



76
Zejan

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

" **DESARROLLO DE UNA ESTACION
CLIMATOLOGICA AUTOMATICA** "

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
RUBEN GARCIA GONZALEZ
FERNANDO SANCHEZ SALCEDO



DIRECTOR DE TESIS
M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ

CIUDAD UNIVERSITARIA

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO. Por
habernos dado la oportunidad no
sólo de obtener conocimientos, sino
la oportunidad de servir a nuestra
Patria.**

**A LA FACULTAD DE INGENIERIA
Por habernos albergado en sus
respetables aulas.**

**AL INSTITUTO DE INGENIERIA. Por
habernos dado la oportunidad de
realizar el presente trabajo.**

**A LA DIVISION DE POSGRADO DE
LA FACULTAD DE INGENIERIA Por
el apoyo que nos proporcionó.**

**AL DISTINGUIDO MAESTRO:
M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ
Por la atención y paciencia que nos
ha dedicado para la elaboración del
presente trabajo.**

Rubén , Fernando

**A MIS PADRES:
ANASTACIO GARCIA REYES Y
GUADALUPE GONZALEZ CRUZ.**
Por haber encausado mis pasos y
brindarme siempre su apoyo y
comprensión hacia mi superación
personal. Con infinita Gratitud.

**A MIS HERMANOS:
MOISES, ALICIA, LOURDES,
TERESA Y ALEJANDRO.** A quienes
les agradezco su preocupación e
impulso. Con todo mi amor y cariño.

**A LOS MAESTROS DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA.** Por los
conocimientos que me han legado.

**A TODOS MIS MAESTROS,
AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA
ESCUELA Y DEL TRABAJO.** Por
todo el apoyo e impulso que me han
brindado.

Rubén

DEDICO ESTE TRABAJO :

A " DIOS " por darme siempre una razón para continuar.

A MIS PADRES:

‡ AURORA SALCEDO DE SANCHEZ quien me enseñó a estudiar y siempre me ayudo en forma incondicional, a quien AMO y siempre llevaré en mi memoria.

ESTEBAN SANCHEZ NAVA quien siempre me ha dado su apoyo, sin el cual me hubiera sido muy difícil estudiar una carrera, gracias por tanto apoyo brindado.

A MIS HERMANOS:

AURORA, VICTOR MANUEL Y ESTEBAN de quienes siempre he recibido apoyo, confianza y cariño.

A TODOS LOS MAESTROS que tuvieron a bien compartir sus conocimientos conmigo.

A MIS FAMILIARES de manera especial a mi abuelita VICTORIA y a mis primos ALEX y LETY por su impulso y apoyo para mi formación escolar.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO por su amistad.

Fernando

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA	5
I.1 - INTRODUCCION	7
I.2 - METEOROLOGIA	7
I.2.1 - Utilidad de la meteorología	9
I.2.2 - Clasificación de estaciones meteorológicas	11
I.2.3 - Criterios para la instalación de estaciones	12
I.2.4 - Caseta o abrigo meteorológico	14
I.2.5 - Redes de estaciones	15
I.2.6 - Ubicación de estaciones meteorológicas	17
I.2.7 - Observaciones meteorológicas	17
I.2.8 - Requisitos generales de una estación meteorológica	19
I.2.9 - Requerimientos generales de los instrumentos	21
I.2.10 - Estandarización de instrumentos	22
I.2.11 - Unidades	24
I.2.12 - Exactitud de las mediciones	25
I.3 - PRESION ATMOSFERICA	29
I.3.1 - Barómetros de mercurio	29
I.3.2 - Barómetros aneroides	31
I.3.3 - Reducción de la presión a nivel estándar	32
I.4 - TEMPERATURA	33
I.4.1 - Temperatura del aire	34
I.4.2 - Temperatura del suelo	34

INDICE

1.4.3 - Exposición	34
1.4.4 - Exactitud	35
1.4.5 - Lectura del termómetro	35
1.4.6 - Procesos físicos para medir la temperatura	38
1.4.7 - Principales tipos de termómetros	36
1.4.8 - Temperatura más comunes que se registran	38
1.4.9 - Amplitudes y oscilaciones térmicas	39
1.5 - HUMEDAD.....	40
1.5.1 - Importancia del vapor de agua	40
1.5.2 - Variación del vapor de agua en el aire	41
1.5.3 - Formas como se expresa el contenido del vapor de agua en la atmósfera	41
1.5.4 - Métodos de medición	43
1.6 - EVAPORACION.....	46
1.6.1 - Factores que afectan el fenómeno de evaporación	46
1.6.2 - Medidores de evaporación	46
1.6.3 - Exposición	46
1.6.4 - Medidores estándar	47
1.7 - PRECIPITACION PLUVIAL.....	49
1.7.1 - Medidores de precipitación	49
1.7.2 - Fuentes de error	50
1.7.3 - Instalación	51
1.7.4 - Pluviógrafo de Hellman	51
1.7.5 - Exposición	51
1.8 - RADIACION	52
1.8.1 - Componentes de la radiación	52
1.8.2 - Medidores de radiación	53

1.8.3 - Estandarización	53
1.8.4 - Exposición	56
1.9 - VIENTO	57
1.9.1 - Componentes del viento	57
1.9.2 - Medidores de viento	58
1.9.3 - Ráfaga	60
CAPITULO II CONCEPTOS BASICOS	63
II.1 - ESTANDAR RS-232	65
II.2 - DISCIPLINAS DE COMUNICACIONES	68
II.2.1 - Características de las disciplinas de comunicaciones	69
II.2.2 - Tipos de disciplinas	72
II.3 - TELEMETRIA	78
II.3.1 - Modulación	79
II.4 - BATERIAS DE ALMACENAMIENTO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	80
II.4.1 - Baterías de Plomo-Acido	81
II.4.2 - Baterías Alcalinas	86
II.4.3 - Problemas con las baterías	88
II.5 - CELDAS SOLARES	90
II.5.1 - Sistemas fotovoltaicos	91
II.5.2 - Protección de arreglos fotovoltaicos	92
II.5.3 - Influencia de la temperatura	94
II.6 - REGULACION PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	95
II.6.1 - Principio de Autoregulación	97
II.6.2 - Regulación en paralelo	98
II.6.3 - Regulación serie con semiconductor	99

INDICE

II.6.4 - Regulación en serie con apertura electromecánica	100
II.6.5 - Variantes de la regulación serie paralelo	100
II.6.6 - Circuito automático de apertura	101
II.7 - FUENTES CONMUTADAS	101
II.7.1 - Ventajas y desventajas de las fuentes conmutadas	102
II.7.2 - Configuraciones Básicas de los reguladores conmutados	103
CAPITULO III DESCRIPCION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA	105
III.1 - DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA	107
III.1.1 - Estación central	108
III.1.2 - Estación remota	109
III.2 - DESARROLLO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA	111
III.3 - MICROCONTROLADOR S80C552	112
III.3.1 - Memoria	113
III.3.2 - Registros de funciones especiales	113
III.3.3 - Circuito de vigilancia (watchdog)	114
III.3.4 - Puertos Seriales	114
III.3.5 - Interrupciones	114
III.3.6 - Modulación por ancho de Pulso	116
III.3.7 - Convertidor analógico- digital	116
III.3.6 - Modos de reducción de consumo de energía	117
III.4 - DISPLAY	117
III.4.1 - Función de los registros	119
III.4.2 - Comandos	120
III.4.3 - Diagramas de tiempos	123
III.4.4 - Circuito eléctrico	124

III.4.5 - Software para el display	126
III.5 - TECLADO	128
III.5.1 - Actualización del reloj de tiempo real	129
III.5.2 - Calibración - visualización	131
III.6 - RELOJ DE TIEMPO REAL	132
III.6.1 - Descripción del funcionamiento	134
III.6.2 - El cristal oscilador.....	134
III.6.3 - Cadena del divisor	135
III.6.4 - Los contadores	136
III.6.5 - Procedimiento recomendado para la inicialización del reloj	142
III.6.6 - Programación de interrupciones del reloj	143
III.7 - DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO MASIVO	144
III.7.1 - TC RAM	146
III.8 - ESTANDAR RS-232C	153
III.8.1 - Adecuación al estándar RS 232	153
III.9 - MODULACION Y DEMODULACION	155
III.10 - MODULO DE ALIMENTACION	161
III.10.1 - Consumo de corriente en el sistema	162
III.10.2 - Diseño del módulo de alimentación	164
CAPITULO IV SOFTWARE DEL SISTEMA	169
IV.1 - SOFTWARE DE LA ESTACION REMOTA	171
IV.1.1 - Inicialización del sistema	172
IV.1.2 - Lógica de comunicación con la estación central	174
IV.1.3 - Verificación de dispositivos periféricos	176
IV.1.4 - Calibración de los instrumentos	180
IV.1.5 - Manejo de interrupciones del Reloj de tiempo real	182

INDICE

IV.2 - SOFTWARE DE LA ESTACION CENTRAL	185
IV.2.1 - Menú principal	185
IV.2.2 - Ventana de Archivos	187
IV.2.3 - Ventana de Gráficas	187
IV.2.4 - Ventana de Comandos	190
IV.2.5 - Ventana de comunicaciones	196
IV.2.6 - Ventana de tablas	197
CAPITULO V SENSORES PROPUESTOS	201
V.1 - SELECCION DE SENSORES	203
V.1.1 - Sensor de Velocidad del viento	204
V.1.2 - Sensor de Dirección del viento	206
V.1.3 - Sensor de Radiación Solar (Piranómetro estrella)	206
V.1.4 - Sensor de Temperatura	208
V.1.5 - Sensor de Humedad relativa	213
V.1.6 - Sensor de Precipitación	214
V.1.7 - Sensor de Evaporación	214
V.1.8 - Sensor de Presión	215
CAPITULO VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES	219
BIBLIOGRAFIA	
APENDICE A - ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS SENSORES PROPUESTOS	
APENDICE B - CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS CIRCUITOS: MAX232, DISPLAY AND 491, RTC MM58274 Y MICROCONTROLADOR MC80C552	
APENDICE C - LISTADO DE PROGRAMAS DE LA ESTACION CENTRAL Y LA ESTACION REMOTA	
APENDICE D - DIAGRAMAS ELECTRICOS	
APENDICE E - TC RAM	

INTRODUCCION

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El estudio de la atmósfera ha cobrado gran importancia desde hace muchos años, ya que incumbe a todos los aspectos de las actividades humanas, debido a lo cual posee carácter eminentemente internacional tanto en lo que concierne a su contenido como a su enfoque.

La aplicación de los conocimientos prácticos meteorológicos e hidrológicos reporta ventajas a las economías nacionales en sectores prioritarios, como son:

- El transporte, incluida la aviación comercial
- La alarma anticipada para prevenir desastres naturales
- La agricultura y las predicciones a largo plazo de lluvias estacionales
- La gestión de los recursos hidrológicos
- La vigilancia del medio ambiente, el control de la contaminación.

En muchas estaciones meteorológicas las técnicas tradicionales para tomar observaciones se siguen utilizando todavía de manera generalizada. Por ejemplo, para medir la presión atmosférica se usan barómetros de mercurio y barómetros aneroides. Esto da algunos inconvenientes, como:

- Se debe de tener personal calificado todo el tiempo para la toma de las lecturas
- Son más probables los errores del observador, es decir, errores que se deben a una mala toma de lecturas, incluyendo paralelaje, divisiones anchas de la escala, etc.
- El procesamiento de los datos recabados, así como correcciones es lento debido a que se hace manualmente. Aumenta también la probabilidad de error.

En muchas de las estaciones existentes, y que utilizan técnicas tradicionales de medición, los instrumentos empleados dejan mucho que desear. Por ser dispositivos mecánicos que necesitan de revisión periódica y que en algunos casos ésta debe ser diaria. Por el contrario, en las estaciones automáticas no se necesita de personal todo el tiempo.

Mediante instalaciones electrónicas se hace posible llevar a cabo los procesos de medición amplios y de larga duración (en los cuales se precisa de gran cantidad de tiempo para la lectura,

Introducción

valoración y documentación de los valores meteorológicos de medición) de una forma automática, más rápida, segura y económica. Incluso las grandes distancias entre el lugar de toma de datos y el receptor pueden salvarse sin dificultad alguna mediante la transmisión de datos a distancia.

En una estación electrónica los errores que se tienen son los errores producidos por el equipo, debidos a la construcción y calibración del instrumento (errores instrumentales) y a los producidos como una reacción a condiciones externas cambiantes (errores ambientales).

El departamento de Ingeniería Ambiental, de la división de Estudios de Posgrado de la Fac. de Ingeniería, y el Museo de las Ciencias, de la UNAM, como parte de la integración de su laboratorio de monitoreo ambiental y de una de sus salas, respectivamente, solicitaron al Instituto de Ingeniería el desarrollo de una Estación Climatológica.

