicio. Antes de que la oblea sea grabada y cortada en chips individuales, son por lo general calibrados por láser.

En los circuitos integrados de temperatura no existe ningún tipo genérico como los hay con el termopar y RTDs y se usan por lo común en sistemas de adquisición de datos interfazados a una computadora o microcontrolador para llevar a cabo su procesamiento y darle una salida o almacenarlos en algún tipo de medio.

Aunque un número de dispositivos sean hechos por más que un fabricante, en lo general comparten un número de características: salidas lineales, relativamente tamaño pequeño, limitados en la gama de temperaturas (-40 a +120°C típico), precio bajo, buena precisión si se calibra bien, pero también baja capacidad de intercambio.

A menudo los circuitos integrados para medir la temperatura no están bien diseñados termalmente, el chip semiconductor no siempre está en buen contacto térmico con la superficie exterior. Algunos dispositivos son inclinados a oscilar a no ser que las precauciones sean tomadas. A condición de que las limitaciones de los circuitos para medir la temperatura de semiconductor sean bien entendidas, estos pueden ser usados con eficacia en muchos usos.

Los circuitos integrados para medir la temperatura están basados en las características fundamentales de temperaturas y corrientes del transistor. Si dos transistores idénticos son operados a diferentes densidades de corriente de colector (pero constantes), entonces la diferencia en sus voltajes de base-emisor son

proporcionales a la temperatura absoluta de los transistores. Esta diferencia de voltaje entonces es convertida a un voltaje o corriente. Una compensación (*offset*) puede ser aplicada para convertir la señal de la temperatura de la escala absoluta a Centígrada o Fahrenheit.

Los sensores pueden ser agrupados en cinco amplias categorías: salida de voltaje, salida corriente, salida de resistencia, salida digital y tipos de diodo simples.

3.1.1.6.1 Salida de voltaje

Los sensores de la tabla 3-3 proporcionan una señal de salidas de voltaje por la impedancia de salida relativamente baja. Todos requieren que una excitación impulse la fuente y todos son esencialmente lineales. En la Figura 3-10 se puede apreciar un sensor de salida de voltaje.

Tabla 3-3 Sensores de temperatura con salida de voltaje.

Salida	Sensor	Tolerancia (rango)	Comentarios
22,5mV/°C a 5V 250mV offset	AD22100	±2°C y ±4°C (-50 a +150°C)	Salida proporcional a la alimentación - ideal para ADC del mismo estilo
28mV/°C (a 3,3V), 250mV offset	AD22103	±2,5°C (0°C a +100°C)	Salida proporcional a la alimentación
10mV/°K o 10mV/°C	LM135 LM235 LM335	±2,7°C a ±9°C (-55°C a 150°C -40°C a 100°C)	Opera como un Zener con entrada para ajuste de escala, 400µA
10mV/°F	LM34	±3°F y ±4°F (-20°C a 120°C)	Necesita una fuente negativa para temperaturas < -5°C
10mV/°C	LM35	±1°C y ±1,5°C (-20°C a 120°C)	Necesita una fuente negativa para temperaturas < 10°C
10mV/°C 500mV offset	LM45	±1°C y ±1,5°C (-20°C a 120°C)	LM35 con corrimiento de salida 500mV

El LM34 y partes de LM35 (Figura 3-10) son propensos a la oscilación si el cable del sensor capacitivamente carga su salida. El síntoma es una compensación en la salida de sensores - algo que es no siempre obvio. Es sabio siempre incluir la resistencia y capacitor recomendada del fabricante, cerca del sensor.

3.1.1.6.2 Salida de Corriente

El sensor de corriente actúa como una alta impedancia, el regulador de corriente constante típicamente entrega $1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$ y requiere una fuente de voltaje entre 4 a 30 V. En la tabla 3-4 se pueden encontrar varios sensores que entregan corriente.

Tabla 3-4 Sensores de temperatura con salida de corriente.

Salida	Sensor	Tolerancia (rango)	Comentarios
$1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$	AD590	$\pm 5,5^\circ\text{C}$ y $\pm 10^\circ\text{C}$ (-55°C a $+150^\circ\text{C}$)	Viejo favorito, se deben considerar las corrientes de pérdida del cable
$1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$	AD592	$\pm 1^\circ\text{C}$ y $\pm 3,5^\circ\text{C}$ (-25°C a $+105^\circ\text{C}$)	Un AD590 más preciso
$1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$	TMP17	$\pm 4^\circ\text{C}$ (-40°C a $+105^\circ\text{C}$)	Un AD590 térmicamente más rápido
Programable $0.1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$ a $4 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$	LM134 LM234 LM334	$\pm 3^\circ\text{C}$ y $\pm 20^\circ\text{C}$ (-25°C a $+100^\circ\text{C}$)	Con calibración puede ser efectivo

3.1.1.6.3 Salida Digital

El sensor de temperatura digital es el primero en integrar un sensor y un convertidor analógico digital en un solo chip de silicio. Por lo general no se prestan para mediciones estándar ya que su interfaz está diseñada para acoplarse a microprocesadores o microcontroladores. En la tabla 3-5 se pueden ver algunos de ellos.

Tabla 3-5 Sensores de temperatura con salida digital.

Salida	Sensor	Tolerancia (rango)	Comentarios
14 bit SPI	LM95071	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ (-45°C a 150°C)	Alta resolución (0.03°C) opera con 2.4-5.5V
2 comparadores con umbral definible	LM56	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $\pm 4^{\circ}\text{C}$ (-40°C a 125°C)	Termostato con dos salidas con histéresis
I ² C Serial, Resolución 9 bit o 0.5°C	LM75	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ (-55°C a $+125^{\circ}\text{C}$)	Conexión direccional múltiple. Especial para sistemas embebidos
Modulación de ancho de pulso	TMP03 TMP04	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ (-25°C a 100°C)	Salida nominal 35 Hz con relación 1:1 mark-space a 25°C
serial 2 o 3 cables, resolución 0.5°C	DS1620 DS1621	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0°C a 70°C) $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (-55°C a 125°C)	Además tiene salidas de termostato programadas digitalmente. Resolución posible $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$
Serial de 2 cables Resolución 0.3°C	DS1624	$\pm 5^{\circ}\text{C}$ (-55°C a 125°C)	Direccional, conexión múltiple. Tiene 256 bits de EEPROM
Serial de 1 cable Resolución 0.5°C	DS1820	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0°C a 70°C) $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (-55°C a 125°C)	Buena tolerancia sin calibrar, rango mayor a 0-70°C.
Serial de 1 cable Resolución 1°C	DS1821	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ (0°C a 70°C) $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (-55°C a 125°C)	Tiene un modo de termostato
Serial de 1 cable Resolución 0.5°C o 1°C	DS2435	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ (0°C a 127.5°C -40°C a 85°C)	Incluye un histograma temperatura / tiempo
Serial I ² C, Resolución 9 bit o 0.5°C	TCN75	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ (-55°C a $+125^{\circ}\text{C}$)	Reemplazo del LM75
SMBus Resolución 12 bit / 0.07°C	FM75	$\pm 4^{\circ}\text{C}$ -40°C a 125°C	Resolución variable, salida con umbral

3.1.1.6.4 Salida de resistencia y diodos simples

Estos son menos comunes que los anteriormente mencionados. En la tabla 3-6 se aprecian las características de estos. Los diodos simples, solo son diodos diseñados especialmente para medición de temperatura.

Tabla 3-6 Sensores de temperatura con salida de resistencia.

Salida	Sensor	Tolerancia (rango)	Comentarios
1K ó 2K a 25°C, +0.8%/°C	KTY81 KTY82 KTY83 KTY84 KTY85	±1°C to ±12°C (-55°C to +150°C some to 300°C)	Resistencia principal de silicio. Mantener la corriente de excitación >0.1mA y < 1mA
1K o 2K at 25°C, +0.8%/°C	KYY10 KTY11 KTY13	±1°C & ±3.5°C (-50°C a +150°C)	Resistencia principal de silicio

La ecuación del sensor con salida de resistencia para medir temperatura esta dada por:

$$R = R_r \left(1 + a(T - T_r) + b(T - T_r)^2 - c(T - T_i)^d \right)$$

donde R_r es la resistencia a temperatura T_r y a , b , c y d son constantes. T_i es un punto de inflexión de temperatura tal que $c = 0$ para $T < T_i$.

3.2 Piro sensores

3.2.1 Pirómetros de radiación.

El funcionamiento de los pirómetros de radiación está basado fundamentalmente en la ley de Stefan Boltzmann, la cual establece que la intensidad de energía térmica emitida por la superficie de un cuerpo negro varía con la cuarta potencia de su

temperatura absoluta del cuerpo. Todo esto significa resumiendo, que si sabemos la densidad energética de un gas de fotones conocemos también su temperatura.

Para lo cual se tiene, que todos los objetos cuya temperatura está sobre el cero absoluto emiten radiación. La longitud de onda correspondiente a esa emisión de radiación depende sobre todo de la temperatura del objeto emisor. Mientras más alta es la temperatura, más corta es la longitud de onda de la radiación emitida. La relación por segundo entre la temperatura de los objetos y la energía emitida por el área de la superficie, el flujo de la energía F , es descrita por la ley de Stefan-Boltzmann: [35] y [36].

$$F_{CN} = \sigma T^4$$

Desde el punto de vista de medición de temperaturas industriales, las longitudes de onda térmicas abarcan desde 0.1 micras para las radiaciones ultravioletas, hasta 12 micras para las radiaciones infrarrojas. Los pirómetros de radiación miden, pues, la temperatura de un cuerpo a distancia en función de su radiación ver Figura 3-11. Los instrumentos que miden la temperatura de un cuerpo en función de la radiación luminosa que éste emite, se denominan pirómetros ópticos de radiación parcial o pirómetros ópticos y los que miden la temperatura captando toda o una gran parte de la radiación emitida por el cuerpo, se llaman pirómetros de radiación total. [35]

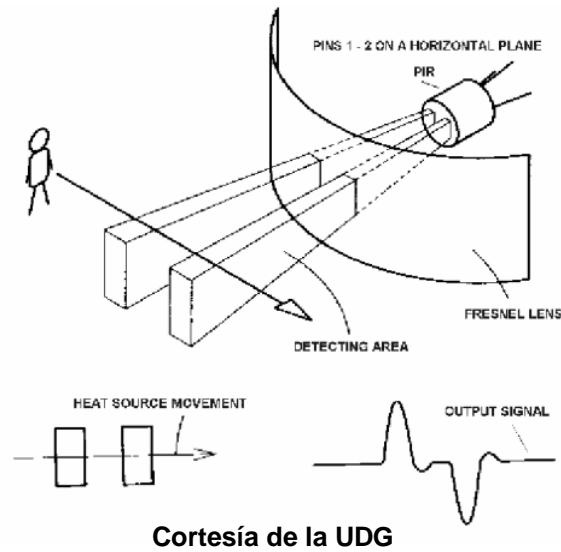


Figura 3-11 Detección de temperatura a distancia.

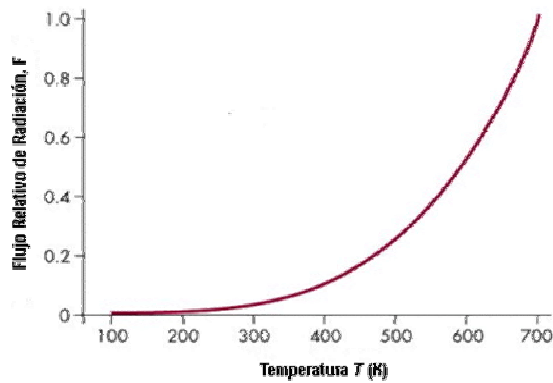


Figura 3-12 Área bajo de la curva de la ley Stefan Boltzmann.

3.2.2 Pirómetros Ópticos.

Los pirómetros ópticos manuales se basan en la desaparición del filamento de una lámpara al compararla visualmente con la imagen del objeto enfocado. Pueden ser de dos tipos:

- a. De corriente variable en la lámpara.
- b. De corriente constante en la lámpara con variación del brillo de la imagen de la fuente.

Los pirómetros ópticos automáticos son parecidos a los de radiación infrarrojos y consisten esencialmente en un disco rotativo que modula desfasadas, la radiación del objeto y la de una lámpara estándar que inciden en fototubo multiplicador. Este envía una señal de salida en forma de onda cuadrada de impulsos de corriente continua que coinciden en brillo la radiación del objeto y la de la lámpara. En este momento la intensidad de corriente que pasa por la lámpara es función de la temperatura. El factor de emisión de energía radiante depende mucho del estado de la superficie del cuerpo emisor; para un metal como el cobre pasa de 0.10 a 0.85 si el metal perfectamente cuenta con el valor de absorción de la superficie.

3.2.3 Pirómetros de Radiación total.

Los pirómetros de radiación total están formados por una lente de pyrex, sílice o fluoruro de calcio que concentra la radiación del objeto caliente en una termopila formada por varios termopares de Pt-Pt/Rd de pequeñas dimensiones y montado en serie. La radiación está enfocada incidiendo directamente en las uniones calientes de los termopares.

La fem que proporciona la termopila depende de la diferencia de temperaturas entre la unión caliente (radiación procedente del objeto enfocado) y la unión fría. Esta última coincide con la de la caja del pirómetro es decir, con la temperatura ambiente. La compensación de éste se lleva a cabo mediante una resistencia de níquel conectada en paralelo con los bornes de conexión del pirómetro.

La compensación descrita se utiliza para temperaturas ambientes máximas de 120°C. A mayores temperaturas se emplean dispositivos de refrigeración por aire o por agua, que disminuyen la temperatura de la caja en unos 10 a 40°C por debajo de la temperatura ambiente.

En la medición de bajas temperaturas la compensación se efectúa utilizando además una resistencia termostática adicional, que mantiene constante la temperatura de la

caja en unos 50°C, valor que es un poco más alto que la temperatura ambiente que pueda encontrarse y suficientemente bajo como para no reducir apreciablemente la diferencia de temperaturas útil.

El pirómetro puede apuntar al objeto bien directamente, bien a través de un tubo de mira abierto (se impide la llegada de radiación de otras fuentes extrañas) o cerrado (medida de temperatura en baños de sales para tratamientos térmicos, hornos) [35].

3.3 Sensores de humedad

La medición de la humedad relativa, consiste en la relación entre la presión parcial del vapor de agua en el gas de que se trate y la presión de saturación del vapor, a una temperatura dada. Por lo tanto la humedad relativa es función de la temperatura. La medición es expresada como un porcentaje [35].

Los sensores de humedad en su generalidad se utilizan para medir humedad relativa y son usados con frecuencia en sistemas donde la detección de humedad se vuelve crucial para el funcionamiento del equipo, ya que la mayoría de los circuitos que se exponen a humedades excesivas terminan dañados y con mal funcionamiento.

El escoger un sensor de humedad dependerá de la aplicación y el enfoque que tenga el sistema, así como su interconexión con otros sensores, multiplexores o microcontroladores.

3.3.1 Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos están basados en el principio de funcionamiento de un condensador (a veces denominado capacitor por el anglicismo), este es un dispositivo formado por dos conductores o armaduras, separados por un material dieléctrico, que sometidos a una diferencia de potencial adquieren una determinada carga eléctrica.

A esta propiedad de almacenamiento de carga se le denomina capacidad, y en el sistema internacional de unidades se mide en Faradios (F), siendo un Faradio la capacidad de un condensador en el que, sometidas sus armaduras a una diferencia de potencial de 1 Voltio, éstas adquieren una carga eléctrica de 1 *Coulomb*.

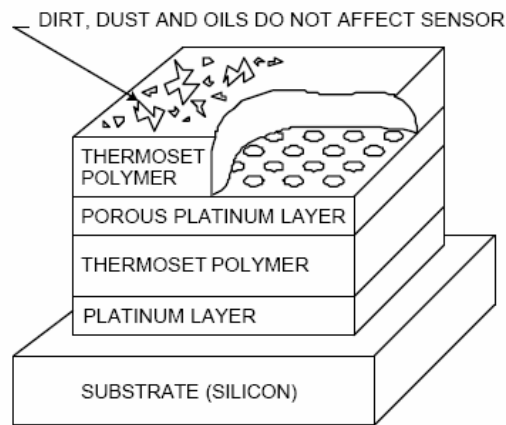
En esta ocasión el dieléctrico, por ejemplo el aire, cambia su permitividad con respecto a la humedad del ambiente [37].