OBJETIVO : El presente trabajo tiene como finalidad el desarrollar una estación climatológica automática que sirva para los fines de las dependencias mencionadas. Algunas de las características que debe cumplir son:

- Deberá registrar las observaciones de: Velocidad y dirección de viento, radiación solar, evaporación, cantidad de lluvia, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa.
- Deberá usar algún dispositivo de almacenamiento masivo de información.
- Deberá tener la capacidad de enlazarse vía puerto serie, o bien mediante telemetría, para integrar mediante esta última opción una red de monitoreo ambiental.
- La alimentación de la estación se hará mediante línea comercial o celdas solares.
- Se podrá utilizar como una estación de campo o de laboratorio.

CAPITULO I

METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

I.1 - INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es desarrollar e integrar una estación climatológica automática, pero se desea que ésta pueda trabajar como una estación meteorológica, si así lo requiere el usuario. Por esta razón en el presente capítulo se hace una introducción general a la meteorología, se advierte su importancia y ventajas que reporta.

Se presentan los requerimientos con los que debe cumplir una estación de este tipo; como son: los factores a considerar para la selección de su ubicación, el instrumental con que debe contar, la protección que se le debe dar al instrumental, así como los valores de exactitud y precisión con que deben cumplir los instrumentos de medición utilizados. Todos estos valores han sido obtenidos de las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Dado que se tiene planeado que la estación tenga la capacidad de conformar una red, se hace un análisis de las principales características de redes de meteorología.

Se analizan los métodos de medición que se emplean convencionalmente en la observación de las variables físicas: presión, temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación, evaporación, velocidad y dirección de viento. Para cada uno se indican sus ventajas y/o desventajas, las consideraciones para su ubicación, las normas que debe cumplir, el intervalo normal entre lecturas y el procesamiento que normalmente se le hace a la información recabada.

I.2 - METEOROLOGIA

La meteorología es la ciencia que se dedica al estudio de la atmósfera. La atmósfera además de proporcionar los elementos utilizados en los procesos biológicos, rige la vida de muchas maneras. Actúa como parasol o escudo que filtra diversos tipos de radiaciones electromagnéticas y de partículas de elevada energía procedentes del Sol y del espacio. La mayor parte de meteoritos se desintegran en ésta antes de llegar a la corteza terrestre. Los vientos transportan calor y humedad, favorecen la mezcla del aire y así crean sobre la tierra condiciones de uniformidad que de otra suerte no existirían. También impulsan las corrientes oceánicas, producen olas, erosionan el suelo, y trastornan los sistemas de comunicación y transporte. Los sonidos, los aromas y los panoramas son afectados por el estado de la atmósfera. De hecho, el hombre y sus actividades están adoptados de manera tan íntima a su ambiente atmosférico que solamente pueden tolerar, en condiciones óptimas, cambios insignificantes.

La meteorología intenta establecer las leyes físicas o relaciones que describen el estado de la atmósfera.

De entre los factores físicos que forman el medio ambiente, tales como el clima, la vegetación natural, las formas del relieve, el suelo, etc., el clima es el más importante, porque actúa sobre los otros modificándolos, de tal manera que grandes áreas con clima semejante pueden tener enorme parecido en cuanto a vegetación y suelo. Por ejemplo, las regiones de clima caliente y lluvioso de la tierra presentan, por lo general, vegetación de Selva y suelos lateríticos, no importa que la constitución original de las rocas que forman su basamento haya sido diferente en un principio.

El estado de la atmósfera en cualquier momento y lugar se expresa por una combinación de sus propiedades físicas. Estas propiedades físicas de la atmósfera son conocidas como los "elementos del tiempo y del clima" y son: a) Temperatura, b) Precipitación y humedad, c) Dirección y fuerza del viento, y d) Presión atmosférica.

El tiempo. - Desde el punto de vista climático es la suma total de las propiedades físicas de la atmósfera, o sea de los elementos, en un período cronológico corto. Es el estado momentáneo de la atmósfera.

CLIMA. - El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre. El clima es el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado.

El tiempo varía de un día a otro, el clima de un lugar a otro.

Así se dice, por ejemplo, que el tiempo probable para mañana en un lugar determinado será caluroso y húmedo, con vientos fuertes y presión baja, a pesar de que el clima en dicho lugar sea templado y seco.

Factores climáticos

Las causas que hacen variar a los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra, son las conocidas como "factores climáticos" y son a saber: a) Latitud (distancia angular al Ecuador), b) Altitud (altura sobre el nivel del mar), c) Relieve (configuración superficial de la tierra), d) Distribución de tierras y aguas, y e) Corrientes marinas.

Estos factores, actúan con diferente intensidad y en combinaciones distintas sobre los elementos y los hacen variar de una manera diferente originando los distintos tipos de clima.

1.2.1 - Utilidad de la meteorología

La meteorología es útil especialmente en:

- El transporte, incluida la aviación comercial,
- La alarma anticipada para prevenir desastres naturales,
- La agricultura y las predicciones a largo plazo de lluvias estacionales.
- La gestión de los recursos hidrológicos,
- La vigilancia del medio ambiente, el control de la contaminación.

Desde 1984 la Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization, WMO) tiene su sede en Ginebra. Tiene como misión el estudio y la predicción del tiempo, así como vigilar el desarrollo de tornados y huracanes. Diariamente se registran unas 100,000 observaciones de superficie y unas 11000 en la alta atmósfera, que comunican las 8000 estaciones terrestres controladas por la OMM, 3000 aviones y 4000 buques más las procedentes de los satélites meteorológicos, cubriendo apenas el 20% de la superficie de la tierra.

- El transporte y la aviación comercial

La aviación comercial es un sector donde se han cuantificado los beneficios derivados de la información meteorológica. Las numerosas predicciones meteorológicas que facilitan diariamente los aeropuertos garantizan la seguridad de la explotación de las aeronaves. Los cálculos efectuados hacen pensar que la reducción de la duración de los vuelos debida a los pronósticos de los valores del viento y de la temperatura podrían dar un ahorro de unos 15.000 dólares al año por avión a reacción de gran fuselaje. El servicio sería más rentable si se transfiriera tecnología moderna. Un ejemplo es la utilización del Sistema de retransmisión por satélite de datos de aeronaves (ASDAR) para retransmitir en tiempo real, datos meteorológicos para el nivel de vuelo; este sistema contribuye a mejorar las predicciones y a aumentar la seguridad de los vuelos, lo que a la vez reduce los gastos de explotación.

La información obtenida de radares y radiosondas es muy útil para evitar desastres. Las radiosondas son dispositivos de registro automático de datos que ayudan a mejorar la fiabilidad de los pronósticos de los valores de temperatura y de viento en altitud.

- Avisos anticipados para prevenir desastres naturales

Los avisos anticipados para prevenir desastres naturales, especialmente en el caso de ciclones tropicales, constituyen otro sector en el que las predicciones meteorológicas pueden ser eficaces si se adoptan medidas preventivas en el momento oportuno. Las predicciones meteorológicas, en particular del viento y del nivel del mar, son sumamente útiles para prevenir la destrucción de instalaciones en los puertos y de los bienes materiales de las poblaciones costeras. Con el transcurso del tiempo se han ido reduciendo las pérdidas de vidas humanas y bienes

materiales. Esto obedece, por una parte, al aumento de la precisión de las predicciones y, por otra, a la sensibilización cada vez mayor de la población. Los adelantos tecnológicos (perfeccionamiento de los equipos de medición del viento, ampliación de la cobertura por radar y mejoramiento de los datos satelitales), que han contribuido sin duda alguna, a mejorar las predicciones, permiten contar con un margen mayor para efectuar las operaciones de evacuación.

- La agricultura y las predicciones a largo plazo de lluvias estacionales

Los modelos de predicción de precipitaciones a diferentes escalas de tiempo y espacio son indispensables para la agricultura. Muchos Servicios Meteorológicos e Hidrológicos preparan calendarios agrometeorológicos que se utilizan con objeto de informar a los agricultores y otros agentes agrícolas sobre los periodos más apropiados para efectuar determinadas labores, por ejemplo la siembra.

Se debe insistir en la importancia de las predicciones de precipitaciones para las actividades agrícolas. Como, en general, la agricultura en las regiones tropicales depende de las lluvias, es esencial contar con predicciones precisas de las precipitaciones. Los países que dependen de lluvias estacionales, como los monzones de invierno y verano en Asia o en África oriental, tienen necesidad de predicciones sobre las fechas en que pueden comenzar y terminar las lluvias de larga y corta duración. Un error en la fecha prevista de inicio de las precipitaciones puede ocasionar un desperdicio considerable de semillas y recursos agrícolas.

- Gestión de los recursos hídricos -predicciones hidrológicas

Las predicciones hidrológicas revisten importancia para actividades tales como el control de las descargas de los ríos y los planes de riego. Este es otro sector que depende claramente de la predicción cuantitativa de las precipitaciones. Esta última requiere, a su vez, una buena red de observaciones meteorológicas. El volumen y la complejidad de los datos hidrológicos concentrados de este modo hace que sea imprescindible utilizar computadoras para procesarlos. Los beneficios derivados de la utilización de dichas tecnologías sobrepasa con creces los costos de inversión, ya que permiten mejorar las predicciones hidrológicas para controlar las descargas de los ríos y anticiparse a situaciones que conducen a crecidas.

- Gestión del medio ambiente y control de la contaminación

Si bien en muchas partes del planeta, el control de la contaminación está aún en su primera etapa de desarrollo, en algunas zonas se están aplicando medidas jurídicas sancionadoras para controlar a las industrias cuyos desechos pueden poner en peligro la atmósfera y el medio ambiente. Gracias a la modelización actualmente se está calculando cuantitativamente la difusión de la contaminación procedente de diversas fuentes. Por regla general, los insumos de los modelos

hacen necesario disponer de equipos de precisión para muestrear el aire próximo a la superficie del suelo, pero, hay que señalar que los modelos para predecir el transporte de contaminantes a larga distancia se encuentran aún en fase inicial.

1.2.2 - Clasificación de estaciones meteorológicas

Las estaciones de Observación Meteorológica, en los lugares en los cuales se evalúa uno o varios elementos meteorológicos, son clasificadas de acuerdo a su finalidad en las siguientes categorías principales.

(a) Estaciones sinópticas.- Son aquellas en las cuales se obtienen datos meteorológicos que permiten conocer, en una amplia región, el estado de la atmósfera en un momento determinado y hacer pronóstico sobre su evolución y comportamiento. Se dividen en:

De superficie:

- Estaciones terrestres con personal (principales o suplementarias)
- Estaciones terrestres automáticas (principales o suplementarias)
- Estaciones marítimas con personal (fijas o móviles)
- Estaciones marítimas automáticas (fijas o móviles)

De altitud (Alta atmósfera):

- Estaciones terrestres (radiosonda radioviento, radiosonda, globo piloto, radioviento)
- Estaciones marítimas (radiosonda radioviento, radiosonda, globos piloto, radioviento)
- Estaciones meteorológicas en aeronaves

(b) Estaciones climatológicas.- En éstas se obtienen datos meteorológicos con una consistencia, homogeneidad y duración tales, que permiten describir el clima de una región o explicarlo. Pueden ser:

- Principales
- Ordinarias
- Precipitación (pluviométricas)
- Radiométricas
- Anemométricas
- Evaporimétricas
- Estaciones para propósitos específicos

(c) Estaciones agrícolas o agrometeorológicas.- Son estaciones que proporcionan datos meteorológicos, biológicos y fenológicos útiles en la determinación de los efectos del tiempo

y el clima en el proceso evolutivo de las plantas y los animales, con el objeto de estudiar las mejores condiciones para su adaptación y óptima producción. Pueden ser:

- Principales
- Ordinarias
- Auxiliares
- Estaciones para propósitos específicos

(d) **Estaciones meteorológicas aeronáuticas.**- Están destinadas a efectuar observaciones y dar información sobre el estado del tiempo, su comportamiento y evolución para servicio de la navegación aérea.

(e) **Estaciones especiales .-** Son estaciones establecidas con carácter temporal o permanente para la observación de uno o varios elementos o determinados fenómenos. Incluyen:

- Contaminación atmosférica (ambientales)
- Estaciones para observaciones atmosféricas
- Observaciones de parásitos atmosféricos
- Detección con radar de nubes e hidrómetros
- Hidrología
- Medición de radiación o de ozono
- Microclimatología
- Química atmosférica
- Electricidad atmosférica

(f) **Satélites meteorológicos.**- Son plataformas colocadas en órbita terrestre, desde las cuales se toman fotografías a gran escala de la atmósfera y la superficie terrestre. Están también equipadas para efectuar observaciones meteorológicas y transmitir las, al igual que las fotografías, a las estaciones rastreadoras colocadas en la Tierra.