Los cambios resultantes en la constante dieléctrica causa una variación en el valor de la capacidad del dispositivo por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad. Un cambio en la constante dieléctrica de aproximadamente el 30% corresponde a una variación de 0-100% en la humedad relativa [35].

Este tipo de sensores son apropiados para ambiente de alta temperatura ya que el coeficiente de temperatura es bajo y el polímero dieléctrico puede soportar altas temperaturas. Los sensores capacitivos son también apropiados para aquellas aplicaciones que requieren de un alto grado de sensibilidad en niveles bajos de humedad, donde su respuesta es relativamente rápida. A valores de humedad superiores al 85% el sensor tiene una tendencia a saturarse y su respuesta tiende a ser no lineal [35].

Sensores resistivos

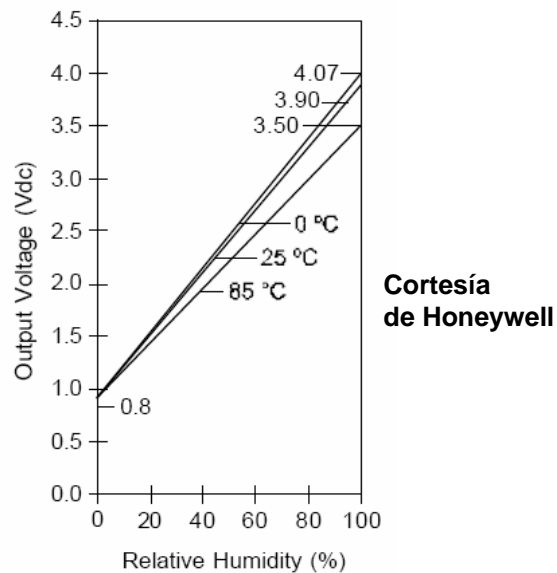
Están compuestos de un sustrato cerámico aislante sobre el cual se deposita una rejilla de electrodos Figura 3-12. Estos electrodos se cubren con una sal sensible a la humedad rodeada de una resina (polímero). La resina se recubre con una capa protectora (permeable al vapor de agua). A medida que la humedad atraviesa la capa de protección, el polímero es ionizado y estos iones se movilizan dentro de la resina. Cuando los electrodos son excitados por una corriente alterna, la impedancia del sensor se mide y es usada para calcular el porcentaje de humedad relativa [35].



Cortesía de Honeywell

Figura 3-13 Construcción del sensor

En la Figura 3-13 se aprecia la grafica de un sensor HIH3610 de Honeywell.



Cortesía de Honeywell

Figura 3-14 Salida de voltaje VS humedad relativa a 0 °C, 25 °C, 85 °C.

3.3.2 Circuitos Integrados

Los sensores de humedad integrados utilizan cualquiera de los dos métodos anteriores para obtener la lectura de la humedad, incorporando además algún tipo de

protocolo de comunicación para acoplarse a una computadora o microcontrolador y manipular los datos.

Por lo regular su salida es serial o compatible con el protocolo I2C, calibrados y rectificadas por el fabricante y con salida digital.

3.4 Sensores de Precipitación y Viento.

Este tipo de sensores como tales no existen, sino que se utiliza algún otro sensor para lograr el resultado deseado.

En el caso de los pluviómetros la gran mayoría utilizan interruptores magnéticos (Reed Switch) con un balancín calibrado para volcar con determinada cantidad de precipitación.

Los anemómetros utilizan también interruptores magnéticos para detectar un giro de las cucharas.

Las veletas o anemoscopios utilizan potenciómetros multivoltas para detectar la posición del anemoscopio.

Capítulo 4

METODOLOGÍA

4 Diagrama de bloques

La finalidad del proyecto es recolectar datos de diversos sensores, mas no almacenarlos. La manera en que los datos se despliegan para su lectura, es a través de un explorador de Internet tal como lo es el Internet Explorer o Mozilla Firefox.

Un mejor estudio del proyecto de tesis, se explica a continuación en un sencillo diagrama de bloques en la Figura 4-1, que ilustra como se despliegan de manera general los datos en un explorador Web.

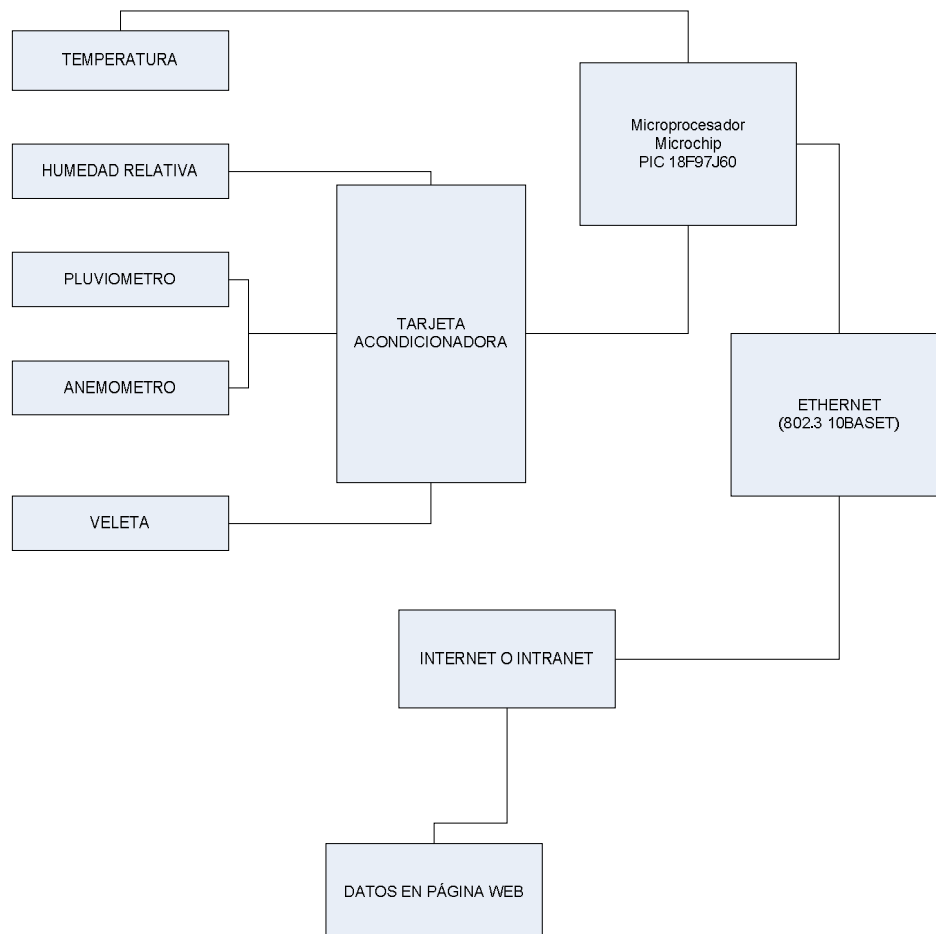


Figura 4-1 Diagrama de bloques del proyecto.

4.1 Temperatura

4.1.1 Sensor

Para propósitos de la lectura de temperatura se utilizará el sensor TC1047, por medio del diagrama de bloques mostrado en la Figura 4-2.

Diagrama de bloques.

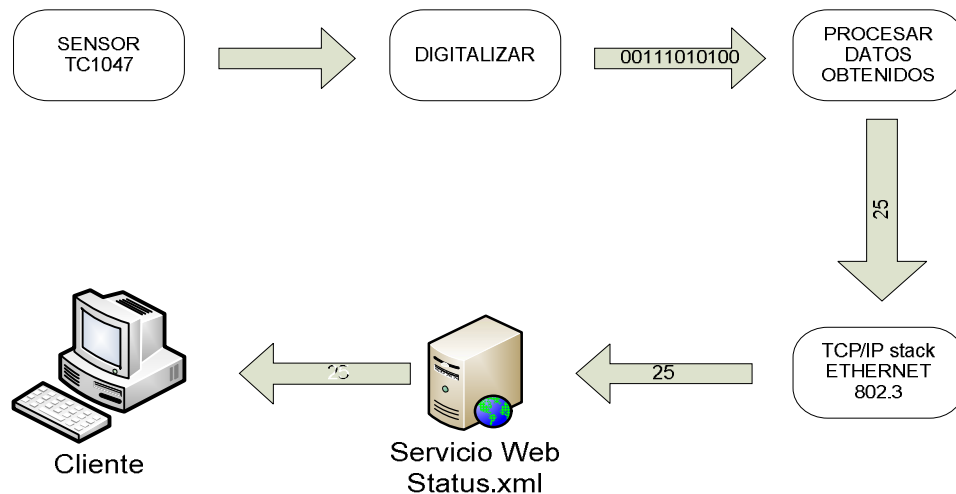


Figura 4-2 Diagrama de bloques para temperatura

4.1.2 Descripción y Funcionamiento

El TC1047 es un sensor de temperatura de salida lineal. El voltaje de salida es directamente proporcional a la temperatura medida. El circuito puede medir temperaturas desde -40°C a 125°C . El voltaje de alimentación puede variar entre 2.7v y 4.4v. El rango de la fuente de voltaje es de 2.5v hasta 5.5v.

El rango de voltaje de salida de este componente es de 100mV a -40°C , 500mv a 0°C , 750mv a 25°C , y 1.75v hasta 125°C . La respuesta de salida del sensor es de 10mV/ $^{\circ}\text{C}$.

Dado que es un componente de bajo consumo ($35\mu\text{A}$) y tamaño, ver Figura 4-3 las aplicaciones varían desde sensores para ventilador, celular o instrumentación.

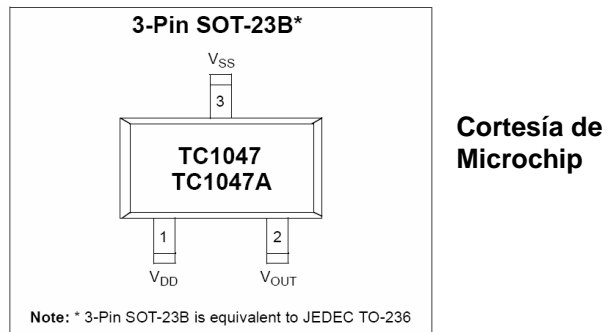


Figura 4-3 Configuración de Pines del TC1047

El voltaje de salida del sensor varía con 10mV por grado centígrado y el voltaje a 0° C es de 500mV,

$$V_{out} = \left((10mV/^\circ C) C \text{ Temperatura } ^\circ C \right) + 500mV$$

4.1.3 Acondicionamiento

El sensor de temperatura TC1047 está directamente conectado al pin AN3 del microprocesador PIC18F97J60 por lo que no es necesario que se le dé un acondicionamiento.

4.1.4 Fórmulas y procesamiento (PIC18f97J60)

De acuerdo al Manual del microprocesador PIC18f97J60, se describe el funcionamiento del convertidor analógico/digital que se utilizó para la digitalización de la temperatura a través del puerto AN3.

“El convertidor Analógico digital tiene 16 entradas para los componentes de 100 pines. Este módulo permite la conversión de una señal analógica de entrada a un número de 10 bits correspondiente.

El módulo tiene cinco registros:

- Registro de resultado (ADRESH) para el byte alto.
- Registro de resultado (ADRESL) para el byte bajo.
- Registro de Control 0 (ADCON0)

- Registro de Control 1 (ADCON1)
- Registro de Control 2 (ADCON2)

El registro ADCON0 se muestra en la tabla 4-1.

Tabla 4-1 Registro ADCON0: Registro de control 0 A/D.

R/W-0	U-0	R/W	0	R/W	0	R/W	0
ADCAL	-----	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
Bit7							Bit0
Legend:							
R=Readable		W=Writable		U=Unimplemented			
-n=Value at POR		1= bit set		0= bit cleared		X= Don't care	
Bit	Descripción						
Bit 7	ADCAL: A/D bit de calibración 1 = La calibración se realiza en la siguiente conversión A/D. 0 = Operación normal del convertidor A/D (no se realiza la conversión)						
Bit 6	Unimplemented: Read as '0'						
Bit 5-2	CHS3:CHS0: bits de canal de selección						
	0000 = Channel 0 (AN0)						
	0001 = Channel 1 (AN1)						
	0010 = Channel 2 (AN2)						
	0011 = Channel 3 (AN3)						
	0100 = Channel 4 (AN4)						
	0101 = Channel 5 (AN5)(1,3)						
	0110 = Channel 6 (AN6)						
	0111 = Channel 7 (AN7)						
	1000= Channel 8 (AN8)						
	1001 = Channel 9 (AN9)						

Tabla 4-2 Registro ADCON0: Registro de control 0 A/D Continúa.

Bit	Descripción
	1010 = Channel 10 (AN10)
	1011 = Channel 11 (AN11)
	1100 = Channel 12 (AN12)(2,3)
	1101 = Channel 13 (AN13)(2,3)
	1110 = Channel 14 (AN14)(2,3)
	1111 = Channel 15 (AN15)(2,3)
Bit 1	GO/DONE: A/D Bit de status de conversión bit Cuando ADON = 1: 1 = A/D conversión en progreso 0 = A/D Modo Espera
Bit 0	ADON: A/D On bit 1 = A/D módulo de conversión habilitado 0 = A/D módulo de conversión deshabilitado

La referencia de voltaje análogo se selecciona por software para una fuente de voltaje positiva o negativa, o selecciona el nivel de voltaje en los pines RA3/AN3/V_{REF+} y RA2/AN2/V_{REF-}.

Cada pin del puerto asociado con el Convertidor Analógico/Digital puede ser configurado como una entrada analógica o como digital. Los registros ADRESL y ADRESH contienen el resultado de la conversión. Cuando la conversión se ha completado, el resultado se carga dentro de los registros par ADRESL: ADRESH, el bit GO/DONE (ADCON0<1>) se limpia y el bit de bandera de interrupción ADIF, es puesto.

Después de haber configurado el módulo Analógico/Digital como se desea, el canal debe seleccionarse antes de que la conversión empiece. Los canales de entrada análogos deben tener los correspondientes bits del registro TRIS configurados como entradas. Después de que el tiempo de adquisición ha terminado la conversión Analógico/Digital puede comenzar la lectura.

Los siguientes pasos describen como realizar una conversión con el módulo Analógico/Digital:

1. Configurar el módulo Analógico/Digital.
 - a. Configurar los pines analógicos, referencias de voltaje y digital de entrada y salida (ADCON1)
 - b. Seleccionar el canal de entrada (ADCON0)
 - c. Seleccionar el tiempo de adquisición (ADCON2)
 - d. Seleccionar el reloj de conversión (ADCON2)
 - e. Encender el módulo de Analógico/Digital (ADCON0)
2. Configurar las interrupciones Analógico/Digital
 - a. Limpiar el bit ADIF
 - b. Poner el bit ADIE = 1
 - c. Poner el bit GIE a 1
3. Esperar a que termine el tiempo de adquisición
4. Comenzar las conversiones.
 - a. Poner el bit GO/DONE (ADCON<1>) a 1
5. Esperar que la conversión de Analógico/Digital se complete.
 - a. Esperar a que el bit GO/DONE se limpie ó
 - b. Esperar la interrupción del Analógico/Digital
6. Leer los registros con los resultados (ADRESH:ADRESL)
 - a. Limpiar el bit ADIF si es necesario.
7. Para la siguiente conversión ir a los pasos 1 o 2 según se requiera. El tiempo de conversión está definido como TAD. Un mínimo de espera de 2 TAD se requiere antes de que la siguiente conversión comience".[35]

Dado que el sensor incrementa en 10 mV por °C y se tiene para:

100 mV -40 °C

500 mV 0 °C

750 mV 25 °C

Para mostrar el resultado en ° Centígrados se debe obtener la medida del voltaje en el sensor, convirtiendo el valor analógico proporcionado por el sensor TC1047 en el puerto AN3 en su correspondiente digital (entre 0 - 1023).

Después de haber digitalizado el valor del voltaje con los pasos anteriormente citados, se procede a realizar un acondicionamiento de la siguiente manera: [36]

$$mV = \left(\frac{ADResult}{1024} \right) * Vsource$$

donde:

ADResult = valor del sensor digitalizado

Vsource = voltaje de alimentación del sensor en *mV* ejemplo: 3.6 V = 3600 mV.

Al valor obtenido se le resta 500 mV (500 mV = 0 °C) y se divide entre 10 para obtener la temperatura en °C.

Una fórmula alternativa para la solución del problema es:

$$\left((ADResult * Vsource) / 1024 \right) - 50$$

El resultado debe guardarse en una variable tipo WORD la cual tiene como valor máximo 65535. El producto resultante de la operación *ADResult * Vsource* puede exceder los límites de la variable y el resultado obtenido será basura de la memoria, por lo que el primer paso antes de realizar la multiplicación es eliminar 500 mV, lo cual se hizo de la siguiente manera:

$$0^{\circ}C = \left(\frac{500}{Vsource} \right) * 1024 = 157$$

Donde 157 es el valor representado en 10 bits de 0 °C ó 500 mV, los cuales se restan al sensor para obtener el valor en °C:

$$Celcius = ((ADval - 157) * 325) / 1024$$

Reescribiendo la fórmula:

$$Celcius = ((ADval - 157) * 325) >> 10$$

Donde:

ADval = El valor del sensor en su correspondiente representación de 10 bits obtenido del registro del microcontrolador.

157 = 500 mV representados en 10 bits.

325 = *Vsource* Voltaje de alimentación del sensor (3.25 Volts de lectura)

4.2 Humedad.

4.2.1 Sensor

El sensor de humedad seleccionado para este propósito se muestra en la Figura 4-4 y a continuación se da su descripción y funcionamiento por medio del diagrama a bloques de la Figura 4-5.



Figura 4-4 Sensor FOST02/FOST02A

4.2.2 Diagrama de bloques

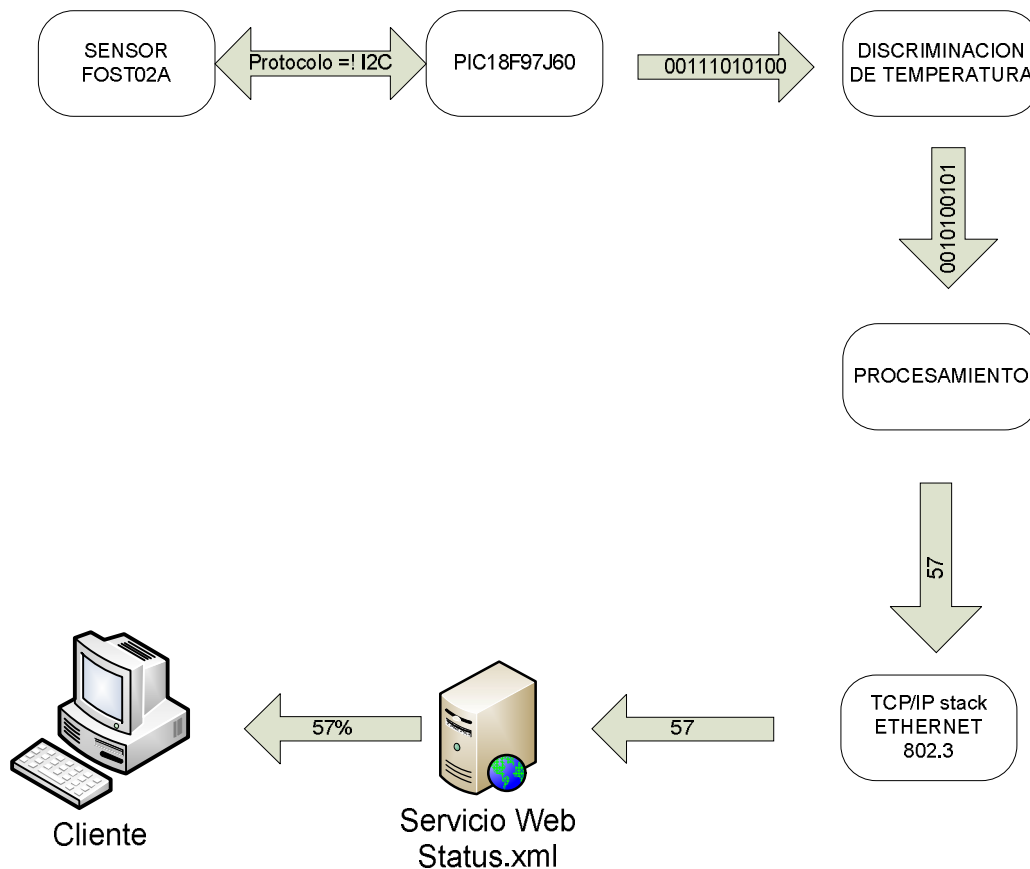


Figura 4-5 Diagrama de bloques para medición de humedad.

4.2.3 Descripción y funcionamiento

A continuación se presenta un resumen de la información contenida en el anexo dos, el cual describe con precisión el sensor de temperatura que será utilizado, para obtener las medidas correspondientes de temperatura y humedad relativa.

“Este es un módulo sensor de temperatura y humedad relativa, con salida digital calibrada. El componente incluye un polímetro capacitivo, elemento sensible para la humedad relativa y un sensor de temperatura. Los dos están unidos con un convertidor analógico digital de 14 bits y un circuito de

interfaz serial en el mismo chip. El resultado es un chip de señal de alta calidad y respuesta inmediata e insensible a ondas de interferencia (EMC).

El módulo se puede adquirir en dos versiones: FOST02/02A. De los cuales el FOST02A es empaquetado DIP (Figura 4-6) y el FOST02 es empaquetado SMD (Figura 4-7).

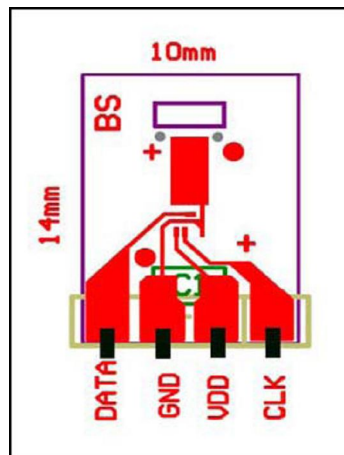


Figura 4-6 FOST02A Dip

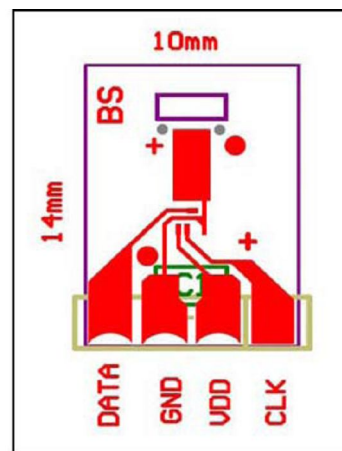


Figura 4-7 FOST02 SDM

En la tabla 4-2 se aprecia la configuración de los pines del sensor de humedad:

Tabla 4-3 Configuración de pines FOST02/FOST02A

PIN	NOMBRE	COMENTARIO
1	DATA	Datos serializados, bidireccionales.
2	GND	Tierra
3	VDD	Voltaje positivo: 2.4 a 5.5
4	CLK	Entrada de reloj
	NC	Los pines restantes deben permanecer sin conexión.

Para la adquisición y/o comunicación con el sensor es necesario seguir los pasos siguientes:

Comienzo de transmisión.

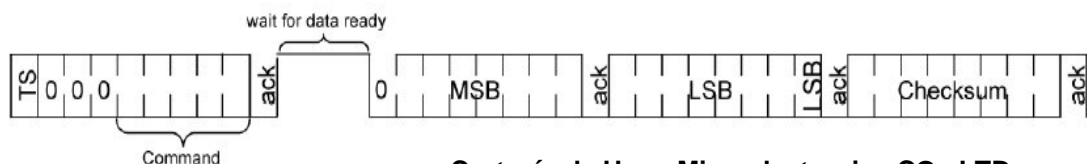
Para comunicarse con el SHT11 lo primero que hay que hacer es mandar una secuencia de Inicio de Transmisión "*Transmission Start*". Ésta consiste en poner a cero lógico la línea de datos mientras SCK está a uno, seguidamente se genera un pulso bajo en SCK mientras la línea DATA sigue a cero y para finalizar se pone a 1 DATA mientras SCK está a 1, seguidamente se baja a cero también SCK y finaliza la secuencia dejando la línea de datos y *Clock* en los estados lógicos por defecto, DATA en estado alto y SCK en estado bajo ver Figura 4-8.



Figura 4-8 Comienzo de transmisión "*Transmission Start*"

Secuencia de comando.

El comando siguiente a enviar consiste de tres direcciones de bits y cinco bits de comando. El FOSTxx indica la correcta recepción de un comando poniendo el pin DATA en bajo (ACK bit) después del flanco de bajada del 8º SCK de reloj. El sensor toma el control de la línea de datos y la pone en alto después del flanco de bajada del 9º SCK de reloj cuando ha terminado de realizar la medición ver Figura 4-9.



Cortesía de Hope Microelectronics CO., LTD.

Figura 4-9 Secuencia de comando.

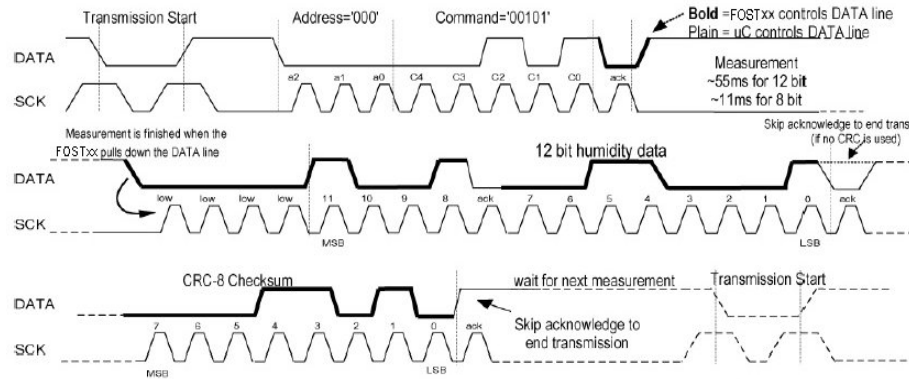
Después de enviar el comando hay que configurar como entrada el puerto del microcontrolador conectado a DATA del FOST02 y generar una señal de CLOCK para que el sensor mande el bit de ACK (*acknowledge*) y éste lo hará poniendo la línea a nivel bajo, ya que como se dijo mas arriba la línea de datos esta polarizada a VCC, por lo tanto siempre hay un 1 lógico en ella y lo que hace el FOST02 es forzar a 0 lógico con su salida a colector abierto. Los comandos a transmitir pueden consultarse en la tabla 4-2:

Tabla 4-4 Secuencia de comandos para FOST02.

Comando	Código
Reservado	0000x
Medir Temperatura	00011
Medir Humedad	00101
Leer Registro Status	00111
Escribir al Registro Status	00110
Reservado	0101x- 1110x
Soft Reset, reinicia la interfaz, limpia el registro Status a sus valores de fábrica, espera 11 ms para el siguiente comando	

Secuencia de Medición.

Después de que el comando de medición es enviado ('00000101' para la HR, '00000011' para la Temperatura Figura 4-10) el control tiene que esperar a completar la medición. Esto toma aproximadamente 11/55/210 ms por una medida de 8/12/14 bit. El tiempo exacto varía por arriba de $\pm 15\%$ con la velocidad el oscilador interno. Para señalar el término de la medición, el FOSTxx pone en bajo la línea de DATA y entra al modo inactivo. El microcontrolador debe esperar para la señal de "*data ready*" antes de reiniciar el SCK para leer el dato. Los datos medidos son almacenados hasta la lectura, luego entonces el microcontrolador puede continuar con otras tareas y lecturas como sea conveniente.



Cortesía de Hope Microelectronics CO., LTD.

Figura 4-10 Secuencia de medición para humedad relativa, comando '0000', '1001' y valor '0011' '0001' = 2353 = 75.79% HR Sin compensación de temperatura

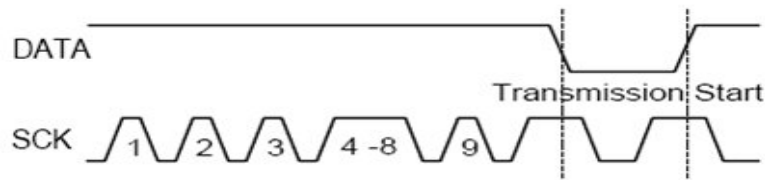
Dos bytes de datos y uno de CRC *checksum* serán transmitidos. El microcontrolador debe avisar de cada byte poniendo la línea DATA en bajo. Después de esto se puede leer otro byte.

La comunicación termina después del conocimiento del bit CRC data. El componente automáticamente regresa al modo de “reposo” después que la medida y la comunicación ha terminado.

Nota: Para la prevención de sobrecalentamiento del componente, este no debe estar activo más del 10% del tiempo, por ejemplo no más de dos mediciones por segundo.

Para que la interfaz sea reseteada se debe hacer lo siguiente (Figura 4-11):

1. Dejando alto el DATA, después del 9^o SCK o más.
2. Se pone en alto DATA durante 9 o más SCK.
3. Después se manda un comienzo de transmisión o “Transmission Start” [40].



Cortesía de Hope Microelectronics CO., LTD.

Figura 4-11 Secuencia de Reset.

4.2.4 Acondicionamiento

De acuerdo al manual del sensor FOST02A es necesario colocar una resistencia en el pin DATA como se muestra en la Figura 4-12, ya que el pin DATA corresponde a la salida/entrada de datos para comandar y leer el sensor y es un pin triestado por lo que necesita de una resistencia de polarización a Vcc (push-up).

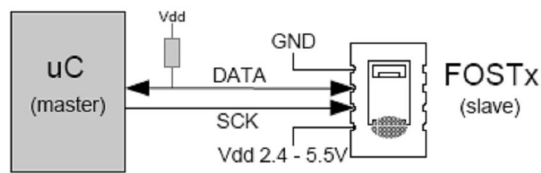


Figura 4-12 Circuito de aplicación típico.

4.2.5 Fórmulas y procesamiento.

Las fórmulas que se utilizan en el programa son sugeridas por el fabricante en la hoja de datos del sensor y sus coeficientes se pueden verificar en las tablas 4-4 y 4-5:

$$RH_{lineal} = C_1 + C_2 * SO_{RH} + C_3 * SO_{RH}^2$$

Tabla 4-5 Coeficientes de conversión de Humedad

SO _{RH}	C1	C2	C3
8bit	-4	0.648	-7.2*10 ⁻⁴

$$RH_{true} = (T^{\circ}C - 25)(t_1 + t_2 * SO_{RH}) + RH_{lineal}$$

Tabla 4-6 Coeficientes de compensación de temperatura

SO _{RH}	t1	t2
8bit	0.01	0.00008

El procedimiento utilizado para la comunicación se muestra en el diagrama de la Figura 4-13 y una descripción de las funciones del protocolo se encuentra en la tabla 4-6.