I.2.3 - Criterios para la instalación de estaciones

Al hacer el montaje de una estación meteorológica, deberá tenerse en cuenta la aplicación que se le dará a los datos, y asimismo dotarla del instrumental indispensable y buscar el sitio que permita su correcta instalación, para lo cual se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

a. Relieve

En el estudio del clima se ha determinado que en un área existen variaciones de temperatura, precipitación y velocidad del viento, etc., debido a la configuración, aislamiento, orientación y discontinuidad que se presentan en dicha área.

b. Factores geográficos

Es necesario considerar la cercanía al mar, y en áreas continentales la proximidad de almacenamientos de agua naturales o artificiales.

c. Cuencas hidrológicas

Debido a las variaciones que se presentan en una cuenca hidrológica, se requiere la correcta delimitación de ésta para poder ubicar la estación en los sitios representativos.

d. Naturaleza del suelo

La naturaleza del suelo relacionada con el conocimiento de parámetros meteorológicos es determinante en el entendimiento de cómo se presentan los procesos de erosión, escurrimiento, recarga de acuíferos, etc., por lo que es necesario considerar los sitios representativos de los principales tipos de suelo.

e. Vegetación natural

Los elementos meteorológicos como la radiación, temperatura, precipitación, evapotranspiración, etc., establecen las condiciones climáticas en que se desarrollan los diferentes tipos de vegetación natural, por lo que para el estudio de ésta, se requiere tomar en cuenta las áreas representativas de las diferentes formaciones vegetales.

f. Cultivos

Debido a la interacción que existe entre el crecimiento y desarrollo de los cultivos y los elementos meteorológicos, se deben tomar en cuenta el área donde predomina cierto cultivo, por ejemplo en una zona cañera, cafetalera, maicera, etc.

g. Zonas urbanas e industriales

En estas zonas, la necesidad de contar con datos meteorológicos como, por ejemplo, respecto a la precipitación, es de primordial importancia, ya que el recurso agua tiene un uso intensivo, y este dato se requiere para la dotación de ciertos servicios indispensables a la población como sanidad, agua potable, desagües, etc.

h. Representatividad

El lugar donde se ubicará la estación debe tener características muy similares al paisaje natural de la región.

i. Emplazamiento despejado

El terreno donde se instalará la estación deberá estar libre de obstáculos naturales o artificiales (árboles, edificios, etc.), ya que estos obstruyen el libre trayecto de los parámetros que se han de observar o registrar.

j. Terreno nivelado

El terreno seleccionado para la estación no deberá presentar depresiones, ya que esto ocasionaría problemas en la época lluviosa, como inundación. También en el acceso a la toma de las observaciones el terreno deberá estar nivelado.

1.2.4 - Caseta o abrigo meteorológico

Sirve para proteger a los instrumentos y permitir tener lecturas representativas.

Acondicionamiento.- Sus paredes están provistas de celosías, a manera de persianas, que permiten la libre circulación del aire a través de ellas.

Para evitar lo más posible la transmisión del calor desde afuera hacia el interior, el abrigo meteorológico posee doble techo formado por dos superficies que dejan entre sí un espacio por donde pueda circular el aire. De esta manera, la tapa superior puede enfriarse con el aire circulante sin transmitir su calor a la tapa inferior.

Con el mismo fin, el fondo de la caseta está formado por tablillas traslapadas o un doble piso con agujeros desalineados, impidiendo la transmisión del calor y la luz que se refleja del suelo hacia su interior.

Material.- Generalmente consiste en madera o cualquier material aislante y ligero. Se pinta de blanco a fin de que absorba lo menos posible las radiaciones solares.

Orientación.- Las puertas de la caseta deben abrirse hacia el Norte, para evitar que los rayos solares le penetren.

Instrumentos y aparatos.- Los instrumentos y aparatos que van dentro de la caseta son:

- Termómetro de máxima
- Termómetro de mínima
- Higrómetro
- Psicrómetro
- Evaporímetro tipo Piche
- Termógrafo
- Higrógrafo
- Meteorógrafo
- Polímetro

En la figura siguiente se muestra una caseta o abrigo meteorológico:

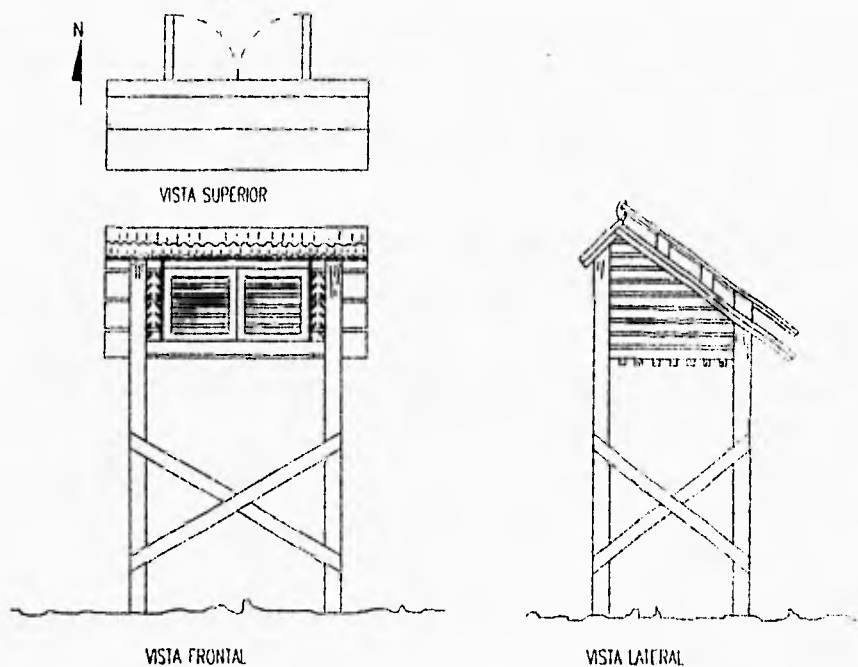


Figura 1.1. Caseta o abrigo meteorológico.

1.2.5 - Redes de estaciones

(a) Estaciones sinópticas

Deben tener estaciones principales con separaciones no mayores a 150 Km y en alta atmósfera no superiores a 300 Km. En desiertos y áreas poco pobladas se deben tener separaciones tan pequeñas como sea posible; sin embargo, observaciones de estaciones con separaciones mayores también son útiles. Las estaciones no deben separarse más de 500 Km, y en estaciones de la alta atmósfera realizando observaciones de temperatura, humedad y viento no deben separarse más de 1000 Km. Se deben realizar esfuerzos especiales para establecer una red adecuada en áreas alrededor de lugares poblados o que son atravesadas por una ruta aérea de uso frecuente. Es deseable que la red de estaciones con personal sea apoyada, si es posible, por estaciones automáticas. Las redes de estaciones sinópticas en mar deben ser establecidas a través de un programa de reclutamiento de barcos en el cual cada miembro debe dirigir al máximo la

contribución de estaciones navales móviles. Las estaciones meteorológicas deben ser establecidas ya sea individualmente o conjuntamente en áreas oceánicas cuando haya brechas grandes en la red mundial de estaciones sinópticas de superficie y de alta atmósfera.

Nota: Una densidad adecuada de los reportes superficiales en un área oceánica es al menos uno por 300 Km para cada tiempo estándar de observación, y en las de alta atmósfera reportes de uno por 1000 Km.

(b) Estaciones de observación para propósitos climatológicos

Una red de estaciones climatológicas debe ser establecida por cada miembro de la OMM en su territorio.

La red de estaciones climatológicas debe dar una representación satisfactoria de las características climáticas de todos los tipos de terreno en el territorio de cada miembro, por ejemplo: llanos, cordilleras, mesetas, costas, islas.

Un número de estaciones climatológicas, de acuerdo a convenio regional, debe ser establecido y mantenido por cada miembro.

(c) Estaciones de observación para propósitos agrícolas

Una red de estaciones meteorológicas agrícolas debe ser establecida por cada miembro en su territorio.

La densidad deseable de la red de cada categoría de estaciones meteorológicas debe ser determinada por las características meteorológicas del país.

(d) Estaciones de observación para propósitos especiales

Los miembros deben cooperar en el establecimiento de estaciones especiales para propósitos particulares.

Los miembros deben establecer y/o equipar estaciones terrestres para efectuar observaciones por radar para asegurar información acerca de otras áreas de precipitación y fenómenos asociados, acerca de la estructura vertical del sistema de nubes, para operaciones meteorológicas, investigación, etc.

Debe haber al menos una estación principal de radiación en cada zona climática principal de cada país.

La densidad de la red de estaciones de radiación ordinarias debe ser adecuada para el estudio de la climatología de radiación del país.

1.2.6 - Ubicación de estaciones meteorológicas

Cada estación debe ubicarse en un sitio que permita la exposición adecuada de los instrumentos y observaciones no instrumentales satisfactorias:

(a) Estaciones sinópticas

Cada estación debe ser ubicada de tal forma que se obtengan datos meteorológicos representativos del área en la cual ésta se sitúe.

(b) Estaciones Climatológicas

Cada estación climatológica debe ser ubicada en un lugar y bajo un arreglo que la abastecerá para operación continua por al menos 10 años, y para estar exponiéndose sin cambios por un periodo largo, a menos de que sirva para propósito especial, lo cual justifica su funcionamiento para periodos cortos.

Cada estación climatológica de referencia debe ubicarse con una exposición adecuada y no cambiante donde las observaciones puedan ser hechas en condiciones representativas. Los alrededores de la estación no deben variar mucho en el tiempo como para afectar la homogeneidad de las series de observaciones.

(c) Estaciones meteorológicas agrícolas

Cada estación debe estar ubicada en un lugar que sea representativo de las condiciones agrícolas y naturales en el área.

1.2.7 - Observaciones meteorológicas

Composición de las observaciones

Observaciones sinópticas

En una estación terrena principal, las observaciones de superficie deben ser hechas de los siguientes elementos: clima presente y pasado, dirección y velocidad del viento, cantidad tipo y altura de base de nubes, visibilidad, temperatura del aire, humedad y presión atmosférica. Además, determinado por asociaciones regionales, los elementos siguientes también podrían ser observados: característica y tendencia de presión, temperaturas extremas, cantidad de precipitación, estado de la tierra, dirección del movimiento de las nubes, y fenómenos especiales.

En las estaciones oceánicas y en estaciones de barcos seleccionadas, elementos de observación adicionales incluyen: curso y velocidad de barcos, temperatura del mar, dirección del movimiento, período y altura de olas, hielo de mar, y fenómenos especiales.

Observaciones climatológicas

En una estación climatológica principal, las observaciones se deben hacer de todos o de la mayoría de los siguientes elementos: cantidad, tipo y altura base de nubes, tiempo, viento, visibilidad, temperatura del aire (incluyendo extremos), humedad, presión atmosférica, precipitación, cantidad de aire y temperatura de tierra.

Observaciones meteorológicas agrícolas

El programa de observación en una estación meteorológica agrícola incluye observaciones del ambiente físico (temperatura y humedad del aire a diferentes niveles, temperatura de tierra, humedad de tierra a diferentes profundidades, turbulencia y mezcla de aire en la capa más baja, hidrómetros y otros factores de balance de humedad, horas sol y radiación) y observaciones de la naturaleza biológica (observaciones fenológicas; observaciones de crecimiento, de producción de productos de plantas y animales, de daños al clima directos y de daños causados por desastres y pestes).

Observaciones especiales

El programa de observación en estaciones especiales debe depender en el propósito por el cual se establece la estación.

Por ejemplo en el caso particular de medición de la radiación, en estaciones principales el programa incluye:

- (a) Registro continuo de radiación solar y de radiación del ciclo usando piranómetros de primera y segunda clase.
- (b) Mediciones regulares de radiación solar directa.
- (c) Registro de duración de horas sol.

En estaciones de radiación ordinarias el programa debe incluir:

- (a) Registro continuo de radiación solar global.
- (b) Registro de duración de horas sol.

Tiempos de observaciones

Como un principio general, la estimación de mediciones de los elementos comprendidos en una superficie sinóptica deben ser hechos en un período de tiempo tan corto como sea posible. Cualesquiera cálculos detallados asociados a rutinas de observación pero no requeridas para completar el reporte sinóptico deben ser efectuadas subsecuente o previamente.

El tiempo actual de observación es el tiempo en el cual se toman las lecturas.

Tiempo estándar de observación

Un tiempo especificado en las regulaciones técnicas para hacer las observaciones meteorológicas. El término Greenwich Mean Time, abreviado GMT, es usado en las regulaciones técnicas de OMM como un sinónimo del término Tiempo Universal (TU).

Tiempos de observación de superficie

Observaciones sinópticas deben ser tomadas en las 0000, 0600, 1200 y 1800 GMT con observaciones intermedias en 0300, 0900, 1500 y 2100 GMT. Observaciones de presión atmosférica deben ser hechas exactamente en el tiempo estándar para la observación sinóptica de superficie. La observación de otros elementos deben ser hechas dentro de los diez minutos precedentes a este tiempo.

Tiempos de observaciones aéreas

Los tiempos de observaciones aéreas sinópticas son los tiempos principales sinópticos, por ejemplo 0000, 0600, 1200 y 1800 GMT. Cuando se tomen sólo dos lecturas diarias, estas deben hacerse a las 0000 y 1200 GMT.

El tiempo actual de observaciones aéreas sinópticas regulares deben ser tan cercanas como sea posible a (H-30) y no deben ser mayores a (H-45) donde H es el tiempo estándar.

1.2.8 - Requisitos generales de una estación meteorológica

Equipo instrumental

El equipo esencial de instrumentación de una estación climatológica normal o de una estación de una red sinóptica incluye lo siguiente:

Termómetros, de bulbo seco y mojado (o higrómetros para temperaturas muy bajas)
Termómetros, máximo y mínimo

Pantalla de Termómetro
Indicador de precipitación

Otros instrumentos esenciales para una estación sinóptica y deseables para una estación climatológica son:

Barómetro
Barógrafo
Anemómetro y anemógrafo
Veleta de viento

Adiciones especiales a este equipo incluyen las siguientes:

Termógrafos	Termómetros de tierra
Hidrógrafos	Radiómetros
Registrador de horas sol	Medidores de Rocío
Psicógrafo	Evaporímetros
Indicador de precipitación	Medidor de acum. de hielo
Termómetro mínimo de pasto	

Ubicación y exposición de los Instrumentos

La naturaleza de la exposición de los instrumentos meteorológicos es un factor significativo en la medición de algunos elementos meteorológicos y debido a que las observaciones en estaciones diferentes deben ser comparables, las exposiciones deben ser similares. Los instrumentos deben estar alejados de la influencia de árboles y construcciones, en una posición que proporcione una representación clara de las condiciones en el área. Siempre que sea posible se debe evitar colocar la estación encima o cerca de: laderas acantiladas, cordilleras, riscos o cuevas. También es importante prevenir la cercanía de edificios grandes. En el caso de algunos instrumentos de medición se tiene una excepción, debido a que se requiere una distribución adecuada de árboles y arbustos o equivalentes para servir como rompeviento sin crear mucha turbulencia.

Observadores

Los observadores competentes deben cumplir las siguientes obligaciones:

- (a) Mantener los instrumentos en buen estado
- (b) Cambiar las cartas de los instrumentos de registro automático
- (c) Realizar las observaciones sinópticas y climatológicas con la exactitud requerida
- (d) Codificar y despachar las observaciones
- (e) Realizar los envíos semanales y/o mensuales de los datos climatológicos.

Los observadores que no son oficiales de tiempo completo de un servicio meteorológico pero que están designados a tomar observaciones meteorológicas en un aeropuerto, o en una estación en ruta aérea, deben estar certificados como competentes y ser capaces de observar los elementos meteorológicos con la exactitud requerida para los propósitos aeronáuticos.

Inspección de las Estaciones

Todas las estaciones sinópticas y las estaciones climatológicas principales deben inspeccionarse al menos una vez cada dos años. Las estaciones agrícolas y las estaciones especiales deben ser inspeccionadas a intervalos suficientemente cercanos como para asegurar el mantenimiento de un alto estándar de observaciones y el funcionamiento correcto de los instrumentos.

Los objetivos de una Inspección son:

- (a) Que la ubicación y la exposición de los instrumentos sea la más apropiada.
- (b) Que los instrumentos sean de patrones aprobados, en buen orden y verificados contra los estándares cuando sea necesario.
- (c) Que haya uniformidad en los métodos de observación y en procedimientos para reducción de observaciones.
- (d) Que los observadores sean competentes para realizar sus obligaciones.

1.2.9 - Requerimientos generales de los instrumentos

Características deseables

Los requerimientos más importantes en los instrumentos meteorológicos son:

- (a) Confiabilidad
- (b) Exactitud
- (c) Simplicidad de diseño
- (d) Conveniencia de operación y mantenimiento
- (e) Solidez en su construcción.

Con respecto a (a) y (b) es más importante que un instrumento sea capaz de mantener una exactitud dada en un periodo largo que tener una precisión muy alta inicialmente pero sin ser capaz de mantenerla por largo tiempo bajo las condiciones de operación. La simplicidad y conveniencia de operación son importantes dado que la mayoría de los instrumentos meteorológicos están en uso continuo año tras año y podrían estar ubicados lejos de lugares con facilidades para la reparación. Son deseables construcciones robustas en aquellos instrumentos que están completa o parcialmente expuestos a la intemperie.

Instrumentos graficadores

La mayoría de los instrumentos de registro usados en meteorología son del tipo en el cual el movimiento de partes es amplificado por palancas que mueven plumas sobre una carta en un tambor manejado por reloj. Tales registros deben estar lo más libre que se pueda de fricción, no sólo en los engranes, sino también entre la pluma y el papel. Se deben proporcionar medios para ajustar la presión de la pluma en el papel, esta presión debe ser reducida al mínimo. Se debe tomar especial cuidado en el diseño de instrumentos registradores que serán usados en climas fríos para asegurar que el funcionamiento no es afectado adversamente por frío extremo y que procedimientos de rutina (marcas de tiempo, etc.) puedan ser afectadas por el observador usando guantes.

Los instrumentos de graficación deben ser comparados frecuentemente con instrumentos del tipo de lectura directa.

Relojes y tambores de graficación

Los posibles arreglos de relojes y tambores graficadores son:

- (i) el reloj está fijo dentro del tambor y gira con éste, y
- (ii) el reloj está fijo al instrumento y el tambor gira solo,

en este último es más fácil eliminar atrasos (con respecto al *tiempo estándar de observación*), que son una de las causas principales de errores de temporizado. También disminuye el riesgo de daño al reloj dado que sólo se necesita mover el tambor para cambiar las cartas. Todavía no se ha encontrado práctico entregar estándares internacionales para rangos de relojes, valores de escalas de las cartas de registro o para las dimensiones de los tambores. Los rangos del reloj deben ser ajustados, por medio de algún regulador normalmente proporcionado, de tal manera que el rango de la revolución del tambor coincida con la escala de tiempo adoptada por las cartas. Las marcas de tiempo deben ser hechas al menos una vez al día, tanto en registradores diarios como en semanales o semisemanales, el tiempo correcto será el del minuto más cercano.

1.2.10 - Estandarización de instrumentos

Definición de estándares de medición

La palabra "estándar" y otros términos similares son usados frecuentemente para describir varios instrumentos, métodos, escalas, etc. Una nomenclatura uniforme para estándares de medición se ha vuelto necesaria debido a su mayor uso en el desarrollo tecnológico moderno y la Organización Internacional para la Meteorología (OMM) tiene bajo consideración una terminología en la clasificación de estándares. Las definiciones dadas a continuación son basadas en la terminología de la OMM.

Una unidad de medición es una cantidad tomada como de magnitud uno, en términos de la cual otras cantidades del mismo tipo son medidas. Un estándar es la incorporación física de una unidad. De esta forma la unidad de distancia es un metro y el estándar de distancia es la barra métrica internacional guardada en Sèvres, Francia. Para medir una cantidad en términos de un estándar o de aquellos derivados de éste, se usan los instrumentos estándar. A diferencia de un estándar, estos miden en un rango de valores de las cantidades involucradas. Un método estándar es un método de reproducción de la unidad de medición haciendo uso ya sea de valores fijos o de ciertas propiedades de cuerpos o de constantes físicas.

Tipos de Instrumentos estándar

- *Instrumento estándar*: Un instrumento o dispositivo para definir, mantener o reproducir la unidad de medida (o múltiplos y submúltiplos) para transmitirla a otros instrumentos o dispositivos.
- *Estándar colectivo*: Un grupo de instrumentos que sirven juntos como estándar. El valor de un estándar colectivo es la media aritmética calculada de los valores obtenidos de los instrumentos.
- *Estándar primario*: Un instrumento estándar que posee el más alto grado de precisión.
- *Estándar secundario*: Un instrumento estándar cuyo valor está fijo por comparación directa o indirecta con un estándar primario o por un método estándar.
- *Estándar de trabajo*: Un instrumento estándar para la verificación de un estándar de referencia (ver abajo) o para la verificación de instrumentos ordinarios, cuyo orden de precisión es el mismo que el de un estándar de referencia.
- *Estándar de referencia*: Un instrumento estándar para la verificación de otros instrumentos del mismo orden y precisión.
- *Estándar portátil*: Un instrumento estándar que puede ser llevado de un lugar a otro, reteniendo su calibración.
- *Estándar internacional*: Un instrumento estándar reconocido por acuerdo internacional como la base para todos los demás estándares de una cantidad dada.
- *Estándar regional*: Un instrumento estándar designado por acuerdo regional como el estándar de la región.
- *Estándar nacional*: Un instrumento estándar designado por un miembro como el estándar para su territorio.

Procedimientos para estandarización

Para tener un control efectivo de estandarización de instrumentos meteorológicos en una escala nacional e internacional, la organización meteorológica mundial ha adoptado un sistema de estándares nacionales y regionales. En general, los estándares regionales son designados por las asociaciones regionales y los estándares nacionales por los miembros individuales. A menos de que se especifique lo contrario, los instrumentos designados como estándares regionales o nacionales deben ser comparados con estándares portátiles al menos una vez cada diez años. No es esencial que los instrumentos usados como estándares portátiles posean la exactitud de estándares primarios o secundarios; sin embargo deben ser lo suficientemente robustos para resistir la transportación sin cambiar su calibración.

Similarmente los instrumentos en operación en un servicio deben ser comparados periódicamente de manera directa con los estándares nacionales. Las comparaciones de los instrumentos en un servicio deben, tanto como sea posible, ser hechas cuando se revisan los instrumentos y por lo tanto durante cada inspección periódica de la estación. Los instrumentos estándar portátiles usados por inspectores deben ser revisados contra los instrumentos estándar del servicio antes y después de un recorrido de inspección.

I.2.11 - Unidades

Las unidades siguientes deben ser usadas para las observaciones meteorológicas:

- (a) Presión atmosférica en milibars
- (b) Temperatura en grados Celsius
- (c) Velocidad de viento, en metros por segundo o en nudos
- (d) Dirección del viento en grados desde el norte en la escala 0-36 donde 36 es el viento desde el norte y 09 el viento desde el este
- (e) Humedad relativa en por ciento
- (f) Precipitación en milímetros
- (g) Evaporación en milímetros
- (h) Visibilidad en metros y kilómetros
- (i) Flujo radiactivo por unidad de área en miliwatts por cm^2 o calorías por cm^2 por minuto
- (j) Duración de sol en horas
- (k) Altura de las nubes en metros
- (l) Cantidad de nubes en octavas o decenas
- (m) Geopotencial, usado en observaciones de alta atmósfera en metros geopotenciales estándar (gpm).

NOTA: Los grados Celsius y el sistema métrico deben ser usados para la evaluación de elementos meteorológicos incluidos en reportes para Intercambio Internacional.

1.2.12 - Exactitud de las mediciones

Definiciones

En mediciones físicas, la exactitud es definida como la cercanía con la que una observación de una cantidad, o la media de una serie de observaciones, se aproxima al valor verdadero de la cantidad. Para alcanzar la exactitud en mediciones, los instrumentos deben tener y mantener una calibración bajo ciertas condiciones dadas dentro de la exactitud deseada; los errores bajo otras condiciones deben ser conocidos y ser una constante en tiempo dentro de los límites requeridos.

Un error de observación es la separación de una cantidad medida de su valor verdadero. Un error es en parte sistemático y en parte aleatorio o accidental. Un error sistemático, ya sea instrumental o debido a la *ecuación personal* del observador, usualmente puede ser encontrado y reducirse. Los errores aleatorios pueden ser reducidos en magnitud repitiendo una observación de una cantidad fija n veces y determinando la media de los n valores.

En mediciones meteorológicas, el problema de errores de valores medidos, ya sean individuales o promedio, es complicado debido a que las cantidades en sí mismas no son constantes, sino que están sujetas a cambiar en varias escalas de tiempo. Usualmente se puede discriminar entre errores aleatorios de una medida, cuando se tienen variaciones inusuales entre mediciones. Sin embargo es más difícil distinguir errores sistemáticos que afectan toda una cadena de mediciones.

Para evitar confusiones, los términos principales relacionados a exactitud son los siguientes:

- *Precisión de lectura*: La unidad más pequeña de división en una escala de medición a la cual es posible una lectura ya sea directamente o por estimación.

- *Error índice*: El error residual de un instrumento de medición o de un sistema de medición cuando está calibrado contra un instrumento estándar bajo condiciones estacionarias preestablecidas. La desviación del error índice de la media puede ser obtenida a veces por un reconocimiento de la repetitividad de la medición.

- *Tolerancia*: El error índice máximo permisible en un instrumento sobre una parte o todo su rango.

- *Ecuación personal*: El error de las lecturas de un observador que es debido a una tendencia inconsciente de su parte a leerlas muy altas o muy bajas. La tendencia usualmente es una constante (aproximadamente) para cualquier lectura dada del observador de un instrumento. El paralelaje es una fuente común de error personal.

- *Paralelaje*: Un cambio aparente en la posición de un objeto causado por el cambio en la posición del observador. Con respecto a la lectura de instrumentos meteorológicos, un error de paralelaje puede surgir cada vez que el indicador del instrumento, por ejemplo el fin de la columna de mercurio o de agua, apuntador, etc., y la escala contra la cual el instrumento va a ser leído están a una distancia uno de otro que es comparable con la longitud de la escala leible más pequeña; en cuyo caso un movimiento de la cabeza del observador puede provocar que su línea de vista intercepte el indicador con la escala en puntos diferentes y por lo tanto dar lecturas diferentes. El error es eliminado asegurando que la línea de vista al indicador está en un ángulo adecuado a la escala cuando se hace la lectura.