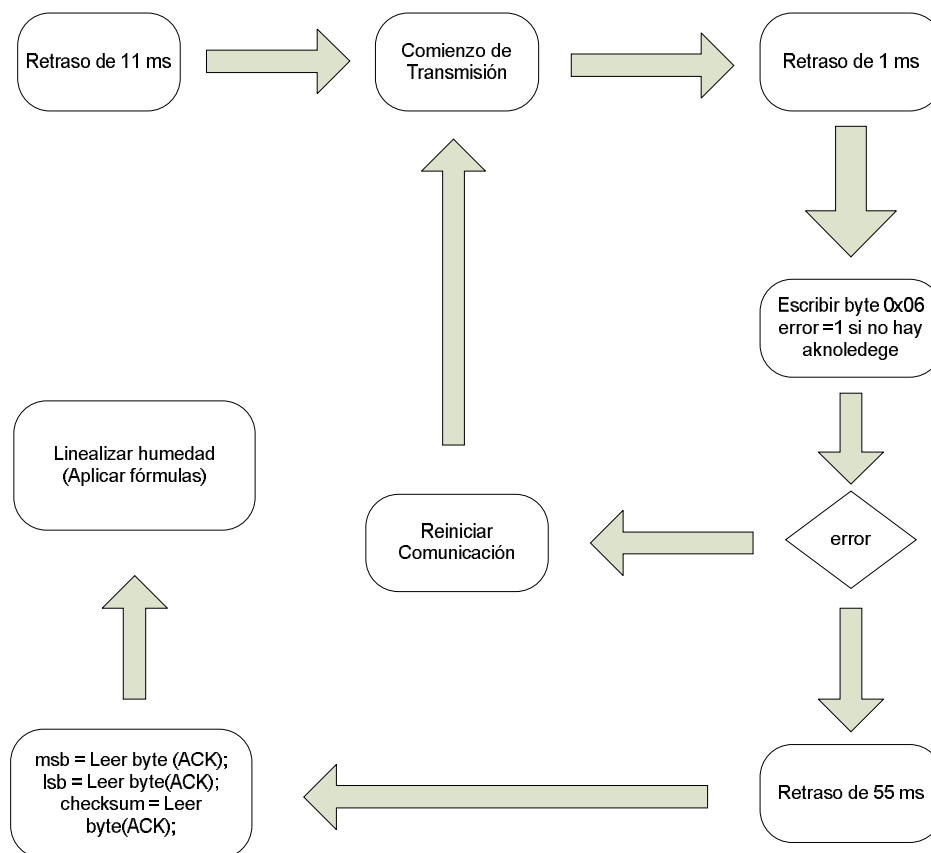


Figura 4-13 Procedimiento del protocolo de comunicación implementado.

Tabla 4-7 Descripción de funciones implementadas en el protocolo de comunicación.

Función	Descripción	Valores de retorno
Retraso	Función que ejecuta instrucciones para perder tiempo equivalente a 1 ms aproximadamente	Ninguno
Comienzo de transmisión	Función que manda el comando <i>transmission Start</i> al sensor de humedad	Ninguno
Escribir byte	Función que manda al sensor de humedad el comando específico para medir humedad.	error. Si el sensor baja la línea a 0 si entiende el comando de lo contrario se queda en 1.
Leer byte	Función que lee los bits enviados por el sensor, uno a uno y da un bit de <i>acknowledge</i> si el parámetro recibido es 1.	val la función regresa el valor que adquiere del sensor.
Reinicio de comunicación	Función que genera 9 ciclos de reloj con la línea de data en alto y seguido manda llamar la función: Comienzo de transmisión.	Ninguno
Linealizar humedad	Función que recibe como parámetros la humedad y la temperatura para implementar la formula <i>RHlineal</i> y hacer la discriminación de temperatura en caso de utilizar la formula de compensación de temperatura <i>RHtrue</i>	rh_true La humedad relativa calculada.

4.3 Pluviómetro (lluvia)

4.3.1 Sensor

El sensor usado para este propósito es el Rain Collector II, de Davis, el cual puede apreciarse en la Figura 4-14 y el diagrama de bloques utilizado se muestra en la Figura 4-15.



Figura 4-14 Pluviómetro Rain Collector II

4.3.2 Diagrama de Bloques

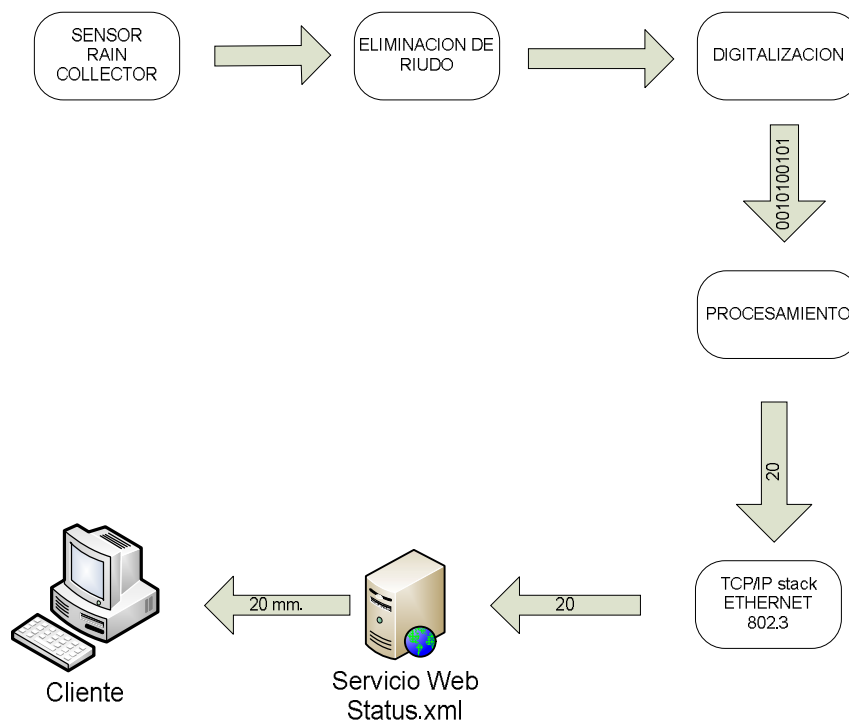


Figura 4-15 Diagrama de bloques del pluviómetro.

4.3.3 Descripción y funcionamiento

El sensor Rain Collector está diseñado para cubrir todos los lineamientos que la Organización Meteorológica Mundial dicta para este fin.

En su funcionamiento interno se puede observar que el colector de lluvia (pluviómetro) opera de la siguiente forma:

1. El agua de la lluvia entra por el cono del colector y pasa a través de filtros.
2. El agua es recolectada en una de las dos cámaras del balancín.
3. El balancín se ladea cuando ha recolectado una cantidad de 0.01" ó 0.2 mm.
4. Como el balancín se ladea, esto causa un cierre de un switch tipo reed (magnético). Dejando a la otra cámara del balancín en posición para recibir la lluvia.
5. La lluvia que ha sido medida, se drena hacia fuera por medio de unos coladores.

El colector está diseñado para años de exactitud y libre de mantenimiento. El cuerpo y base son construidos con materiales fuertes y resistentes a los rayos ultra violeta del sol y resiste vientos por arriba de los 200 km/hr.

4.3.4 Acondicionamiento

El acondicionamiento de este sensor se llevó a cabo según la Figura 4-16:

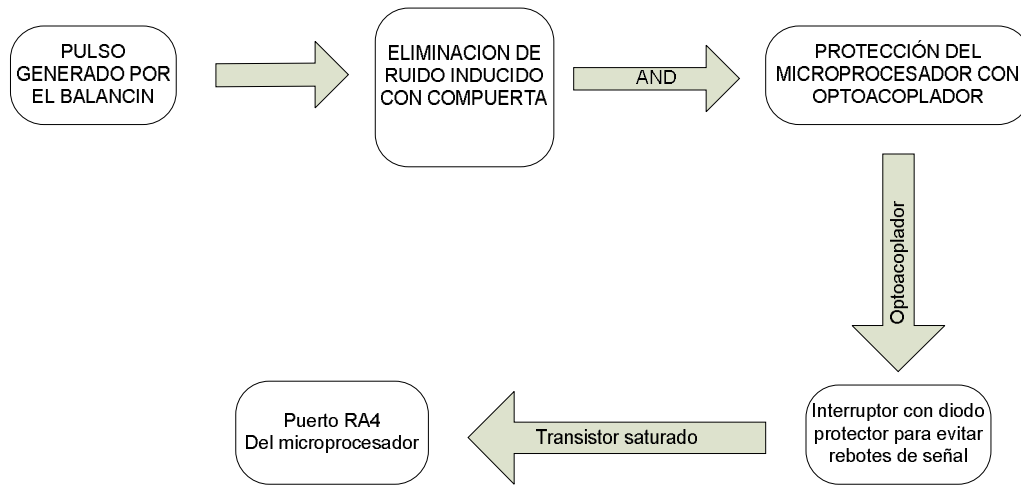


Figura 4-16 Acondicionamiento del anemómetro.

El pulso generado por el movimiento del balancín tiene ruido estático que altera el conteo del timer0 del microprocesador, incrementándolo con ruido en vez de pulsos reales.

Para eliminar este ruido se utilizó una compuerta AND 74HC11. De tal modo que mandara un pulso de 5 volts cuando el balancín cierre el switch. La salida de esta compuerta esta conectada a un optoacoplador para aislar el ruido que puede inducirse en el cable, sobretodo cuando la longitud del cable es considerablemente grande.

En la etapa posterior se utiliza un optoacoplador 4N25 para mandar el pulso a un transistor que funciona como switch.

La etapa después del optoacoplador utiliza un transistor PNP como switch para asegurar que los pulsos sean cuadrados. Al final se utiliza un diodo zener de 4.5 V ó

5 V para proteger el puerto RA4 (timer0) de la tarjeta PICDEM2.net contra sobrevoltaje.

4.3.5 Fórmulas y procesamiento

El microprocesador se configuró con el timer0 para que incremente en uno cada flanco de bajada que detecte en el puerto RA4 y multiplica la variable por 0.2 ya que el sensor está configurado para volcar cada 0.2 milímetros de lluvia, de modo que la fórmula queda de la siguiente manera:

$$pluviometro = TMR0 * 0.2$$

4.4 Veleta

4.4.1 Sensor

El sensor de dirección de viento está integrado al Anemómetro 7911 de Davis como se puede apreciar en la Figura 4-17. Y se implementó el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 4-18.



Figura 4-17 Anemómetro 7911 de Davis con veleta incluida.

4.4.2 Diagrama de Bloques

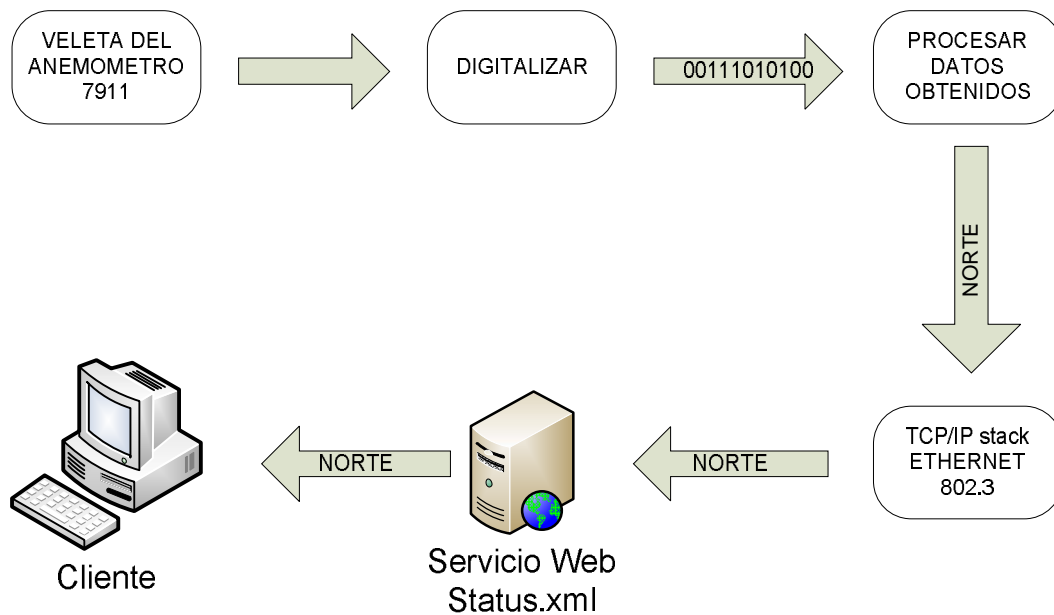


Figura 4-18 Diagrama de bloques del sensor de dirección de viento.

4.4.3 Descripción y funcionamiento

El sensor de viento es una veleta de una pala con potenciómetro multivoltas de 20k Ω que determina la posición de la veleta con relación a la resistencia eléctrica del potenciómetro.

4.4.4 Acondicionamiento

El potenciómetro multivoltas de la veleta se conecta directamente sin acondicionamiento al puerto RA2 para la digitalización.

4.4.5 Fórmulas y procesamiento

Para la determinación de la dirección de viento se digitaliza el valor obtenido del sensor directamente del puerto RA2 del microprocesador, del mismo modo que se digitaliza la temperatura.

Una vez obtenido el valor de la resistencia en su correspondiente digital se discriminan los valores para determinar en que rango se encuentra el Norte, Sur, Este y Oeste, así como las direcciones intermedias entre estos.

4.5 Anemómetro

4.5.1 Sensor

El anemómetro esta integrado al sensor 7911 de Davis como se puede apreciar en la Figura 4-19 del tema anterior. Y un circuito convertidor de frecuencia a voltaje.



Figura 4-19 Anemómetro 7911 de Davis con veleta incluida.

4.5.2 Diagrama de Bloques

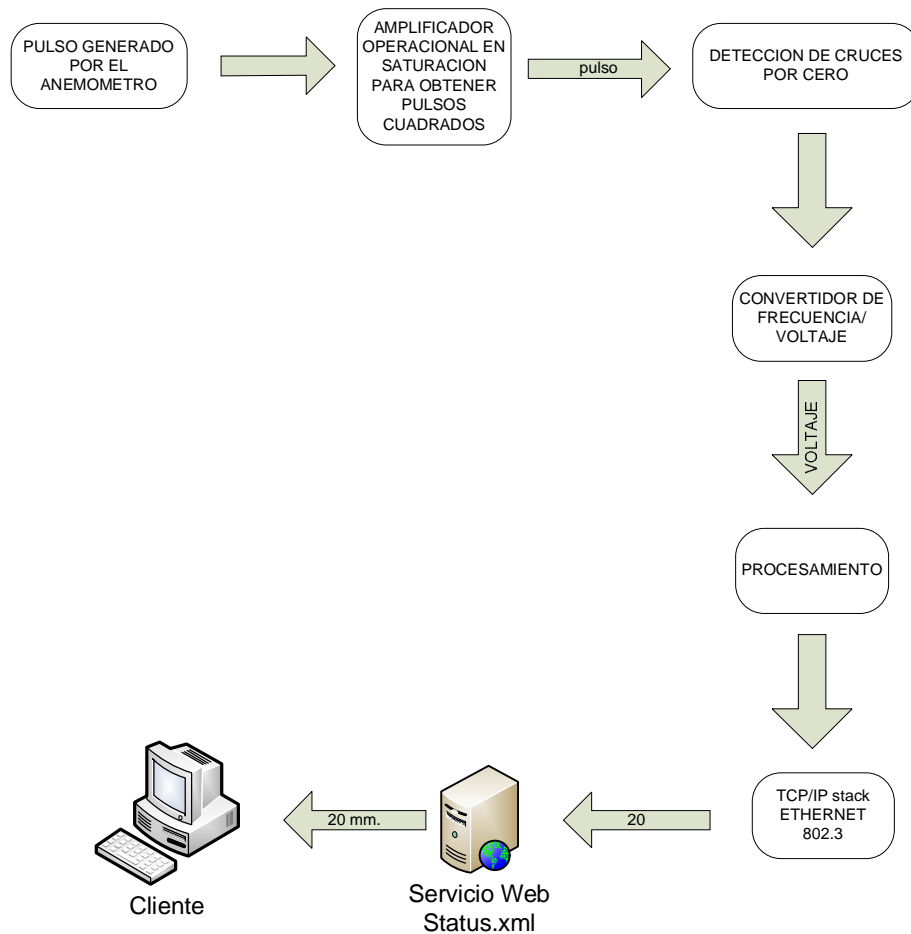


Figura 4-20 Diagrama de bloques del sensor de velocidad de viento.