- *Tiempo de respuesta*: Es el tiempo necesario en un instrumento de medición o en un sistema sensor para registrar un porcentaje específico de cualquier cambio repentino en la cantidad que esté siendo medida. La referencia al tiempo de respuesta es hecha usualmente en porcentaje, por ejemplo: tiempo de respuesta de 90 por ciento, tiempo de respuesta de 95 por ciento, etc.

El término coeficiente de respuesta es usado comúnmente en la medición de una cantidad para denotar el tiempo en segundos requerido para que la diferencia de la cantidad se reduzca a $1/e$ (0.3678) de su valor inicial.

- *Error de retardo*: El error con que un instrumento podría indicar una medición debido al tiempo de respuesta del sistema de medición en un ambiente cambiante.

- *Error total de la medición*: El error total de la medición de un parámetro es estimado tomando en cuenta todos los errores conocidos, tales como: error índice, errores debidos a sensores, observación, etc. Este error puede ser estudiado experimentalmente mediante varios métodos incluyendo los estadísticos. El valor del error total siempre debe ser denotado en las unidades del parámetro medido, por ejemplo: mb, °C ó ms^{-1} y no en porcentajes de fracciones decimales del resultado medido.

Requerimientos de exactitud.

La exactitud con la que un parámetro meteorológico debe ser medido depende del propósito específico para el cual es requerido. Las comisiones técnicas de la organización mundial de meteorología han preparado tablas de los requerimientos de exactitud en los parámetros que les interesan.

En la tabla I.1 se proporcionan los requerimientos de exactitud para mediciones de superficie especificado por comisiones técnicas de Aplicaciones especiales de meteorología y climatología, Meteorología aeronáutica, Sistemas básicos, Meteorología marina, Hidrología y Meteorología agrícola.

Capítulo I. Meteorología y Climatología

Elemento	Climatología	Meteorología Aeronáutica	Meteorología Sinóptica	Meteorología marítima	Hidrometeorología	Meteorología Agrícola
I. Presión Atmosférica	(1) ± 0.3 mb	± 0.5 mb	± 0.1 mb	± 0.1 mb	-----	-----
II. Temperatura						
Bulbo Seco	(2) ± 0.1 °C	± 1.0 °C	± 0.1 °C	± 0.1 °C	-----	± 0.1 °C
Extremas	± 0.5 °C	-----	± 0.5 °C		-----	± 0.5 °C
III. Humedad						
Temp. bulbo Seco	(2) ± 0.1 °C	-----	± 0.1 °C	-----	-----	-----
Humedad relativa	(2) $\pm 3\%$	-----	$\pm 5\%$ hasta 50% $\pm 2\%$ arriba 50%	-----	-----	$\pm 1\%$
IV. Dirección del viento	(3) $\pm 10^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 5^\circ$	-----	$\pm 10^\circ$
V. Velocidad del viento	(3) ± 0.5 m/s	-----	± 0.5 m/s hasta 5 m/s, $\pm 10\%$ arriba de 5 m/s.	± 1 Nudo hasta 20 Nudos $\pm 5\%$ arriba de 20 Nudos	-----	$\pm 10\%$ arriba de 1 m/s
VI. Precipitación						
Cantidad total entre dos observaciones	0.1 mm hasta 10 mm, 2% para cant. mayores	-----	± 0.2 mm hasta 10mm, $\pm 2\%$ arriba de 10 mm	± 0.2 mm hasta 10mm, $\pm 2\%$ arriba de 10 mm	± 1 mm	0.2 mm hasta 10mm, $\pm 2\%$ para cant. may.
Intensidad	(4) ± 0.5 mm/h hasta 25mm/h, 2% para cant. mayores	-----	± 0.02 mm/h abajo de 2 mm/h, ± 0.2 mm/h entre 2 mm y 10mm/h, $\pm 2\%$ arriba de 10 mm/h	-----	± 1 mm/h	$\pm 5\%$ en periodos de 15 minutos.
VII. Evaporación	± 0.1 mm hasta 10 mm, $\pm 2\%$ para cant. may.					
VIII. Radiación						
Duración Sol	± 0.1 h					
Radiación Solar	± 1 cal/cm ² h					

Tabla 1.1. Sumario de los requerimientos de exactitud para mediciones terrenas.

- (1). El valor tiene que ser obtenido de una sola lectura.
- (2). El retardo mínimo del sensor para todas las mediciones de temperatura y humedad tiene que ser tal que un cambio de 90%, sea indicado dentro de 3 minutos con la exactitud requerida.
- (3). Se requiere que los valores medios sean sobre períodos de 3 segundos a 1 hora. La respuesta del sensor tiene que ser tal que un cambio de 90% sea indicado dentro de 3 segundos.
- (4). Se requiere que el valor medio sea obtenido sobre 1 minuto

Elemento	Exactitud requerida	Comentarios
Presión Atmosférica	±1.0 mb sobre la tierra ±2.0 mb sobre el mar	El cambio en el error entre observaciones sucesivas de 6 horas no debe exceder ±0.5 mb.
Dirección del Viento	±20 °	
Velocidad del Viento	±2 m/s abajo de 20 m/s ±10% arriba de 20 m/s	
Temperatura del aire	±1 °C	
Temperatura del mar	±1 °C	
Temperatura de punto de Rocío	±1 °C para un déficit del punto de rocío abajo de 4 °C, ±2°C para un déficit arriba de 4 °C	
Precipitación (cantidad acumulada)	±0.5 mm abajo de 5 mm, ±10% arriba de 5 mm (en tierra)	
Visibilidad	±20 % al menos cuando se esté a menos de 4 km.	
Altura de la base de nubes	±20 % al menos cuando esté a menos de 600 m	
Estado del mar (Altura de las olas)	±1 m abajo de 10 m y ±10% arriba de 10 m	
Localización geográfica cuando varía.	±1° latitud	Se piensa que este elemento debe ser determinado por la estación de edición.

Tabla 1.2 . Requerimientos de exactitud para estaciones automáticas para meteorología sinóptica.

En los siguientes apartados se presentará un breve análisis sobre las principales variables físicas consideradas en el presente trabajo.

1.3 - PRESION ATMOSFERICA

La presión atmosférica es la fuerza ejercida por el aire sobre la unidad de área.

La unidad del sistema C.G.S. para la presión es la dina por centímetro cuadrado, pero debido a que es muy pequeña, para propósitos meteorológicos, la unidad que se emplea es el milibar, definido como 1000 dinas/cm². Es muy común expresar la presión atmosférica indicando la altura de mercurio que equilibra dicha presión.

Los aparatos que miden la presión atmosférica reciben el nombre de barómetros. Usualmente los dos tipos de barómetros más empleados son: los barómetros de mercurio y los barómetros aneroides.

1.3.1 - Barómetros de mercurio

El principio de operación de este tipo de medidores se basa en la comparación de la presión atmosférica contra el peso de una columna de mercurio. La longitud de la columna es medida en una escala en unidades de presión.

Entre los requisitos para un barómetro tenemos que:

- (a) Su exactitud no debe variar en periodos de tiempo largos;
- (b) Debe ser fácil y rápido de leer;
- (c) En la Calibración contra un estándar, con error índice conocido, no se deberán exceder las siguientes tolerancias:

- Error máximo permisible alrededor de 1000 mb.	±0.3mb
- Error máximo permisible para rangos:	
(i) arriba de 800 mb.	±0.5mb
(ii) abajo de 800 mb.	±0.8mb
Diferencia entre errores en un intervalo de 100 mb o menor . . .	±0.3mb

Condiciones estándar

La altura de la columna de mercurio varia no sólo con la presión, varia también con la temperatura y su peso es función del valor de la aceleración de la gravedad en el lugar de observación. Por lo tanto, y con el fin de hacer las observaciones comparables entre sí, los meteorólogos reducen la altura de la columna de mercurio a la que tendría, si las condiciones de temperatura y de gravedad fueran estándar. Se ha escogido como valor estándar la temperatura de 0°C y como valor estándar de la aceleración de la gravedad la constante $g=9.80665 \text{ m/s}^2$.

Al tomar la lectura de la presión atmosférica, se toma también la de la temperatura, para posteriormente hacer las correcciones adecuadas (Indicadas en las normas de la OMM).

Exposición

La ubicación de un barómetro se debe seleccionar cuidadosamente. Los requerimientos principales del lugar de exposición son: temperatura uniforme, buena iluminación, un montaje sólido y protección contra manejo brusco. Por lo tanto el instrumento se debe colocar en un cuarto donde la temperatura sea constante o cambie lentamente y en la cual no ocurran gradientes de temperatura. Debe estar protegido contra los rayos solares en forma directa y no debe estar cerca de aparatos de calentamiento ni donde existan corrientes de aire. Para trabajos muy exactos la mejor ubicación podría ser un cuarto sin ventanas, sin calefacción, con un ventilador pequeño para evitar la estratificación de la temperatura. Cuando se tiene un cuarto con estratificación de la temperatura se debe procurar que la temperatura de la parte superior de la columna de mercurio sea cuando mucho dos o tres grados más alta que la de la parte inferior.

Toma de lecturas

La toma de lecturas del termómetro y del barómetro deben ser hechas tan rápido como sea posible para evitar que se calienten los instrumentos por la presencia del observador. Se usa un vernier para medir la longitud de la columna, y se debe procurar tomar lecturas cercanas a 0.1 mb.

Correcciones

Con el fin de que las lecturas de los barómetros hechas a horas diferentes y en lugar distinto puedan ser comparables, es necesario hacer las correcciones siguientes:

- (a) *Por capilaridad.*- El mercurio no moja las paredes del tubo de vidrio, así que la altura de la columna es un poco menor que la real. El constructor da el valor a añadir a la lectura.
- (b) *Por temperatura.*- Al aumentar la temperatura, el mercurio se expande e indica una altura mayor. Para corregir se usan fórmulas o tablas.
- (c) *Por reducción a nivel del mar (altitud).*- La presión disminuye al aumentar la altitud, por lo cual, las observaciones hechas a diferentes alturas deben reducirse a nivel de mar. A todas las lecturas hay que sumarles la corrección que es igual al peso de la columna de aire que existiría entre el punto en cuestión y el nivel del mar. Se usan fórmulas o tablas.
- (d) *Por latitud.*- La gravedad varía de una latitud a otra, encontrándose la máxima en los polos y la mínima en el ecuador, el valor de la gravedad a la latitud de 45° es la estándar, por lo que a otras latitudes hay que aplicar esta corrección usando fórmulas o tablas.

Exactitud general de las lecturas corregidas

El error probable de una lectura de barómetro corregida para una estación ordinaria debe estar dentro de ± 0.2 mb. Este error es principalmente el resultado de incertidumbres inevitables en la corrección del instrumento, la incertidumbre concerniente a la temperatura del instrumento y el error debido a la capilaridad.

I.3.2 - Barómetros aneroides

Aneroide viene de las palabras griegas "neros"= líquido y del prefijo "a"= sin, por lo tanto, este tipo de barómetro no contiene líquido.

Este aparato está formado de una cápsula metálica flexible, cerrada de una manera hermética, en el interior de la cual se ha hecho completa o parcialmente el vacío (cápsula de Vidi); su funcionamiento es el siguiente:

Si la presión atmosférica aumenta, la cara de la cápsula cede y comprime un resorte; si la presión disminuye, la elasticidad del resorte provoca que la caja se expanda. Estos movimientos se amplifican por medio de un sistema de engranajes, en el extremo de los cuales se encuentra un índice con una aguja oscura que señala sobre una escala graduada la presión atmosférica, otra aguja sirve de referencia para fijar la presión que existió en un momento dado, pues en la parte externa del aparato hay un botón que permite moverla.

Los requerimientos principales en un buen barómetro aneroides son:

- (a) Debe estar compensado contra temperatura, las lecturas no deben cambiar más de 0.5 mb para un cambio de temperatura de 30°C
- (b) Los errores en la escala no deben exceder 0.5 mb y debe mantenerse dentro de esta tolerancia por periodos de al menos un año
- (c) La histéresis, debida a errores de elasticidad, debe ser lo suficientemente pequeña como para asegurar que la diferencia en una lectura antes de un cambio de presión de 50 mb y después de regresar al valor original no exceda 0.5 mb.

Exposición

Los requerimientos para la exposición son los mismos que para el barómetro de mercurio, pero además se debe cuidar que las lecturas se tomen con el instrumento en la misma posición (vertical o horizontal) en que fue calibrado. Se le debe golpear suavemente antes de tomar la lectura. Si es posible se deben de tomar lecturas cercanas a 0.1 mb.

Correcciones

A este tipo de barómetros no es necesario aplicarles las correcciones por capilaridad ni por latitud, pero deben estar compensados por la temperatura del instrumento que afecta la rigidez del metal de que está hecha la cápsula y causa el debilitamiento del resorte y porque a veces queda cierta cantidad de gas dentro de la cápsula. Por tanto también en este caso se debe tomar la lectura de temperatura junto con la de presión.