4.5.3 Descripción y funcionamiento

El funcionamiento del anemómetro es con cucharas, parecido al tipo Robinson y de interruptor magnético de giro. Es capaz de detectar velocidades desde los 3 a 241 km/hr, con cucharas largas, con cucharas cortas detecta velocidades de 5 a 282 km/hr. Su nivel de error es de ± 3 km/hr, para cucharas largas y para las cortas ± 5 Km/hr.

Ya que el anemómetro genera pulsos con cada giro se planea medir la frecuencia de estos para obtener la velocidad. Y se tiene que la relación entre la velocidad del viento y la velocidad de rotación esta dada por:

$$Hz = Vv/3.6 * Bp * 2 * \Pi$$

y por:

$$Vv = 3.6 * Bp * 2 * \Pi * Hz$$

Donde:

Hz: velocidad de giro en 1/seg o Hz (Cierre del interruptor magnético)

Vv: Velocidad del viento en km

Bp: Distancia entre el centro de la coperola y el eje de giro

Para conseguir este resultado se necesitará un convertidor de frecuencia a voltaje. En las hojas de datos del circuito integrado LM2907 se encuentra la siguiente información.

El LM2907 es un circuito convertidor de frecuencia a voltaje con un amplificador operacional utilizado como comparador de alta ganancia diseñado para manejar un relé, lámpara, u otra carga cuando la frecuencia de entrada alcanza o excede un rango seleccionado.

El comparador es totalmente compatible con el tacómetro y tiene un transistor flotante como su salida. Este rasgo permite una fuente referenciada a tierra por encima de los 50 mA. El colector puede ser tomado por encima de V_{cc} hasta un máximo V_{ce} de 28V.

Las dos configuraciones básicas ofrecidas incluyen un dispositivo de 8 pines con una entrada del tacómetro referenciada a tierra y una conexión interna entre la salida del tacómetro y la entrada no inversora del opam. Esta versión bien es satisfecha para la velocidad sola, o la conmutación de frecuencia, o la frecuencia totalmente protegida a usos de conversión de voltaje.

Para determinar el voltaje de salida con respecto a la frecuencia se debe utilizar la fórmula dada por el fabricante:

$$V_{out} = F_{in} * V_{cc} * R1 * C1$$

4.5.4 Acondicionamiento

El anemómetro en su interior tiene un interruptor magnético el cual produce pulsos semi cuadrados con mucho ruido, por lo que es necesario acondicionar esta etapa, ya que el circuito convertidor de frecuencia a voltaje es capaz de detectar picos de 250 mVp-p @ 1kHz y convertirlos.

Para lograr acondicionar esta etapa se utilizó un Amplificador Operacional en Saturación para obtener señales cuadradas de 5V y -5V. El diagrama se puede observar en la Figura 4-21.

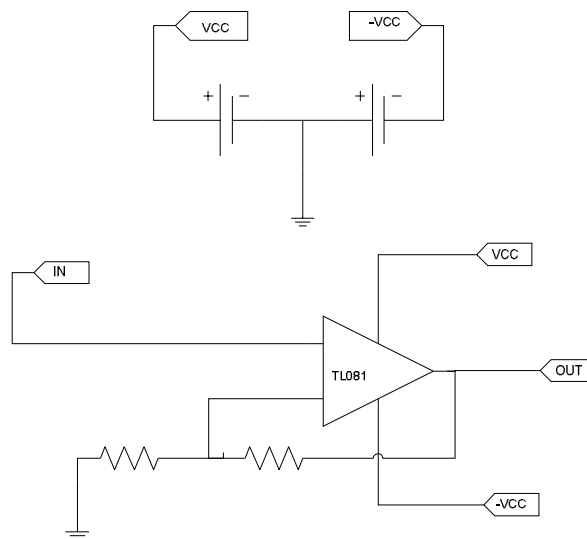


Figura 4-21 Amplificador simétrico en saturación

La fuente de alimentación de este circuito debe ser simétrica para lograr picos de +Vcc y -Vcc, con la finalidad de que al cierre del circuito magnético del anemómetro la señal se haga cuadrada y a continuación el convertidor de frecuencia a voltaje detecte los cruces por cero.

El diagrama del convertidor se muestra a continuación en la Figura 4-22. Este esquema es el sugerido por el fabricante y que puede encontrarse en las hojas de datos como “Tacómetro de componentes mínimos”.

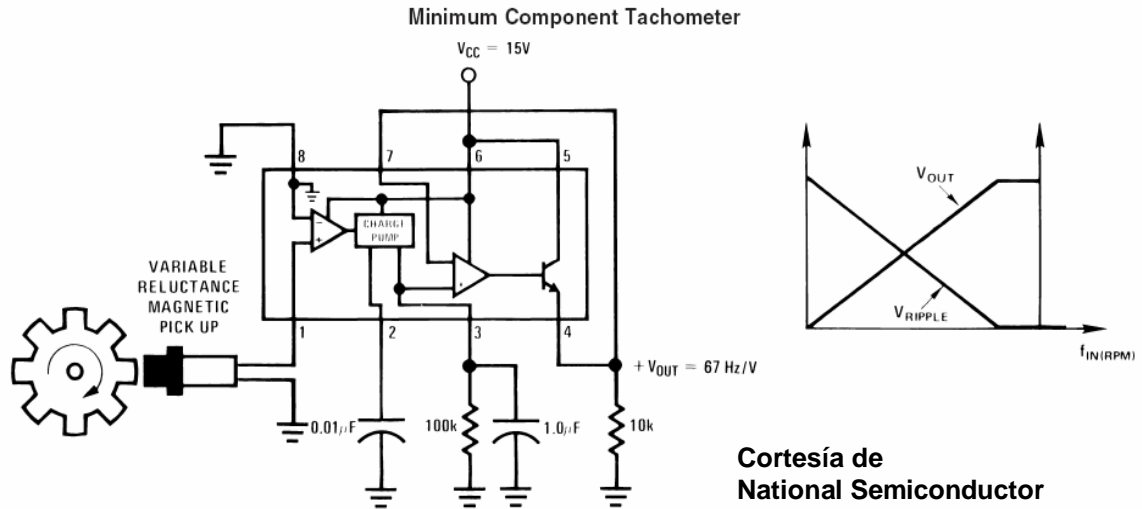


Figura 4-22 Tacómetro de componentes mínimos

La siguiente etapa está constituida por un Amplificador no inversor de ganancia 1.68, ya que el voltaje registrado al final del convertidor, es muy pequeño para la digitalización del convertidor analógico/digital. A continuación en la Figura 4-23 se muestra el diagrama.

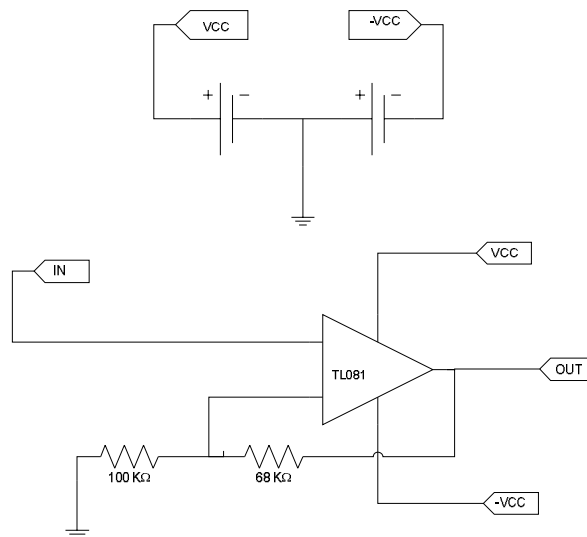


Figura 4-23 Amplificador no inversor de ganancia 1.68

4.5.5 Fórmulas y procesamiento.

La implementación de las formulas se llevó a cabo del siguiente modo:

El fabricante propone utilizar una configuración de hardware para obtener 67Hz/Volt , sin embargo como el circuito se alimenta con 5 volts, el voltaje de salida obtenido según la formula es de 200Hz/Volt

$$V_{out} = F_{in} * V_{cc} * R1 * C1$$

Donde:

$R1 = 100\text{K}$

$C1 = 0.01\mu$

$V_{cc} = 5\text{ Volts}$

Para la digitalización del voltaje de salida se implementa la formula:

$$KmHr = \left[\frac{\left(\left(\frac{ADVal * 10}{1023} \right) * 280 \right)}{10} \right] + 5$$

Donde:

$ADVal$ = El valor del sensor en su correspondiente representación de 10 bits obtenido del registro del microcontrolador.

4.6 Módulo de Ethernet

El microcontrolador incluye un controlador embebido Ethernet. La conectividad incluye módulos de Control de Acceso al Medio (MAC) y transceptor de Capa Física (PHY). Para conectar el microcontrolador a una red de área local sólo es necesario dos transformadores de pulso y algunos componentes pasivos.

El módulo consiste de cinco bloques:

1. Transceptor PHY que codifica y decodifica los datos analógicos que están presentes en el par trenzado. Envía y recibe.
2. El modulo MAC implementa el estándar IEEE 802.3 y que provee la Interfaz de Mantenimiento Independiente del Medio (MIIM) para controlar el PHY.
3. Un buffer independiente de 8 Kbytes de RAM para almacenar los paquetes recibidos y que serán enviados. Este buffer no puede ser accesado directamente por el microcontrolador. Los datos entre el módulo ethernet y el microcontrolador son transferidos usando el buffer y punteros a registros mapeados en el espacio de los Registros de Funciones Especiales (SFRs).
4. Un semáforo para controlar el acceso al buffer de la Ram cuando las peticiones vienen del núcleo del microcontrolador.
5. La interfaz de registros que funciona como un intérprete de comandos entre el módulo y los SFRs del microcontrolador.

4.6.1 Conexiones Físicas

El microcontrolador PIC18F97J60 provee de una interfaz ethernet dedicada y que no está multiplexada con otras funciones. Los pines son:

TPIN +: Entrada diferencial positiva del par trenzado.

TPIN -: Entrada diferencial negativa del par trenzado.

TPOUT +: Salida diferencial positiva del par trenzado.

TPOUT -: Salida diferencial negativa del par trenzado.

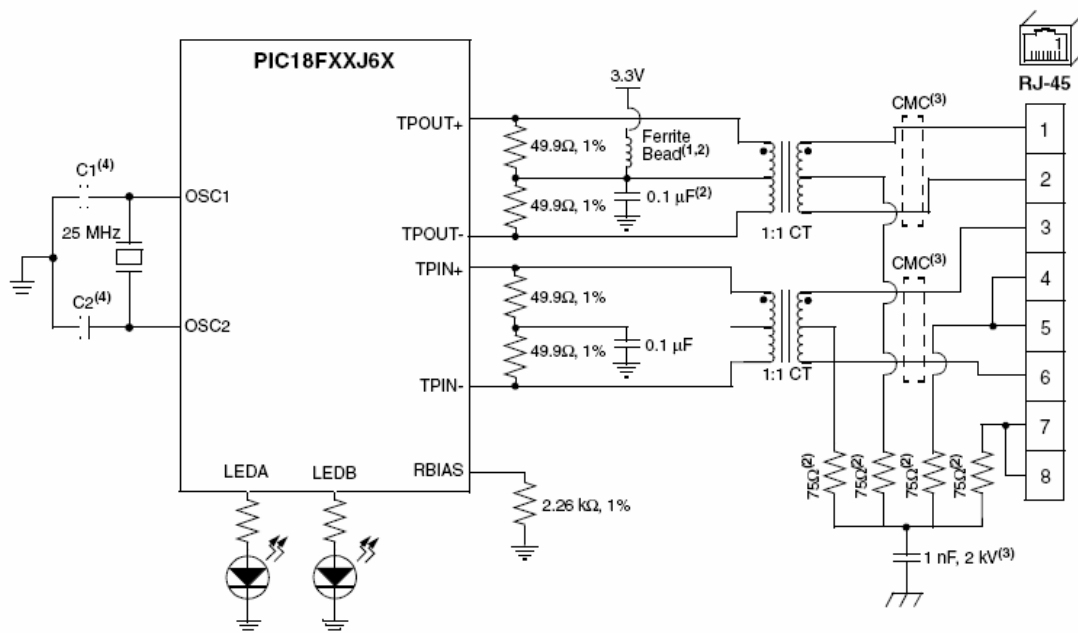
El módulo de ethernet tiene su fuente de voltaje y tierra independiente para el módulo PHY. Las conexiones separadas son provistas para el receptor (V_{DDRX} y V_{SSRX}), el transmisor (V_{DDTX} Y V_{SSTX}) y el transmisor interno PLL (V_{DDPLL} Y V_{SSPLL}). Los voltajes son los mismos que V_{DD} y V_{SS} para el microcontrolador pero los pines no están conectados internamente, por lo que es necesario conectarlos.

El módulo PHY tiene salidas separadas para manejar LEDs indicadores del módulo Ethernet. LEDA y LEDB. Las salidas de LED están multiplexadas con el PORTA en los pines RA0 y RA1 y estos se habilitan seleccionando el bit ETHLED (CONFIG3H<2>). Cuando se configuran éstos como salidas, se pueden conectar directamente ya que tienen 8mA de salida.

El módulo de ethernet está diseñado para operar a 25 Mhz. Esto es a través del reloj primario de microcontrolador. Un cristal de 25 Mhz puede ser conectado al OSC1 y OSC2 o a un reloj externo conectado al pin OSC1.

4.6.2 Componentes Externos

Para conectar el módulo a una interfaz Ethernet son necesarios varias componentes externos como se ven en la Figura 4-24.



- Note**
- 1: Ferrite Bead should be rated for at least 80 mA.
 - 2: These components are installed for EMI reduction purposes. Power Over Ethernet applications may require their removal.
 - 3: Recommended insertion point for Common-Mode Chokes (CMCs) if required for EMI reduction.
 - 4: See Section 2.3 "Crystal Oscillator/Ceramic Resonators (HS Modes)" for recommended values.

Cortesía de Microchip

Figura 4-24 Componentes externos requeridos para la operación de módulo Ethernet

La circuitería interna del módulo PHY requiere un resistor de 2.26Ω de tierra a RBIAS. Este resistor afecta la amplitud de TPOUT+/- . Debe colocarse lo más cerca del chip sin rutas de señales adyacentes para prevenir el acoplamiento del transmisor. Debe ser tipo superficial.

En los pines TPIN+/- y TPOUT +/- deben usarse transformadores de pulso con tab central para operaciones de ethernet. Del mismo modo se puede usar un CMC para reducir las EMI. Muchos conectores RJ45 de Ethernet ya los incluyen.

4.6.3 Registros MAC y MIIM

Estos registros de funciones especiales (SFRs) son usados para controlar las operaciones de MAC a través de MIIM, el PHY. La MAC y los registros MII ocupan direcciones de datos de E80h-E85h, E8Ah y EA0h por EB9h.

Aunque los registros MAC y MII aparecen en el mapa general del microcontrolador estos registros están embebidos en el modulo MAC. La interfaz lógica del host impone restricciones en como el firmware es capaz de acceder los registros MAC y MII, SFRs.

Los tres registros MACON controlan las operaciones específicas de MAC y las operaciones de configuración de los paquetes.

Los registros MII son usados para controlar la interfaz MII y sirve como canal de comunicación con los registros PHY.

Es importante saber que no se puede acceder a la MAC y MII SFRs a menos que el modulo de Ethernet este habilitado ETHEN = 1.

4.6.4 Registro PHY

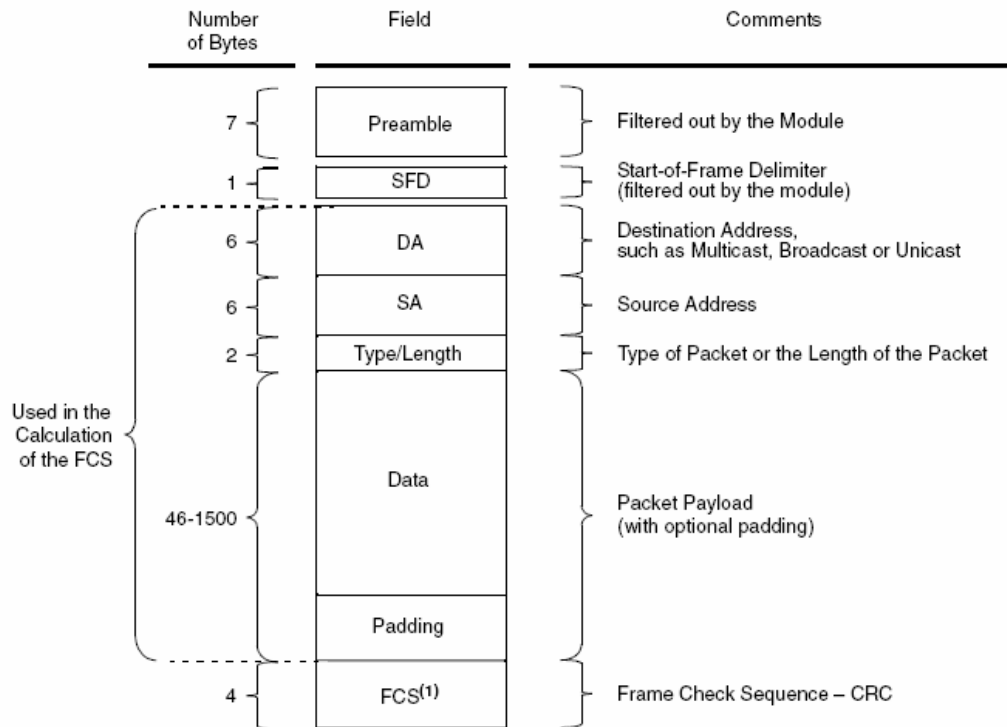
Los registros PHY proporcionan la configuración y el control del módulo PHY, así como la información de estado sobre su operación. Los registros de PHY son de 16 bit de ancho.

4.6.5 Transmitiendo y Recibiendo datos

El protocolo de ethernet (IEEE 802.3) proporciona una descripción sumamente detallada del Estándar 10Mbps. Se sugiere una revisión de la estructura de un marco de datos Ethernet.

4.6.6 Formato de Paquetes

Los marcos de ethernet según la compilación de IEEE 802.3 están entre 64 y 1518 bytes de longitud. Están compuestos por 5 o 6 campos diferentes: una dirección MAC destino, una dirección MAC origen, un campo de tipo/longitud, la carga útil de datos, un campo opcional de relleno, una Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC). Además cuando se transmite sobre ethernet un campo de 7 bytes y el delimitador de principio de marco son añadidos al principio del paquete ethernet. Así el tráfico visto en el cable del par trenzado aparecerá como el mostrado en la Figura 4-25.



Note 1: The FCS is transmitted starting with bit 31 and ending with bit 0.

Cortesía de Microchip

Figura 4-25 Formato de paquetes de Ethernet.

4.6.7 Delimitador de principio de tramo

Cuando se transmiten y se reciben datos con el módulo de ethernet, el preámbulo y el delimitador de principio de marco, son generados automáticamente o quitados, cuando son transmitidos o recibidos.

4.7 Implementación del proyecto

Para la implementación del código y la presentación de los datos se requiere de la tecnología AJAX, la cual se describe en el siguiente párrafo. En la Figura 4-26 se muestra un modelo comparativo de una aplicación Web clásica contra AJAX.

Se implementa la pila de protocolos de Microchip TCP/IP stack v4.11, de la cual se modificaron los archivos MainDemo.c y CustomHttpApp.c.

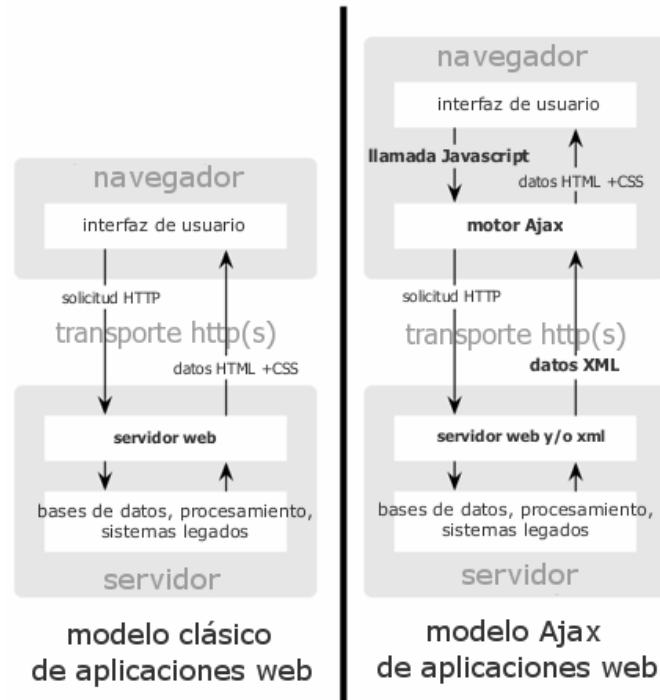


Figura 4-26 (Izquierda) Modelo clásico para aplicación Web. (Derecha) Modelo AJAX.

4.7.1 AJAX

AJAX (*Asynchronous Javascript and XML*) traducido como se indica, es una forma de programar aplicaciones interactivas para Web. AJAX no es una tecnología, sino la unión de varias tecnologías que juntas pueden lograr cosas realmente impresionantes. Esta evolución de DHTML se la ha denominado Web 2.0. Para ello utiliza XHTML y CSS para formatear la información, DOM (*Document Object Model*) para interactuar y visualizar dinámicamente la información, se apoya en XML, XSTL para manipular la información mostrada, el objeto XMLHttpRequest (no Estándar) y Javascript para actualizar los datos sin necesidad de refrescar la página, y para manipular todas esas tecnologías en la Figura 4-27.

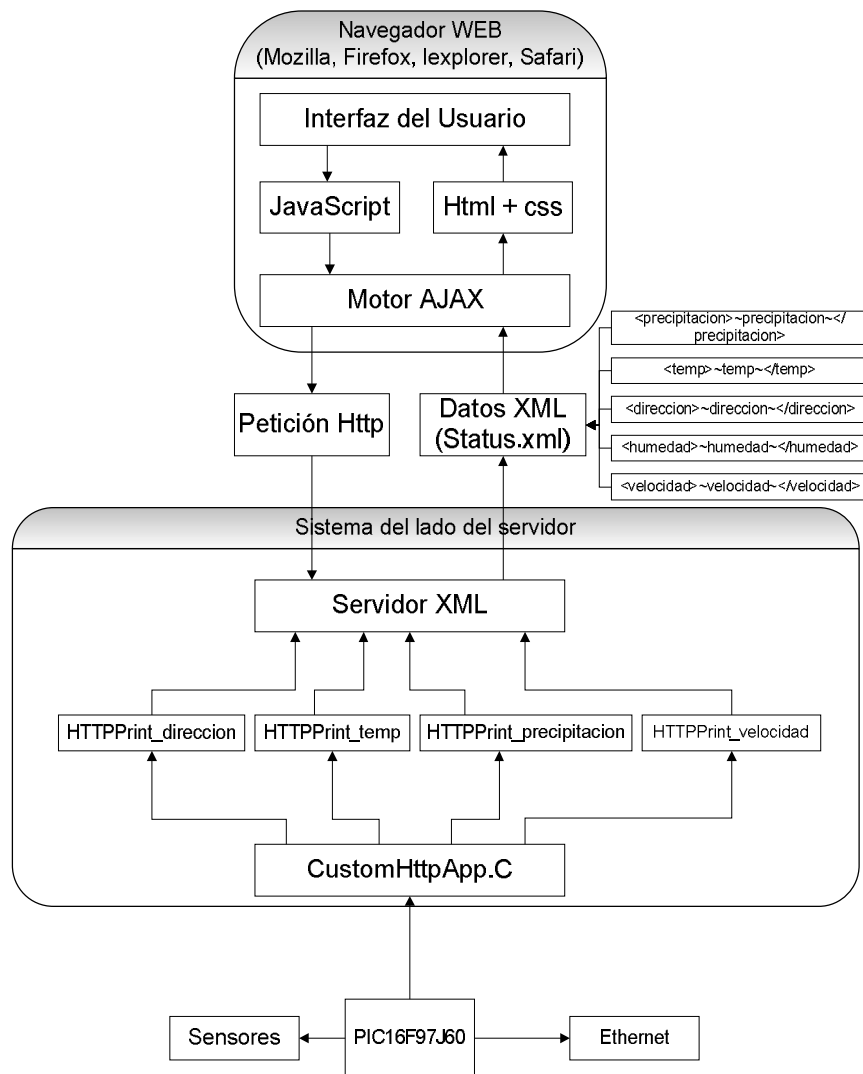


Figura 4-27 Diagrama del proyecto implementando con AJAX.

4.7.2 El archivo status.xml

Este archivo se debe de crear dentro de la carpeta del sitio que se planea implementar. En este caso el contenido del archivo debe corresponder con los nombres de las funciones del archivo CustomHttpApp.c. en el apéndice 1 se muestran las funciones del CustomHttpApp.c y el archivo status.xml.

4.7.3 El archivo CustomHttpApp.c

Este archivo se modificó con el código que se incluye en el apéndice después de la sección que se muestra así:

```

"/*****
* Function:      void HTTPPrint_varname(TCP_SOCKET sktHTTP,
*
*                DWORD callbackPos, BYTE *data)
* PreCondition:  None
*
* Input:         sktHTTP: the TCP socket to which to write
*                callbackPos: 0 initially
*                return value of last call for subsequent callbacks
*                data: this connection's data buffer
*
* Output:        0 if output is complete
*                application-defined otherwise
*
* Side Effects:  None
*
* Overview:      Outputs a variable to the HTTP client.
*
* Note:          Return zero to indicate that this callback function
*                has finished writing data to the TCP socket. A
*                non-zero return value indicates that more data
*                remains to be written, and this callback should
*                be called again when more space is available in
*                the TCP TX FIFO. This non-zero return value will
*                be the value of the parameter callbackPos for the
*                next call.
*****/"

```

Sección después de la cual se deben de declarar funciones de este modo: *void HTTPPrint_varname(void)* donde "varname" es el nombre que debe coincidir con la

variable del archivo status.xml, para que se actualicen constantemente por medio de las peticiones HTTP del javascript, en la Figura 4-26 se puede ver el ejemplo.

4.7.4 El archivo MainDemo.c

En este archivo se hacen las configuraciones de los puertos y declaración de funciones. Estas funciones se crean al final del *loop* infinito para que el programa no las esté ejecutando de manera continua, solo cuando se hacen las peticiones a través del CustomHttpApp.c, de manera que al abrir la página Web del sitio se genere la petición desde el archivo CustomHttpApp.c el cual llama las funciones declaradas en el MainDemo.c y los datos se envíen al archivo status.xml

4.7.5 Guardando los archivos en el microprocesador

Para guardar los archivos del sitio en la memoria del microprocesador se debe de utilizar un generador de archivos propio del fabricante (microchip). Este generador de archivos se encuentra dentro de la pila de protocolos TCP/IP stack v4.11 y se llama MPFS, la cual se puede bajar del sitio de microchip de manera gratuita.

Los archivos del sitio (HTML, CSS, JS, XML, etc.) deben guardarse en una carpeta dentro de la carpeta del proyecto entero *C:\tu_proyecto\TCPIP Demo App\nombre_del_site*.

Cuando se ejecute el programa se debe de cuidar que los archivos se generen en la carpeta del proyecto *C:\tu_proyecto\TCPIP Demo App* y que la salida debe ser del tipo "BIN Image". La Figura 4-28 muestra un ejemplo de la configuración personalizada.

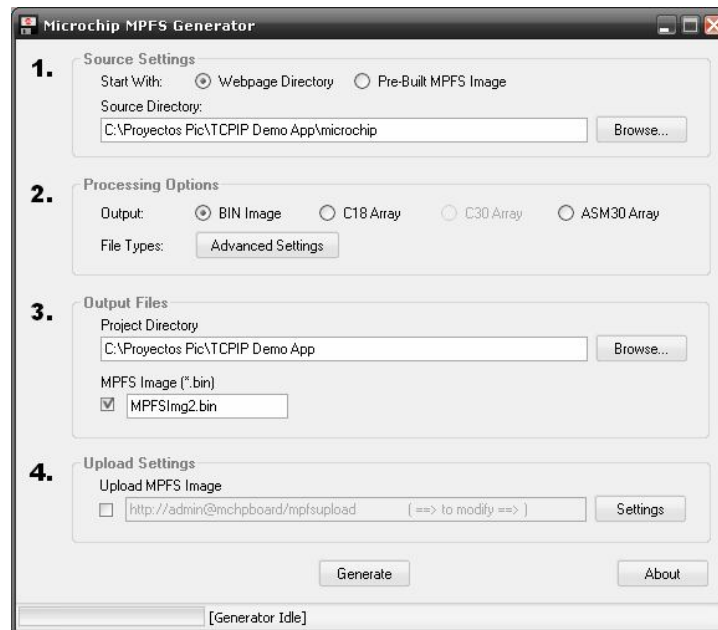


Figura 4-28 Configuración del programa MPFS para generar las páginas Web.

Este programa además de generar el archivo de salida para subirlo al microprocesador, actualiza el archivo HTTPPrint.h el cual contiene el nombre de las variables que se pasan del CustomHttpApp.c al status.xml. Si aparece el mensaje mostrado en la Figura 4-29, es necesario que se vuelva a compilar el proyecto completo desde el MPLAB² y verificar que las funciones del archivo CustomHttpApp.c sean las mismas que aparecen en el archivo status.xml, de lo contrario cuando se generen las peticiones HTTP del javascript al status.xml no se refrescarán los datos (en el mejor de los casos) o simplemente se mostrará una leyenda de que no existe ningún archivo dentro del microprocesador (el peor de los casos).



² Para más información ir al sitio:

http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469

Figura 4-29 Mensaje de advertencia sobre el archivo HTTPPrint.h

La Figura 4-30 muestra un diagrama de red como ejemplo y con el proyecto instalado. La estación experimental no interfiere con ningún tipo de tecnología implementado en esta red de área local. El funcionamiento de esta estación experimental no interfiere con firewalls, servidores de impresión, servidores Web como Apache o como Tomcat (para Java Server Pages JSP) y trabaja con DHCP.