Exactitud

Un buen barómetro anerode debe mantener una exactitud de ± 0.2 mb en un periodo de un mes o más tiempo, para asegurar su exactitud debe ser comparado contra el barómetro de mercurio una vez por semana.

Debido a los diversos errores posibles con los barómetros, estos deben ser revisados regularmente.

Existen diversos transductores para medir la presión, como son los de tipo capacitivos, inductivos, resistivos, piezoeléctricos, etc., pero estos más bien son para la medición de presiones elevadas (del orden de kbares o MPa) para uso industrial. En el caso de instrumentos meteorológicos se usan variaciones del barómetro anerode, por ejemplo provocando la variación de una resistencia en vez de la aguja.

1.3.3 - Reducción de la presión a nivel estándar

Como se mencionó anteriormente, las mediciones de presión a diferentes altitudes deben ser reducidas al nivel estándar (nivel del mar). Para efectuar esta reducción se usan varios métodos, sin embargo la OMM todavía no ha recomendado alguno en particular, a excepción de las estaciones de nivel bajo.

Algunos de los métodos en uso se describen en la Nota técnica de la OMM No 61- *Nota de la estandarización de la presión con métodos para la red internacional de redes sinópticas* y en la Nota No 91- *Métodos en uso para la reducción de la presión atmosférica*.

En el caso de estaciones de nivel bajo, las lecturas de presión deben ser reducidas a nivel de mar agregando a la presión de la estación una constante C dada por la expresión:

$$C = 34.68 \frac{H_p}{T_v} \text{ [milibares]}$$

donde H_p es la elevación de la estación en metros geopotenciales, y T_v es la media normal anual de la temperatura virtual en la estación en $^{\circ}\text{K}$.

Nota: El metro geopotencial estándar es definido como 0.980665 del metro dinámico, el valor del geopotencial es, para fines prácticos, igual a la altura expresada en metros.

Estación de nivel bajo: Son estaciones de tan baja elevación que si los valores extremos de la temperatura virtual son sustituidos por T_v en la fórmula, la desviación del resultado de la constante de reducción C no excede a 0.2 mb.

I.4 - TEMPERATURA

La temperatura de un cuerpo es la medida de la agitación de sus moléculas o intensidad de calor, y también puede definirse como un número medido en una escala. En meteorología interesa la temperatura de cuerpos en el aire, en el suelo y en el agua.

El calor se transmite de un punto a otro de tres maneras diferentes: 1) Por conducción, 2) Por convección y 3) Por radiación.

La conducción se efectúa al poner en contacto dos cuerpos de diferente temperatura, de manera que el más caliente se enfría mientras el más frío se calienta.

La convección se efectúa sólo en los fluidos, en virtud de movimientos de las porciones del fluido que se desplazan de la parte que está más caliente hacia las partes más frías, como resultado de diferente densidad, adquirida por las porciones del fluido en contacto directo con la fuente de calor.

El calentamiento por radiación se efectúa por medio de ondas electromagnéticas. Las radiaciones se distinguen principalmente por su longitud de onda.

Para la mayoría de los propósitos meteorológicos, la temperatura es referida a la escala Celsius ($t^{\circ}C$). La definición de la escala Celsius en términos de la temperatura termodinámica absoluta ($T^{\circ}K$) es dada por la relación:

$$t^{\circ}C = T^{\circ}K - 273.15$$

Importancia de la temperatura en las plantas:

Los procesos fisiológicos en los organismos vegetales, tales como respiración, fotosíntesis, asimilación y transpiración, transcurren solamente a determinadas temperaturas, son diferentes para las plantas de distintas especies e incluso para diversos periodos de su vida. Por lo cual la temperatura del aire tiene una gran importancia en la vida de las plantas.

I.4.1 - Temperatura del aire

La temperatura del aire se refiere al aire libre a una altura entre 1.25 y 2 metros sobre el nivel del suelo. Para propósitos agrícolas la temperatura puede ser medida en diferentes niveles en la capa adyacente al suelo (desde la tierra hasta unos diez metros arriba del límite más alto de la vegetación predominante).

Las temperaturas del aire deben ser tomadas a tiempos fijos, junto con los valores extremos.

I.4.2 - Temperatura del suelo

En este caso se debe registrar el tipo de suelo, la cubierta del suelo y el grado y dirección de la pendiente de la tierra. Siempre que sea posible se debe indicar constantes tales como densidad del grosor, conductividad térmica y contenido de humedad.

Los termómetros de suelo deben ser expuestos ya sea en suelo descubierto o bajo una cubierta corta de césped. Cuando sea posible se deben usar ambas exposiciones a fin de comparar. Si la superficie no es representativa de los alrededores no debe ser menor a 100 metros cuadrados.

Las profundidades estándar para la temperatura del suelo son 5, 10, 20, 50 y 100 cm abajo de la superficie. Se pueden incluir profundidades adicionales. Cuando la tierra está cubierta con nieve es deseable medir también la temperatura de la cubierta de nieve.

En estaciones agrícolas son deseables grabaciones continuas de la temperatura del suelo y la temperatura del aire a diferentes niveles en la capa adyacente al suelo (hasta 10 metros arriba del límite superior de la vegetación predominante).

I.4.3 - Exposición

Para dar una lectura representativa de la temperatura del aire, los termómetros deben estar protegidos de la radiación del sol, del cielo, de la tierra y de cualquier objeto alrededor; pero al mismo tiempo deben estar ventilados adecuadamente. Usualmente se coloca el termómetro dentro de una cápsula o abrigo meteorológico. Los requisitos que se deben cumplir son:

- (a) Se debe poner el termómetro en contacto con el aire dentro de la cápsula, especialmente para evitar que los objetos cercanos transfieran calor por radiación o por reflexión de los rayos solares.
- (b) El abrigo meteorológico debe estar bien ventilado, situado en un lugar donde el aire circule libremente.

(c) Se ha establecido por convención que los termómetros estén a una altura de 1.5 m, para disponer de datos comparables entre las estaciones. Esto se debe a que al calentarse la superficie terrestre por la radiación solar, que es la principal fuente de calentamiento del aire, éste adquiere su temperatura por conducción con el suelo más frío o caliente y también en el mismo aire, se produce una mezcla de calor por convección; por lo cual la temperatura del aire varía con la altura.

En el caso que se deseen lecturas más exactas se debe usar ventilación artificial a fin de eliminar errores debido a radiación en días soleados, con aires ligeros que pueden dar temperaturas de 1° o 2°C más altas dentro de la caseta o en las noches claras que pueden dar 1°C abajo, también por la evaporación después de la lluvia. La ventilación debe dar un flujo de aire entre 2.5 y 10 ms⁻¹, se debe cuidar que el motor del ventilador no caliente al termómetro.

1.4.4 - Exactitud

Es recomendable que las tolerancias de fabricación de los termómetros no excedan las siguientes:

Tolerancias máximas en grados Celsius

Termómetro de máxima	arriba de	-18°C	±0.2
	abajo de	-18°C	±0.3
Termómetro de mínimas	arriba de	-18°C	±0.3
	abajo de	-35°C	±0.8
Termómetros ordinarios	arriba de	0°C	-0.2
	abajo de	0°C	+0.1
Cambios en el error en un intervalo de 17°C	arriba de	0°C	-0.3
	abajo de	0°C	0.2
			0.3

1.4.5 - Lectura del termómetro

Los termómetros deben ser leídos tan rápido como sea posible a fin de eliminar cambios en la temperatura debido a la presencia del observador. La visual debe dirigirse en forma perpendicular a la escala del termómetro, para eliminar el error por paralelaje.

Los termómetros de máxima y mínima deben ser leídos al menos dos veces al día.

La escala de los termómetros viene graduada, generalmente, en grados y 0.5 de grado, pero al hacer la lectura se debe apreciar a simple vista hasta el décimo de grado, por ejemplo: 19.3°C, 21.8°C y 29.4°C.

Un termómetro debe ser revisado al menos una vez cada dos años.

I.4.6 - Procesos físicos para medir la temperatura

- a.- Dilatación de un líquido encerrado en un tubo de vidrio.
- b.- Dilatación de un líquido dentro de una envoltura metálica y que provoca un aumento de presión.
- c.- Desarrollo de una fuerza electromotriz entre las soldaduras de un circuito formado por dos metales diferentes (termómetro de termopar).
- d.- Cambio de curvatura en una banda de metal compuesta por dos láminas metálicas que tienen coeficientes de dilatación diferentes y que están soldadas en toda su longitud (termómetro de lámina bimetalica).
- e.- Variación de resistencia eléctrica de un hilo de platino.
- f.- Variación de la resistencia de una mezcla especial de sustancias químicas (termómetro de termistancias).

I.4.7 - Principales tipos de termómetros

Termómetro de líquido en tubo de vidrio

Está formado por un depósito de vidrio, esférico o cilíndrico, que se prolonga por un tubo capilar también de vidrio cerrado en el otro extremo. Mediante la acción del calor el líquido contenido en el depósito se dilata y asciende por el tubo capilar. La lectura de la temperatura se hace sobre la escala grabada en el termómetro en donde esté el extremo de la columna del líquido cuando ésta se detenga.

Los líquidos termométricos más comunes que se utilizan son el mercurio y el alcohol etílico. El termómetro se halla en posición vertical en la caseta o abrigo meteorológico a 1.5 metros de altura sobre el suelo.

Termómetro de máxima

Se emplea para conocer la temperatura más alta de cada día. Es un termómetro de mercurio con un marcado estrechamiento en el tubo capilar cerca del depósito.

Cuando la temperatura aumenta, el mercurio del depósito se dilata con fuerza y puede pasar por el estrechamiento; al disminuir aquella, el mercurio se contrae y en la parte estrecha la columna del mercurio se corta. Al no existir ninguna fuerza que obligue al mercurio a volver al depósito, la columna permanece en el tubo capilar marcando la temperatura más alta que alcanzó.

Termómetro de mínima

Se emplea para conocer la temperatura más baja de cada día. Es un termómetro de alcohol con un tubo ancho, en vez de ser capilar, por donde pasa un índice de esmalte.

Este termómetro se coloca en posición horizontal; así, cuando la temperatura disminuye, el índice es arrastrado por el menisco que se forma en la extremidad de la columna del alcohol quedando el índice marcando la temperatura más baja; si la temperatura aumenta el alcohol pasa entre las paredes del tubo sin desplazar al índice.

Termómetro de par termoeléctrico

Su principio es el siguiente: el termopar está formado por dos hilos de diferentes metales cuyos extremos están soldados; cuando las temperaturas de cada soldadura son diferentes se produce una fuerza electromotriz, la cual se indica en un voltímetro calibrado para este fin; son muy usados como pirómetros. En ciertas aplicaciones especiales se emplean para medir temperaturas bajas.

Termómetro de resistencia de platino

El termómetro de resistencia de platino es un termómetro de gran precisión, su principio de operación se basa en la variación de la resistencia a la temperatura que presenta un hilo de platino. Se le proporciona corriente eléctrica con una pila y mediante un aparato de medida se transforman las variaciones de resistencia en valores de temperatura. Se puede utilizar para medir una extensa gama de temperaturas y también en los termógrafos.

Termómetro de termistancias

Su principio se basa en la variación de la conductividad de ciertas sustancias químicas con la temperatura; al aumentar ésta disminuye su resistencia eléctrica.

Se utilizan como termómetros de radiosonda debido a que son sólidos y pequeños.

I.4.8 - Temperaturas más comunes que se registran

- *Temperatura media diaria.* En un día, la temperatura del aire sufre muchas modificaciones, debido a las diferentes alturas que adquiere el Sol, al paso de las nubes, cambio en la intensidad y dirección del viento, etc., por lo que reporta un gran número de valores en las 24 h. Para comparar la temperatura de dos días distintos, esa gran variedad de valores es un gran inconveniente. Por lo tanto, para condensar en forma sencilla las temperaturas registradas durante el día, se recurre a la temperatura media diaria para la cual hay distintos métodos de cálculo, dependiendo de las lecturas que se tomen al día. La forma más óptima es hacer muchas lecturas al día y hacer su promedio, en el caso que se tomen sólo dos o tres lecturas diarias se tiene un error más grande.
- *Temperatura media mensual.* Es el promedio de las temperaturas medias diarias.
- *Temperatura media anual.* Es el promedio de las temperaturas mensuales.
- *Temperatura máxima diaria.* Es la temperatura más alta registrada en el día.
- *Temperatura máxima mensual.* Es el promedio de las temperaturas máximas diarias.
- *Temperatura máxima extrema mensual.* Es la temperatura más alta que se registra en el mes (puede ser en un día o más).
- *Temperatura máxima absoluta.* Es la temperatura más alta registrada desde que se estableció la estación de observación.
- *Temperatura mínima diaria.* Es la temperatura más baja registrada en el día.
- *Temperatura mínima mensual.* Es el promedio de las temperaturas mínimas diarias.
- *Temperatura mínima extrema mensual.* Es la temperatura más baja que se registra en el mes (puede ser en un día o más).
- *Temperatura mínima absoluta.* Es la temperatura más baja registrada desde que se estableció la estación de observación.
- *Temperatura media normal diaria.* Es la temperatura de cuando menos 30 años. Para su cálculo se procede así:

Se desea calcular la temperatura normal diaria para la estación y se dispone de 30 años de observaciones por ejemplo de 1951-1980; para conocer la temperatura normal del 1o. de enero de 1980, se sumará la temperatura media del 1o. de enero de 1951 más la media de 1952 y así hasta

el 1o. de enero de 1980. La suma de estos valores se divide entre 30 y el resultado será la temperatura normal del 1o. de enero de 1980.