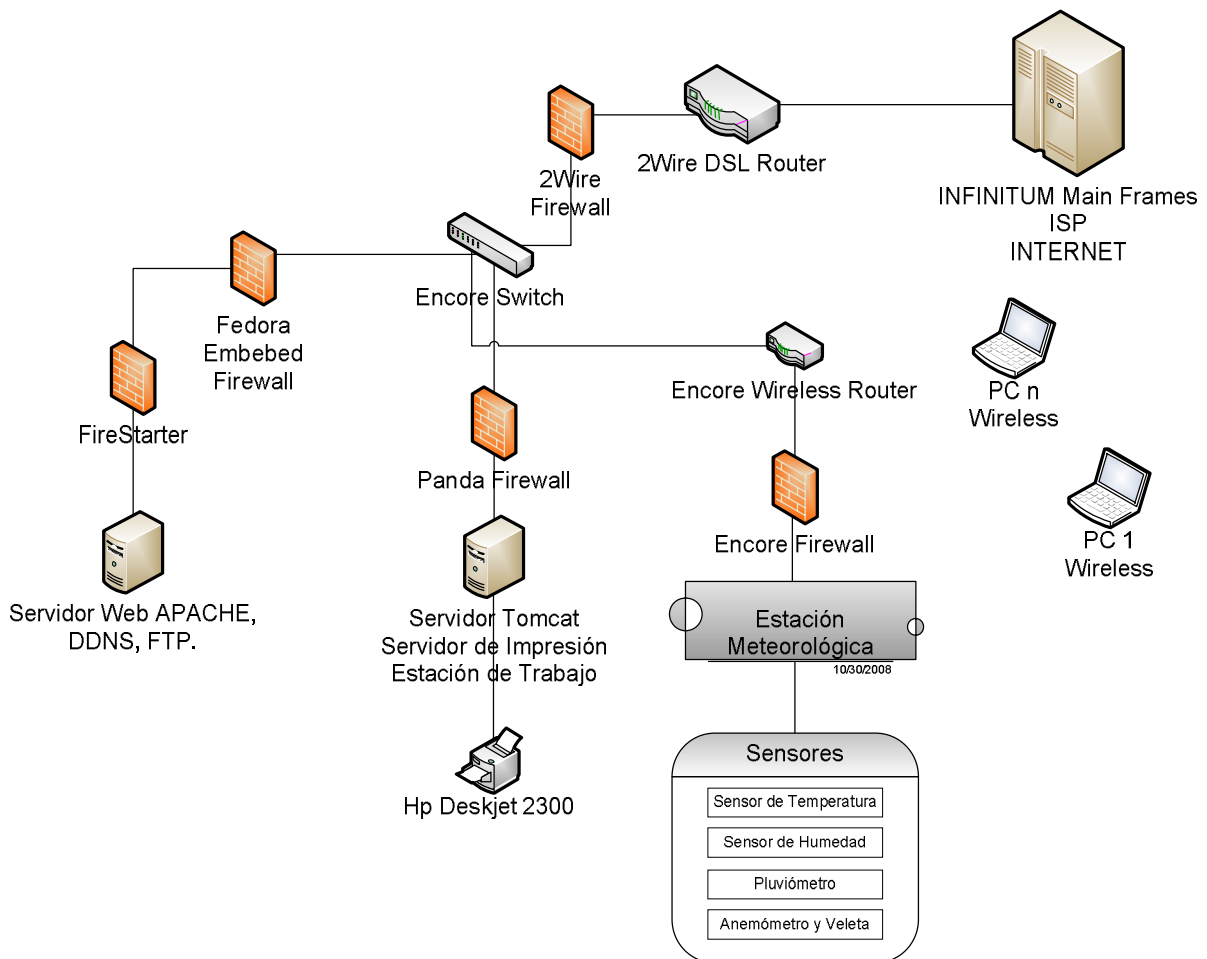


Figura 4-30 Diagrama de red. Implementación del proyecto.

Capítulo 5

RESULTADOS

A continuación se muestran los datos de temperatura que se obtuvieron el día 20 de junio del año 2008 en la tabla 5-1 y en la tabla 5-2 se muestran los de humedad.

Los datos que se presentan son de temperatura y humedad, ya que la precipitación difiere por la ubicación de la estación meteorología del OOAPAS (Oficinas Centrales en Av. Acueducto) así como la dirección y velocidad del viento. Estos datos se pueden apreciar en las Figura 5-1 y Figura 5-2.

Las estaciones meteorológicas del OOAPAS son adquiridas a través de un distribuidor autorizado de Davis. Esta compañía está dedicada a la elaboración de estaciones meteorológicas automáticas para aficionados y profesionales, así como todo tipo de sensores con el mismo fin. El OOAPAS tiene una red de estaciones meteorológicas distribuidas por toda la ciudad de Morelia, e instaladas arbitrariamente en las azoteas de los edificios. Este es un motivo suficiente para pensar que la adquisición de datos puede ser poco confiable, además de que se encuentran situadas en edificios públicos y en condiciones diversas a las recomendadas por la OMM.

Este tipo de estaciones pierde la configuración frecuentemente y es necesario volver a configurarlas de manera manual.

La página <http://espanol.weather.com> muestra los datos que el Observatorio Meteorológico de Morelia envía a través de una VPN (Virtual Private Network) a la Estación Meteorológica de México ubicada en Tacubaya y ésta a su vez los envía a Washington DC y ésta a Ginebra donde se distribuyen a todo el mundo.

La Estación Sinóptica de Morelia realiza la medición de temperatura con un termómetro de máxima y de mínima, y un psicómetro de aspiración de tipo Assman

ubicados en el abrigo meteorológico. Y las medidas de viento y dirección se realizan con un anemómetro tipo Robinson, un anemocinemógrafo y veletas de palas.

Los datos se envían según lo establece la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a las 6 de la mañana a las 12 del día y a las 6 de la tarde. Por lo cual los datos la mayoría del tiempo permanecen estáticos en esa página.

La página <http://estacion.servehttp.com> es la que está dirigida al proyecto y muestra la temperatura y la humedad un tanto elevadas en relación a las otras páginas debido a la construcción de la misma, la cual está hecha de plástico y la caja donde se contiene el proyecto encierra mucho el calor y la humedad, con una diferencia de ± 4 para los datos mencionados. Lo recomendable para la ubicación del sensor de temperatura y humedad, es tenerlo en un lugar bien ventilado y que no incidan los rayos del sol directamente sobre los sensores, ya que como se puede apreciar los datos adquiridos pueden variar. Además de mencionar que la ubicación de la estación es en una azotea con techo recubierto de asfalto y no sobre una superficie de pasto.

Tabla 5-1 Temperatura Obtenida

Temperatura			
Horario	http://estacion.servehttp.com	http://espanol.weather.com	http://www.oopas.gob.mx/
11:18	27	23	24,7
11:38	30	23	24,2
11:48	28	23	24,2
11:58	28	24	25,3
12:00	30	24	25,2
12:10	30	24	25,5
12:20	29	24	25,9
12:30	31	24	25,9
12:40	30	24	27,3
12:50	23	24	26,9
13:00	31	25	27,2
13:10	30	25	27,3
13:20	31	25	27,3
13:30	31	25	27,4
13:40	32	25	27,2
13:50	34	25	27,9
14:00	35	26	27,7

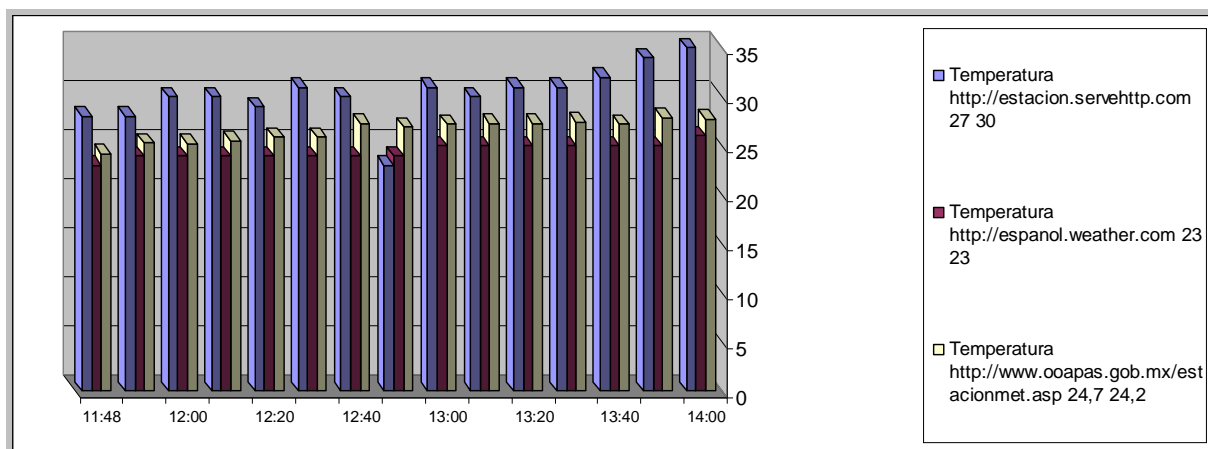


Figura 5-1 Gráfica de temperatura

Tabla 5-2 Humedad Obtenida

Horario	http://estacion.servehttp.com	http://espanol.weather.com	http://www.ooapas.gob.mx/estacionmet.asp
11:18	42%	57%	51%
11:38	38%	57%	53%
11:48	44%	57%	54%
11:58	43%	53%	50%
12:00	39%	53%	49%
12:10	40%	53%	49%
12:20	40%	53%	48%
12:30	37%	53%	48%
12:40	47%	53%	44%
12:50	43%	53%	44%
13:00	35%	47%	45%
13:10	36%	47%	41%
13:20	36%	47%	42%
13:30	34%	47%	36%
13:40	33%	47%	39%
13:50	32%	47%	34%
14:00	30%	42%	35%

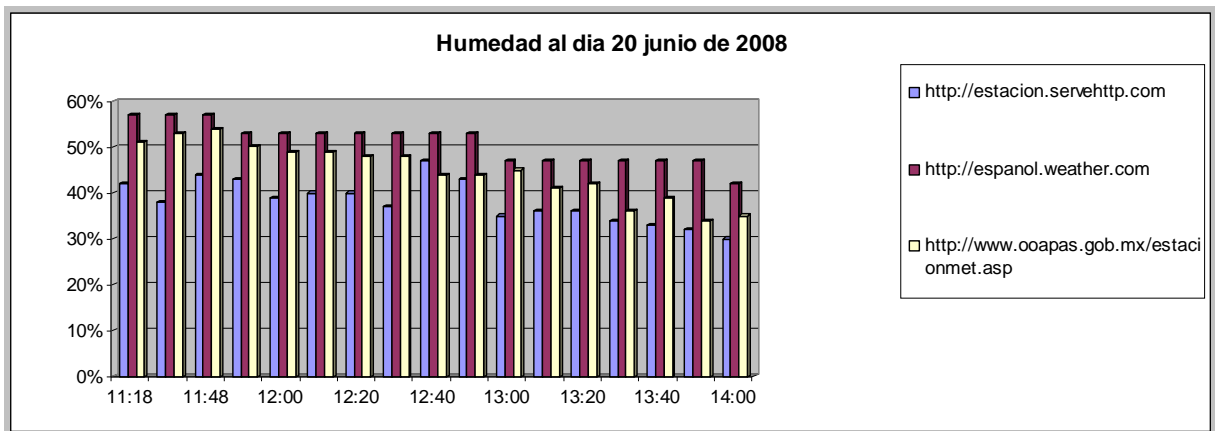


Figura 5-2 Gráfica de humedad.

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Conclusiones

Elección del Microprocesador

La tarjeta de desarrollo PICDEM 2 se utilizó, ya que no es el único dispositivo con un microcontrolador embebido en el mercado y se adaptó más a las posibilidades económicas. Existen otros microprocesadores con ventajas similares como los que ofrece freescale pero a precios por encima de los 1000 dólares.

Elección de los sensores

Se decidió escoger el sensor de temperatura que está incluido con la tarjeta de microchip, a razón de las fallas que presentaron los circuitos integrados FOST02A, al momento de medir la temperatura, ya que estos siempre devolvían un error en la comunicación. Sin embargo el sensor de temperatura embebido en la tarjeta de desarrollo de microchip, también muestra la desventaja de no ser lineal; sin embargo las lecturas se pueden mostrar sin problema.

El sensor de humedad se eligió ya que es una copia del original de Sensirion SHT11, el cual tiene un precio de 150 dólares, siendo así que el FOST02A sólo cuesta 42 dólares.

La elección de los sensores de dirección y velocidad de viento, así como el pluviómetro, se realizó en base a los estándares que se manejan en las estaciones meteorológicas del OOAPAS y por razones económicas, ya que los precios de otras marcas se elevan hasta los 300 euros cada sensor. Así mismo cabe mencionar que se adaptan bien a las necesidades y exigencias del proyecto.

Código

Se utilizó la pila de protocolos que microchip sugiere en su página y se modificaron algunos archivos, para lograr la comunicación con los sensores y mostrar los resultados satisfactoriamente.

Construcción

El proyecto debe estar dentro de una garita meteorológica, caja o contenedor de madera. Debe de estar bien ventilado para que el sensor de temperatura mida la temperatura del aire circulante y al mismo tiempo debe de impedir la entrada de la lluvia. Debe de construirse con una fuente de energía autónoma tal como lo son los paneles solares y los bancos de baterías y asegurar que el aire caliente del verano no se acumule dentro de la estructura.

Trabajo Futuro

- Mejorar la calidad de los componentes y las interfaces, así como de la tarjeta acondicionadora.
- Optimización de los algoritmos, para no depender de los sugeridos por el fabricante.
- Mejorar las funciones del pluviómetro para que mida lluvia promedio y acumulada.
- Hacer un trabajo de almacenamiento de los datos para estadísticas posteriores.
- Agregar más sensores y aumentar las variables físicas a medir.
- Investigar más acerca del protocolo 802.3 que maneja microchip para desarrollar uno propio que pueda establecer velocidades de comunicación de red de hasta 100 Mbps.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ANEXO 1 *Instructivo para el adiestramiento del personal de la red sinóptica* pp 10,3-6.
- [2] Teresa Ayllon Torres y Jesús Gutiérrez Roa, *Introducción a la Observación Meteorológica*, 2ª edición. p.23
- [3] Resnik, Haliday, Krane, *Física*, volumen 1, 5ª edición, p. 480-482.
- [4] Aparicio Mijares, Francisco Javier, *Fundamentos de Hidrología de superficie*, p.115
- [5] Teresa Ayllon Torres, *Elementos de Meteorología y Climatología*, p.129
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor> visitado en el mes de agosto de 2008
- [7] http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm visitado en el mes de agosto de 2008
- [8] <http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor> visitado en el mes de agosto de 2008
- [9] <http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/memo/termistores.html> visitado en el mes de agosto de 2008
- [10] http://members.fortunecity.es/maperma/Tempera/Principio_funcionamiento.html visitado el mes de agosto de 2008.
- [11] http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termorresistencias.htm visitado el mes de agosto de 2008.
- [12] http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/Modulo_03/termocuplas.pdf visitado el mes de agosto de 2008.
- [13] <http://www.geocities.com/acuariogratis3/electronica/termometro.html> visitado el mes de agosto de 2008.
- [14] http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo#Modelos_matem.C3.A1ticos visitada el mes de agosto de 2008.
- [15] http://enciclopedia.us.es/index.php/Circuito_integrado visitada el mes de agosto de 2008.
- [16] http://www.roboticaeducativa.udec.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=5#c visitada el mes de agosto de 2008.
- [17] http://robots-argentina.com.ar/Sensores_pirosensores.htm visitada el mes de agosto de 2008.
- [18] <http://www.endrich.com/es/site.php/377> visitada el mes de agosto de 2008.
- [19] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_capacitivo visitada el mes de agosto de 2008.
- [20] http://robots-argentina.com.ar/Sensores_humedad.htm visitada el mes de agosto de 2008.
- [21] http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2505¶m=en536316
- [22] Francisco J. Martín Martínez, *Informática Básica*. AlfaOmega pp. 175.
- [23] Robert Ofali, Dan Harkey, Jeri Edwards *Cliente/Servidor y Objetos Guía de Supervivencia*. 3ª edición. Pp 16, 17, 216.

-
- [24] Andrew S. Tanenbaum *Redes de Computadoras* 4ª edición Pp. 65-67
- [25] http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/ visitada el mes de agosto de 2008.
- [26] <http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor> visitada el mes de agosto de 2008.
- [27] <http://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z036-040.pdf> visitado el mes de agosto de 2008.
- [28] <http://www.wecc.com/ntcprobes.html> visitado el mes de agosto de 2008.
- [29] William Bolton, *Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Electrónica*. AlfaOmega. 3ª edición. Pp. 23,25,34,43-47.
- [30] <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/RTDs/RTD.html> visitada el mes de agosto de 2008.
- [31] <http://www.lakeshore.com/temp/sen/prtd.html> visitado el mes de agosto de 2008.
- [32] <http://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/Anexo/termopar.htm> visitada el mes de agosto de 2008.
- [33] <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/temperatura/temp.pdf> visitado el mes de agosto de 2008.
- [34] <http://www.capgo.com/Resources/Temperature/Semiconductor/Semi.html> visitado el mes de agosto de 2008.
- [35] <http://www.gii.upv.es/personal/gbenet/treballs%20cursos%20anteriors-TIM-IIN-INYP-AYPD/TRABAJO%20transductores-margaix.pdf> visitado el mes de agosto de 2008.
- [36] <http://www.astrocosmo.cl/anexos/l-stefanboltzmann.htm> visitado el mes de agosto de 2008.
- [37] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_capacitivo visitado el mes de agosto de 2008.
- [38] *Microchip PIC18F97J60 Family Data Sheet Manual*. Pp.325-326,328-329.
- [39] <http://nuiure.com/picdem-net-2-customise-temp-as-celcius.htm> visitado el mes de junio, julio, agosto, septiembre de 2008.
- [40] *Hope microelectronics FOST02/FOST02A Data Sheet Manual*. Pp 3-7.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Equilibrio térmico.....	14
Figura 2-2 Equilibrio Térmico entre dos sistemas.	15
Figura 2-3 Diagrama general de un sistema Ethernet.....	28
Figura 2-4 Derivación vampiro para Ethernet grueso.....	34
Figura 2-5 Unión T para Ethernet delgado.	34
Figura 3-1 Termistor NTC.....	37
Figura 3-2 Variación de la resistencia en función de la temperatura de un termistor típico.....	38
Figura 3-3 a) Construcción de una termoresistencia cableada, b) Construcción de una termoresistencia de sustrato vidrioso.	39
Figura 3-4 Termoresistencias de Platino.....	41
Figura 3-5 Diferentes configuraciones de cables del RTD.	41
Figura 3-6 Termopar tipo K.....	41
Figura 3-7 Gráfica fem termoeléctrica-temperatura.....	43
Figura 3-8 a) Unión del termopar a 0°C, b) Compensación de unión fría.....	44
Figura 3-9 Circuito para medir variación de voltaje en función de la temperatura en un diodo.	45
Figura 3-10 Sensor de temperatura LM35 con salida de voltaje.	48
Figura 3-11 Detección de temperatura a distancia.....	53
Figura 3-12 Área baja de la curva de la ley Stefan Boltzmann.....	53
Figura 3-13 Construcción del sensor.....	57
Figura 3-14 Salida de voltaje VS humedad relativa a 0 °C, 25 °C, 85 °C.	57
Figura 4-1 Diagrama de bloques del proyecto.....	59
Figura 4-2 Diagrama de bloques para temperatura.....	60
Figura 4-3 Configuración de Pines del TC1047.....	61
Figura 4-4 Sensor FOST02/FOST02A.....	66
Figura 4-5 Diagrama de bloques para medición de humedad.....	67
Figura 4-6 FOST02A Dip Figura 4-7 FOST02 SDM.....	68
Figura 4-8 Comienzo de transmisión “ <i>Transmission Start</i> ”.....	69
Figura 4-9 Secuencia de comando.....	69
Figura 4-10 Secuencia de medición para humedad relativa,.....	71
Figura 4-11 Secuencia de Reset.	72
Figura 4-12 Circuito de aplicación típico.....	72
Figura 4-13 Procedimiento del protocolo de comunicación implementado.....	73
Figura 4-14 Pluviómetro Rain Collector II.....	75
Figura 4-15 Diagrama de bloques del pluviómetro.....	75
Figura 4-16 Acondicionamiento del anemómetro.	77
Figura 4-17 Anemómetro 7911 de Davis con veleta incluida.	78
Figura 4-18 Diagrama de bloques del sensor de dirección de viento.	79
Figura 4-19 Anemómetro 7911 de Davis con veleta incluida.	80
Figura 4-20 Diagrama de bloques del sensor de velocidad de viento.	81
Figura 4-21 Amplificador simétrico en saturación.....	83
Figura 4-22 Tacómetro de componentes mínimos.....	84
Figura 4-23 Amplificador no inversor de ganancia 1.68.....	84

Figura 4-24 Componentes externos requeridos para la operación de módulo Ethernet	87
Figura 4-25 Formato de paquetes de Ethernet.....	90
Figura 4-26 (Izquierda) Modelo clásico para aplicación Web. (Derecha) Modelo AJAX.	91
Figura 4-27 Diagrama del proyecto implementando con AJAX.	92
Figura 4-28 Configuración del programa MPFS para generar las páginas Web.	95
Figura 4-29 Mensaje de advertencia sobre el archivo HTTPPrint.h	96
Figura 4-30 Diagrama de red. Implementación del proyecto.....	96
Figura 5-1 Gráfica de temperatura	99
Figura 5-2 Gráfica de humedad.....	100
Figura 6-1 Diagrama esquemático de la tarjeta acondicionadora.	110
Figura 6-2 Diagrama de componentes de la tarjeta acondicionadora.	110
Figura 6-3 Diagrama de circuito impreso de la tarjeta acondicionadora.....	110
Figura 6-4 Diagrama esquemático de la fuente de voltaje simétrico.	110
Figura 6-5 Diagrama de componentes de la fuente de voltaje simétrico.	110
Figura 6-6 Diagrama de circuito impreso de la fuente de voltaje simétrico.	111
Figura 6-7 Fuente de voltaje simétrico, tarjeta PICDEM2.net, tarjeta acondicionadora.	112
Figura 6-8 Tarjeta acondicionadora.....	112
Figura 6-9 Estación Meteorológica Experimental. Vista interna.	113
Figura 6-10 Estación Meteorológica Experimental. Vista panorámica.	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Instrumentos de lectura más utilizados en meteorología.	12
Tabla 2-2 Aparatos Registradores más utilizados en meteorología.	13
Tabla 2-3 Los tipos más comunes de cableado Ethernet.....	33
Tabla 3-1 Tabla comparativa de los tipos de RTDs.....	40
Tabla 3-2 Termopares.....	42
Tabla 3-3 Sensores de temperatura con salida de voltaje.....	47
Tabla 3-4 Sensores de temperatura con salida de corriente.....	49
Tabla 3-5 Sensores de temperatura con salida digital.....	50
Tabla 3-6 Sensores de temperatura con salida de resistencia.....	51
Tabla 4-1 Registro ADCON0: Registro de control 0 A/D.	62
Tabla 4-2 Registro ADCON0: Registro de control 0 A/D Continúa.....	63
Tabla 4-3 Configuración de pines FOST02/FOST02A	68
Tabla 4-4 Secuencia de comandos para FOST02.	70
Tabla 4-5 Coeficientes de conversión de Humedad.....	72
Tabla 4-6 Coeficientes de compensación de temperatura	73
Tabla 4-7 Descripción de funciones implementadas en el protocolo de comunicación.	74
Tabla 5-1 Temperatura Obtenida	99
Tabla 5-2 Humedad Obtenida	100

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Diatérmicas: Término usado en física para referirse a elementos o sistemas que son conductores térmicos.

Adiabáticas: Término usado en física para hacer referencia a sistemas térmicamente no conductores o aislados térmicamente con respecto de otro.

Coalescencia: Capacidad de ciertas sustancias para unirse o fundirse en una sola.

Data loggin: El proceso de utilizar una computadora para recoger datos a través de sensores, analizar los datos y guardar la producción y los resultados de la recopilación y el análisis. Registro de datos también implica el control de la forma en que el equipo reúne y analiza los datos.

Trimmer: Resistencia o capacitor variable.

Permitividad: Capacidad de un dieléctrico para almacenar energía electrostática en presencia de un campo eléctrico.

Fem: Fuerza Electromotriz.

OOAPAS: Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia.

OOM: Organización Meteorológica Mundial

AJAX: Asynchronous JavaScript And XML

Apéndice 1 Listado del programa

Programa Principal MainDemo.c, CustomHttpApp.c y status.xml

El programa MainDemo.c viene dentro de la pila de protocolos de microchip TCP/IP v4.11 y se ha modificado para la implementación del proyecto, así como el archivo CustomHttpApp.c y status.xml. El código resaltado con negritas muestra las funciones y modificaciones implementadas.

MainDemo.c

CustomHttpApp.c

Status.xml

Apéndice 2 Diagramas Eléctricos

En esta sección se muestran los diagramas esquemáticos, de componentes y circuitos impresos de la tarjeta acondicionadora desarrollada y de la fuente de voltaje simétrico que se utiliza para la alimentación.

Figura 6-1 Diagrama esquemático de la tarjeta acondicionadora.

Figura 6-2 Diagrama de componentes de la tarjeta acondicionadora.

Figura 6-3 Diagrama de circuito impreso de la tarjeta acondicionadora.

Figura 6-4 Diagrama esquemático de la fuente de voltaje simétrico.

Figura 6-5 Diagrama de componentes de la fuente de voltaje simétrico.

Figura 6-6 Diagrama de circuito impreso de la fuente de voltaje simétrico.

Apéndice 3 Fotografías del equipo

En esta sección se muestran las fotografías de la estación meteorológica experimental de superficie terrestre.

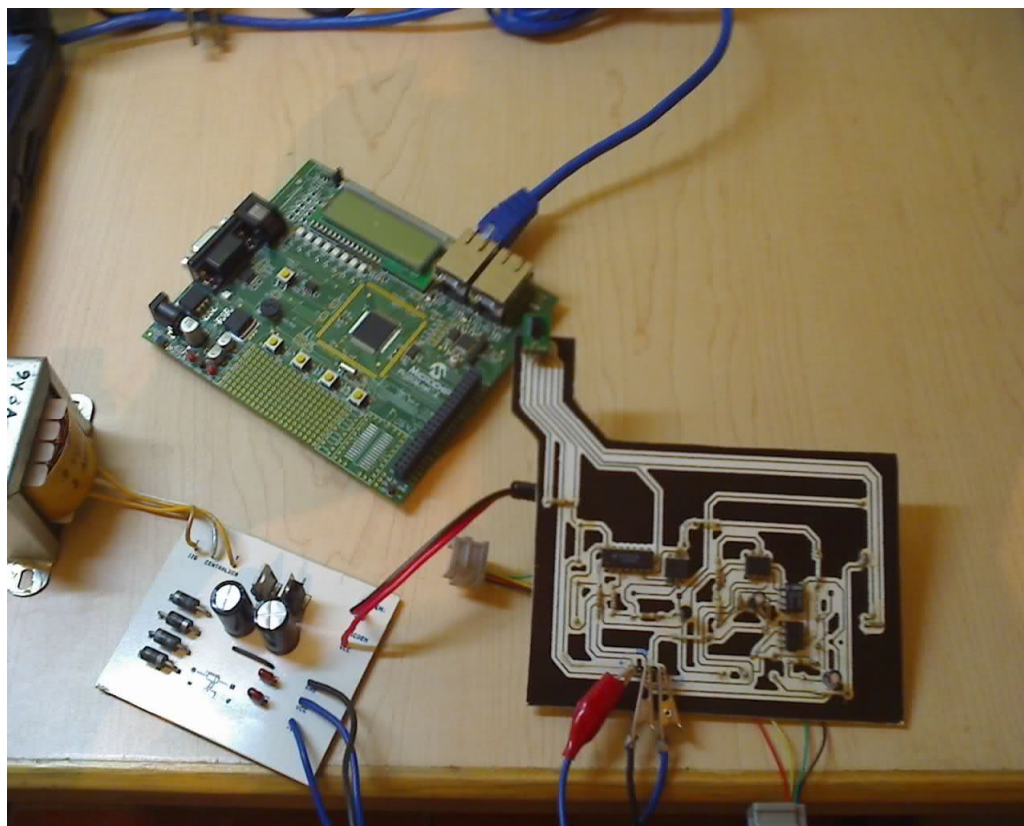


Figura 6-7 Fuente de voltaje simétrico, tarjeta PICDEM2.net, tarjeta acondicionadora.

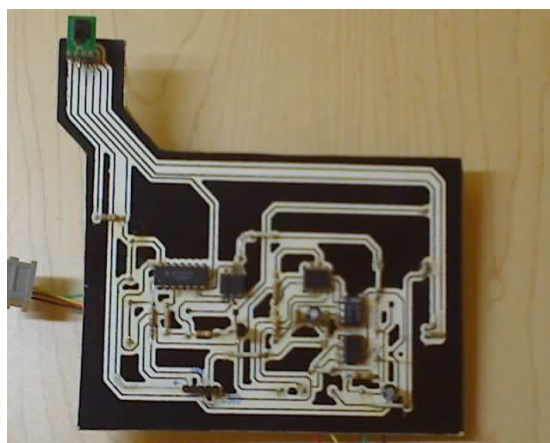


Figura 6-8 Tarjeta acondicionadora.

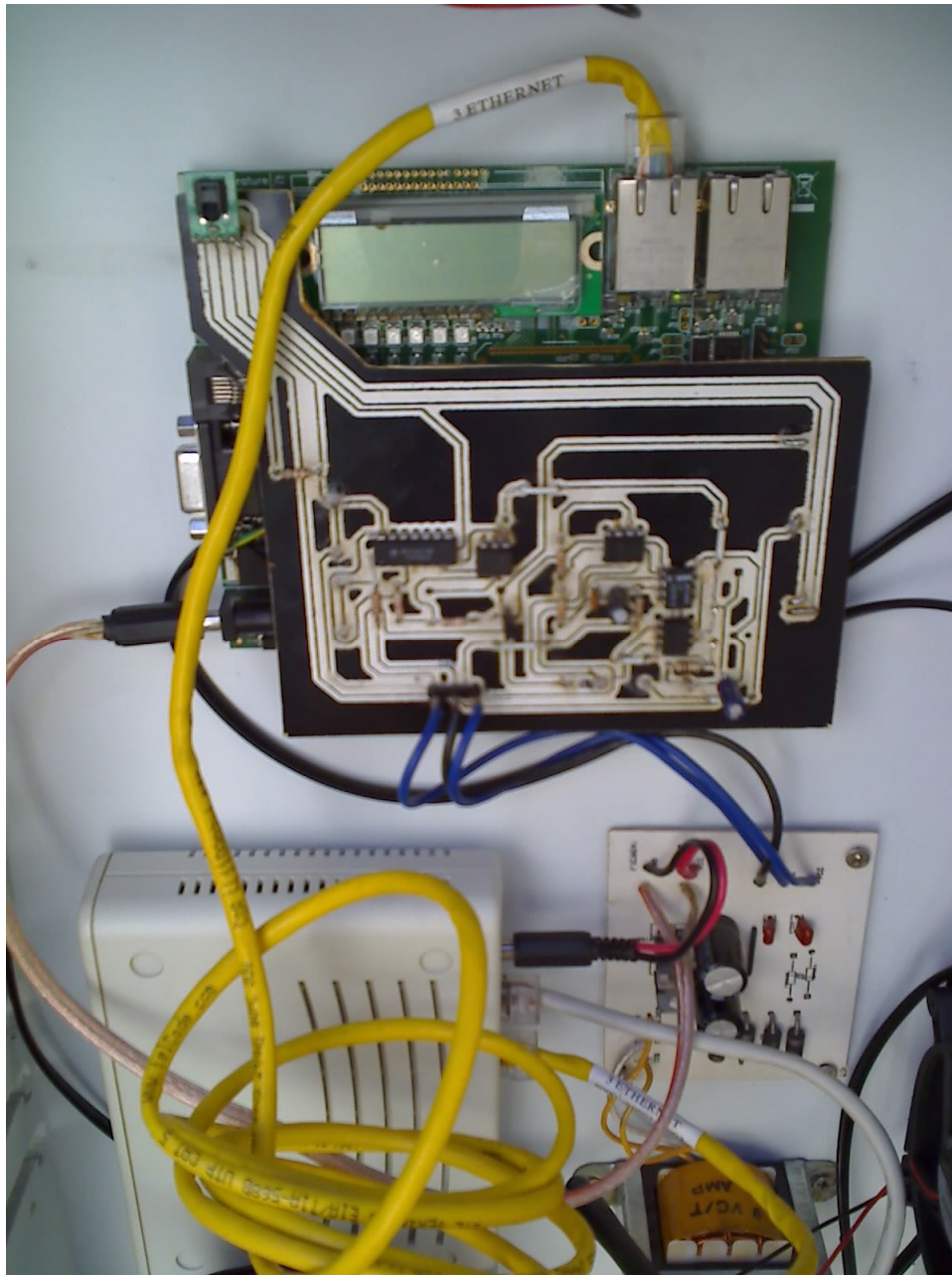


Figura 6-9 Estación Meteorológica Experimental. Vista interna.



Figura 6-10 Estación Meteorológica Experimental. Vista panorámica.