Se procede igual para los otros 364 días del año.

-- *Temperatura media normal mensual.* Es la temperatura media mensual de un registro de cuando menos 30 años.

Para efectuar su cálculo se procede aplicando el ejemplo anterior con meses en vez de días.

Para conocer la temperatura normal de enero de 1980, se hará el promedio de la temperatura media de enero de 1951 más la de 1952 más la de 1953 hasta la de 1980.

Se procede igual para los otros 11 meses del año.

-- *Temperatura media normal anual.* Es la temperatura media de un registro de cuando menos 30 años.

Para calcularla se promedian las temperaturas medias anuales de los 30 años.

En los tres puntos anteriores se hace referencia a la temperatura media, pero si el cálculo se hiciera con el dato de temperatura máxima o mínima y según fuera éste, diario mensual, o anual, se hablaría de temperatura máxima normal diaria, temperatura mínima normal diaria, temperatura máxima normal mensual, temperatura mínima normal mensual, temperatura máxima normal anual y temperatura mínima normal anual.

1.4.9 - Amplitudes y oscilaciones térmicas

-- *Amplitud diaria (aperiódica).* Es la cantidad de grados existentes entre la temperatura máxima y la temperatura mínima registradas en un día.

-- *Amplitud media diaria mensual (aperiódica).* Es la cantidad de grados existentes entre la temperatura máxima media y la mínima media en un mes.

-- *Amplitud media diaria mensual normal (aperiódica).* Es el promedio de las amplitudes medias diarias de un mes determinado de un periodo de por lo menos 30 años.

-- *Amplitud anual.* Es la diferencia de temperatura media existente entre el mes más caluroso del año y el mes más frío.

-- *Amplitud normal anual.* Es la diferencia de la temperatura media normal mensual del mes más caluroso y el mes más frío del año.

1.5 - HUMEDAD

La humedad de la atmósfera es el vapor de agua que, en un porcentaje muy variable (desde 0 a 25%), según el espacio y el tiempo, está presente en la tropósfera (capa que se prolonga desde el nivel del mar hasta una altura media de 11 Km). Se tiene que:

Aire húmedo = aire seco + vapor de agua

El aire seco y el vapor de agua son independientes entre sí y siguen las leyes de la Física en concordancia con sus respectivas propiedades.

1.5.1 - Importancia del vapor de agua

El vapor de agua contenido en la atmósfera tiene grandes consecuencias meteorológicas y climáticas, a saber:

- (a) Absorbe selectivamente por medio de varias bandas de absorción a la energía irradiada por la Tierra, ya que es casi transparente a la radiación solar y, por lo tanto, regula la rapidez de la pérdida de calor; el vapor de agua desempeña también un papel importante en el calentamiento y enfriamiento de la atmósfera, ya que actúa como un abrigo que le impide la pérdida de la energía. Absorbe muy fácilmente las radiaciones térmicas, por lo que el aire húmedo se calienta más que el aire seco bajo la acción directa de los rayos solares.
- (b) La cantidad de vapor de agua en la atmósfera representa una forma de calor latente de condensación que se libera al formarse las nubes. Un kilogramo de vapor de agua al condensarse o formarse, puede calentar o enfriar en un grado de temperatura 2000 m³ de aire.

Constituye por esto un vehículo de transporte de energía en la atmósfera que es fácilmente acarreada por los vientos y a grandes distancias.
- (c) La cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera regula la velocidad con que se evapora el agua de la superficie terrestre y de los mares.
- (d) Por su condensación o congelación, produce numerosos fenómenos meteorológicos como: nubes, niebla, nieve, granizo, rocío, etc.
- (e) Desde el punto de vista agrícola:
 - e.1 Regula la desecación de los suelos.
 - e.2 Influye en la velocidad de transpiración de las plantas.
 - e.3 Favorece o no la aparición de plagas o enfermedades agrícolas.

I.5.2 - Variación del vapor de agua en el aire

Las variaciones más notables de la humedad en el aire, en el tiempo y en el espacio, son:

- a. La diaria.- Su marcha diaria es inversa a la de la temperatura.
- b. La anual.- Determinada por la variación anual de la temperatura y por el régimen pluviométrico.
- c. La causada por la altura.- No existen leyes precisas al respecto, pero la temperatura disminuye con la altura y en consecuencia la capacidad del aire para mantener vapor de agua.
- d. La causada por la latitud. Esta variación es muy irregular. Con la latitud disminuye la temperatura del Ecuador hacia los polos.

Tensión de vapor

Es la presión parcial que ejerce (por su fuerza de expansión) el vapor de agua presente en el aire; se expresa en mm de mercurio (Hg) o milibares (mb).

$$1 \text{ mb} = 0.75 \text{ mm Hg}$$

Los aparatos de medición son el espectrógrafo de masa y los radioisótopos (dan medidas muy precisas).

La tensión de vapor más elevada (30 mb aproximadamente) se observa en las regiones tropicales cerca de la superficie del mar.

Tensión de vapor a saturación

Es la tensión de vapor ejercida por el vapor de agua contenido en un volumen de aire saturado a la temperatura del aire contenido en ese volumen. (Varia con la temperatura) Por lo común, se expresa con la letra E.

I.5.3 - Formas como se expresa el contenido del vapor de agua en la atmósfera

- Humedad absoluta.

Es la verdadera cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera. Es el peso del vapor de agua por unidad de volumen. Se expresa en:

$$\text{g}(\text{de vapor de agua}) / \text{m}^3 (\text{de aire})$$

Pero como estas unidades dependen de la presión del aire y por tanto, cambian con la altura, se da preferencia a dos unidades que son independientes de la presión del aire, esto es:

a. **Humedad específica.**
g(de vapor de agua)/ Kg (de aire húmedo).

b. **Mezcla de humedad.**
Es la relación de cantidad(masa) de vapor de agua a cantidad(masa) de aire seco.

Se expresa en:
g(de vapor de agua)/Kg (de aire seco)

-Humedad relativa o porcentaje de humedad.

Para expresar el contenido de vapor de agua en el aire es mejor basarse en la presión que ejerce, no en su masa.

La humedad relativa es la relación expresada en porcentaje entre la tensión de vapor de aire y la que tendría si en las mismas condiciones de temperatura alcanzara la saturación. También es el cociente entre la tensión de vapor actual e y la tensión de vapor de saturación E , correspondiente a la temperatura de dicha masa de aire:

$$HR = \frac{e}{E} \times 100$$

El aire está saturado de humedad cuando la HR es 100%.

- Déficit de saturación (D_s).

Es la diferencia entre la tensión máxima que puede tener la atmósfera para una temperatura dada y la tensión actual. Se expresa en mm Hg o mb.

$$D_s = E - e$$

-Punto de rocío.

Es la temperatura a la cual el aire queda saturado por enfriamiento, sin adición de vapor de agua ni variación de presión (proceso isobárico). Toda reducción de temperatura (enfriamiento) posterior produce condensación, así se forma la niebla y el rocío.

También puede decirse que es la temperatura a la que el vapor de agua de la atmósfera empieza a condensarse.

El contenido de vapor de agua es constante para cualquier temperatura de punto de rocío. Este concepto es muy útil para expresar la humedad atmosférica, ya que se usa para pronosticar la posibilidad de formación de nieblas, nubes, etc.

1.5.4 - Métodos de medición

Los métodos para medir la humedad del aire usados en el trabajo meteorológico caen en cuatro clases principales:

- (a) Método termodinámico (psicrómetros)
- (b) Método usando el cambio en la dimensión de sustancias higroscópicas (higrómetros del aire)
- (c) Método de absorción usando un cambio en la resistencia eléctrica
- (d) Método de condensación (Higrómetros de punto de rocío o de congelación).

Los dos últimos son usados en mediciones de la alta atmósfera.

Higrómetro

Mide la humedad por el alargamiento de un cuerpo higroscópico, siendo éste el cabello humano, en el cual las células están juntas, pero cuando el aire está húmedo, los espacios intercelulares y las células mismas absorben vapor de agua y el cabello aumenta en longitud y diámetro.

El cabello que se utiliza recibe un tratamiento previo hirviéndolo con sosa cáustica para quitarle la grasa.

El higrómetro consta de un índice (que se mueve sobre una escala que indica la humedad relativa) apoyado en un fulcro y se halla en equilibrio bajo la acción de un pequeño peso y la fuerza elástica ejercida por el haz de cabellos.

El higrómetro de cabello es un instrumento muy sencillo; no muy exacto, debido a que la calidad del cabello no es constante, pues lo inhabilita la grasa y el polvo.

El higrómetro se debe colocar en una caseta o refugio meteorológico. Debido a que el amoníaco es muy dañino para el cabello, se deben evitar exposiciones cerca de plantas industriales o lugares donde lo usen. El cabello debe ser lavado con agua destilada y se debe cuidar de no tocarlo con los dedos.

El higrómetro debe ser golpeado suavemente con un dedo antes de tomar la lectura. Las lecturas deben ser lo más cercanas al uno por ciento de humedad relativa.

Psicrómetro

Indica la humedad del aire mediante la comparación de las temperaturas registradas simultáneamente por un termómetro seco y otro húmedo.

El psicrómetro está compuesto de dos termómetros comunes de mercurio, uno seco y el otro húmedo. El termómetro húmedo tiene su bulbo envuelto por una fina muselina (tela clara y transparente hecha con hilos de algodón muy finos y retorcidos con textura de tafetán) empapada de agua destilada (está en contacto con un vasito de agua); este termómetro será más o menos enfriado por evaporación e indicará una temperatura T_1' inferior a la temperatura T_1 dada por el termómetro gemelo seco.

La evaporación del agua depende de la humedad ambiental del aire, llegando incluso a ser nula cuando el aire se halla saturado.

Así, la diferencia de temperatura entre los termómetros (diferencia psicrométrica) depende definitivamente de la humedad atmosférica y el valor de la misma se lee directamente conociendo la diferencia psicrométrica en unas tablas previstas para tal efecto.

Para obtener la tensión de vapor actual (e), la saturación (E), la humedad relativa (HR), el déficit de saturación (D_s) y el punto de rocío (P_r), se requiere del uso de tablas y fórmulas:

Con los termómetros:		Con tablas se obtiene E y E' :
Temp. bulbo seco = T_1	----->	E (tensión a saturación)
Temp. bulbo húmedo = T_1'	----->	E'

Se obtiene la diferencia psicrométrica:

$$T_2 = T_1 - T_1'$$

$$e' = 0.495 T_2$$

Con lo que obtenemos la tensión del vapor actual:

$$e = E' - e' \text{ [mm Hg]}$$

Humedad relativa: $HR = \frac{e}{E} 100[\%]$

Déficit de saturación: $D_s = E - e \text{ [mm Hg]}$

Punto de rocío: $P_r = 6.6e \text{ [}^\circ\text{C]}$

Este instrumento es preciso a temperaturas altas, pero su sensibilidad disminuye cuando éstas son bajas:

Si suponemos que la lectura del bulbo seco está dando la temperatura real del aire, la tabla siguiente muestra el error aproximado causado por un error de 0.5°C en la lectura del bulbo húmedo para varias temperaturas del aire:

Temp. del aire	-25	-15	-5	+5	+15	°C
Error en HR	44	20	11	7	2	por ciento

Como vemos, un error de unas decenas de grado hará que la observación sea absurda para temperaturas bajas, mientras a una temperatura moderada dará un error pequeño.

Las mediciones del psicrómetro deben ser tomadas a una altura entre 1.25 y 2 metros sobre el nivel del suelo.

Elemento de medición con base en el cloruro de litio (LiCl)

El principio de trabajo se basa en las propiedades del cloruro de litio: la absorción intensiva de agua y, en consecuencia, la conductividad eléctrica. Una corriente eléctrica caliente, mediante un sistema de electrodos, al cloruro de litio hasta que el agua absorbida se evapore, disminuyendo la conductividad eléctrica de LiCl. Mediante este procedimiento se obtiene un equilibrio de temperatura que sólo depende de la humedad absoluta del ambiente.

Elemento de medición capacitivo

Una hoja de plástico está vaporizada por ambos lados con una capa metálica permeable al vapor de agua. La hoja representa el dieléctrico de un capacitor de placas, las capas de metal constituyen sus electrodos. Bajo la influencia de la humedad del aire varía la constante dieléctrica y con ello la capacitancia del condensador. La variación de capacitancia es convertida en una señal eléctrica.

I.6 - EVAPORACION

La evaporación es el paso lento del agua del estado líquido al estado de vapor. Este fenómeno se lleva a cabo solamente en la superficie del líquido.

La razón de evaporación está definida como la cantidad de agua perdida por el fenómeno de evaporación de una unidad de área en una unidad de tiempo. Puede ser expresada como el volumen de líquido evaporado por área en unidad de tiempo. La unidad de tiempo puede ser la hora o el día y la pérdida de agua en milímetros o centímetros.

I.6.1 - Factores que afectan el fenómeno de evaporación

El proceso de evaporación se ve influenciado por varios elementos meteorológicos: la radiación solar, la temperatura del aire, tensión del vapor y la velocidad del viento.

La intensidad de evaporación del aire libre es tanto más intensa:

- a) Cuanto mayor es la superficie del líquido expuesta al medio ambiente
- b) Cuanto más elevada es la temperatura del líquido y del aire
- c) Cuanto más baja es la presión barométrica
- d) Cuanto más seco se halla el aire
- e) Cuanto más activas son las corrientes que renuevan la capa que está en contacto con el líquido.

I.6.2 - Medidores de evaporación

El término evaporímetro es aplicado a los dispositivos en los cuales se mide la cantidad de agua pérdida por evaporación en una superficie saturada.

El evaporímetro es básicamente un tanque que almacena agua y permite el paso de la radiación solar para que ocurra la evaporación.

I.6.3 - Exposición

Existen tres formas de colocar el tanque:

- a) El tanque se encuentra por debajo del nivel de la tierra.
- b) El tanque está sobre el nivel de la tierra, la superficie de evaporación está ligeramente por

encima del nivel de tierra.

c) El tanque sujeto a una plataforma se encuentra flotando.

En todos los casos el tanque debe de estar construido con material anticorrosivo.

Cuando el tanque se encuentra instalado sobre el nivel de la tierra hay menor posibilidad de que el agua del interior se ensucie y tenga que ser cambiada. La desventaja que presenta este tipo de colocación es que existe mayor evaporación debida a la energía radiante adicional que se intercepta en las paredes. Esto puede ser evitado si se aíslan las paredes pero esto implica aumento de material y por lo tanto aumento del costo.

Cuando el tanque está enterrado se eliminan los efectos de la radiación en las paredes pero aumenta la posibilidad de captación de basura lo que hará que la frecuencia de limpieza se incremente, además la medición de evaporación en un tanque enterrado se ve afectada por la humedad del suelo y el tipo de vegetación que le rodea.

La principal desventaja de un tanque que flota es la dificultad para tomar las lecturas debido a que el instrumento se salpica (considerando que el instrumento de medición está dotado de una carátula en la que se muestra la medición), además este tipo de instrumento es costoso en instalación y operación.

1.6.4 - Medidores estándar

Existen varias formas de medir la evaporación:

- a) El tanque antes mencionado tiene un eje graduado de manera que se puede leer directamente la cantidad de agua evaporada en un intervalo de tiempo. Al principio del intervalo se registra el valor que reporta el eje graduado, al final del intervalo se registra nuevamente el valor que reporta el eje graduado, restando la segunda cantidad de la primera se obtiene la evaporación en dicho intervalo.

El tanque está provisto de un cilindro de reposo, y en este aditamento es donde se encuentra el eje graduado y sirve para que una parte de la superficie del agua permanezca en completa quietud y se puedan tomar las lecturas.

Este tipo de tanques se clasifica como el estándar tipo "A", el tanque está colocado sobre una plataforma que lo sitúa a 3 ó 5 cm de la superficie de la tierra. Esta plataforma permite el flujo de aire por debajo del tanque así como su drenado.

- b) El tanque antes mencionado está provisto en su interior de un sistema mecánico flotador. Este flotador mueve por medio de palancas un elemento conductor de electricidad a lo largo de un

elemento resistivo, formando así un potenciómetro, de manera que la evaporación se registra directamente sobre la variación de un arreglo resistivo.

En los tipos de mediciones anteriores es necesario que el tanque se encuentre con un nivel inicial de agua.

La cantidad de agua que se deje en el tanque dependerá de las condiciones atmosféricas del lugar. En un lugar en donde la evaporación es muy grande no debe dejarse el tanque con un nivel bajo de agua ya que esto podría provocar la evaporación total y se estaría registrando un valor erróneo. De la misma manera en algún lugar en donde la precipitación sea grande se debe de extraer agua del tanque para que se pueda registrar la evaporación.

c) El evaporímetro de Piche

El instrumento consiste en un tubo de vidrio graduado que está sellado por un extremo. Se pone agua en el interior del tubo y se cubre con un papel secante poroso, se coloca boca abajo de manera que no se salga el agua. El agua está en contacto directo con el papel secante de manera que la cantidad de agua que se evapora lo hará por medio del papel. Como el vidrio se encuentra graduado se podrá hacer la lectura de la evaporación de manera directa. Cabe señalar que las cantidades de evaporación que registra este instrumento son mayores a las que reporta el instrumento de tipo "A", razón por la cual es necesario multiplicar las lecturas por un factor de corrección, llamado coeficiente promedio que es de 0.7, este factor varía con el clima, la estación y la exposición.

Los instrumentos de medición de evaporación deben de observar las siguientes características:

- a) Que el instrumento responda bien a todos los elementos meteorológicos que afectan el proceso de evaporación.
- b) Debe de estar cercado de manera que no lo afecten variantes externos como: el paso de animales y que no entren hojas de árboles en el tanque.
- c) Vigilar que no haya pérdidas o aumentos accidentales en el volumen del agua del tanque, evitando que haya escapes por deterioro en las paredes o en el fondo.

I.7 - PRECIPITACION PLUVIAL

La cantidad de precipitación que llega a la tierra en un periodo es expresada como la profundidad que alcanzaria el agua de lluvia sobre una proyección horizontal de la superficie de la tierra si no hubiera pérdidas por evaporación o filtración.

Para una observación sinóptica de superficie, la cantidad de precipitación es la suma de las cantidades de precipitación líquida y el equivalente de precipitación sólida, es decir, si existe algún tipo de precipitación sólida se tiene que esperar a que se tenga solamente componente líquido.

La única diferencia entre la llovizna y la lluvia es el tamaño de las gotas. El diámetro de las primeras es generalmente inferior a 0.5 mm. Las principales formas sólidas de precipitación son:

- a) nieve: cristales de hielo desarrollados a medida que atraviesan las nubes.
- b) lluvia o llovizna glacial: lluvia o llovizna que se congela al chocar con el suelo o los objetos.
- c) cellisca: pequeñas partículas de hielo que se originaron como lluvia pero se congelaron al atravesar una capa de aire frío cerca del suelo.
- d) granizo: fragmentos de hielo con diámetro de 5 a 50 mm. que proceden de nubes cumulonimbus.

La cantidad de precipitación debe preferiblemente ser medida en milímetros, las lecturas deben de tener no más de 0.2 mm. de incertidumbre si la cantidad de precipitación es igual o menor a 10 milímetros, para cantidades mayores la incertidumbre no debe de exceder el 2% del total.

La intensidad de precipitación es la cantidad de milímetros precipitados por unidad de tiempo. Según con la intensidad con la que cae la precipitación se puede clasificar en 4 formas:

- Uniforme
- Adelantada (intensidad decreciente)
- Intermedia
- Retrasada (intensidad creciente)

I.7.1 - Medidores de precipitación

El instrumento que sirve para medir la precipitación es el pluviómetro:

El pluviómetro tiene una parte receptora la cual es un cilindro descubierto que tiene la función de coleccionar el agua precipitada. El área del orificio colector es de 200 cm^2 . Debe de tomarse en cuenta que al tener que estar descubierto no tan sólo entrará agua precipitada sino que también se permitirá el paso de radiación solar, ésto producirá pérdidas por evaporación.

Existen varias maneras de medir la precipitación: dado un tiempo predeterminado se mide la precipitación que se recolectó en el tanque del instrumento. Esto se hace pasando el agua recolectada a una probeta graduada que nos dará directamente la cantidad de milímetros de precipitación. Por supuesto el proceso de drenado no es automático.

Existe otro tipo de instrumento el cual está básicamente formado por un sistema de balanceo. Este sistema de balanceo tiene en sus extremos unas copas las cuales pueden almacenar una cantidad específica de precipitación. El sistema de captación de la precipitación dirige el flujo hacia una de las copas, de manera que cuando la copa ha recibido la cantidad de precipitación máxima que puede almacenar se produce el balanceo. En el momento en que se produce el balanceo la copa que se encontraba vacía se posiciona debajo del flujo de manera que es ahora esta copa la que comienza a llenarse, además de la conmutación de copas también se produce el drenado de la copa que se encuentra llena. Cada vez que se da un balanceo se produce un cierre-apertura de un interruptor, el cual puede ser detectado en dos bornes exteriores, de modo que la cantidad de precipitación será una relación directa entre el número de pulsos registrados en los bornes y la cantidad de agua que pueden almacenar las copas.

I.7.2 - Fuentes de error

Algunas de las desventajas que presenta el sistema de balancín en su modo de operación son las siguientes:

- a) Una vez que se ha llenado una de las copas es necesario un tiempo para producirse el balanceo por completo y que la otra copa sea la que reciba la precipitación en forma continua, esto quiere decir que cierta cantidad de precipitación caerá en la copa que ya está llena mientras que debería de caer en la copa vacía, este error es apreciable sólo cuando se registran precipitaciones fuertes.
- b) Cuando se tienen precipitaciones demasiado pequeñas podría ser difícil registrar los datos de inicio y fin de la precipitación ya que el balanceo se producirá en un intervalo muy prolongado y el peor de los casos sería que se tuviera una precipitación tan pequeña que ni siquiera fuera capaz de producir un balanceo, por lo tanto sería una precipitación que no se registraría.
- c) La superficie de agua expuesta es relativamente grande por lo que puede ocurrir pérdida por evaporación, especialmente en regiones cálidas. Esto es más apreciable en regiones en donde se tienen precipitaciones ligeras.

I.7.3 - Instalación

Para efectos de recolección de la precipitación el aro superior del colector debe de nivelarse con respecto a la horizontal, de la misma manera el eje central del colector debe de coincidir con la vertical.

El medidor de precipitación no debe de tener objetos a su alrededor que interfieran con el proceso de captación, la distancia recomendada a la cual no debe haber objetos es de 4 veces la altura del instrumento.

I.7.4 - Pluviógrafo de Hellman

Otra de las maneras de medir la precipitación es por medio de un flotador: Este se llama Pluviógrafo de Hellmann. Este tipo de instrumentos están formados por un tanque el cual es el colector de la precipitación. Este tanque tiene en su interior un flotador el cual sujeta sólidamente una plumilla que actúa sobre una gráfica de papel, ésta se halla colocada en un cilindro metálico que gira por medio de un mecanismo de relojería, a razón de una vuelta por día.

El instrumento está provisto con un mecanismo de drenado el cual vacía el tanque en el momento en que se registran diez milímetros de precipitación. Este efecto se registra en la gráfica con una línea vertical de manera que la aguja se encuentra nuevamente en la posición de cero.

I.7.5 - Exposición

Los cuidados que se deben de tener en este tipo de instrumentos son los siguientes:

- a) Debe de cuidarse la parte superior que es la que colecta ya que de penetrar algún objeto podría verse afectado el corrimiento del flotador.
- b) El instrumento debe de colocarse de manera que se permita el libre drenado.
- c) No interferir con algún otro objeto el área de captación.

I.8 - RADIACION

La radiación es el proceso físico por medio del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz. No requiere de algún medio para su propagación. Existen dos tipos de radiaciones: la radiación solar y la terrestre.

La radiación que emite el sol se le conoce como de onda corta debido a que su composición espectral o distribución de longitudes de onda está comprendida entre los límites de 0.3 a 3.0 micras y su emisión sólo se presenta durante los periodos diurnos.

Las unidades para la medición de la radiación solar son mW/cm^2 .

La medición de la radiación es útil para:

- a) El estudio de la transformación de la energía en el sistema tierra-atmósfera y sus variaciones en tiempo y espacio.
- b) El análisis de la atmósfera a través de la observación de turbulencia con sus acompañantes polvo y vapor de agua.
- c) El estudio de la distribución y las variaciones de radiación de entrada con respecto a la radiación de salida.
- d) Manera en la que afecta la radiación a la biología, sirve de base para médicos, arquitectos y actividades industriales.

La radiación terrestre es la emitida por los cuerpos terrestres y se le conoce como radiación de onda larga, se caracteriza por tener emisión continua.

I.8.1 - Componentes de la radiación

La cantidad de radiación solar recibida sobre una superficie terrestre está formada por:

- a) Radiación que llega en forma directa (incidencia normal).
- b) Radiación difusa que es originada por los fenómenos de reflexión y dispersión de rayos solares por los cuerpos atmosféricos.

c) Radiación global que es la suma de las radiaciones directa y difusa.

1.8.2 - Medidores de radiación

Los instrumentos para medir la radiación son clasificados de acuerdo al tipo de radiación que detectan.

En la medida de energía debida o relacionada con la radiación térmica solar recibida sobre la Tierra, se utilizan tipos especializados de radiómetros.

El Pirheliómetro : Es un instrumento que detecta la radiación solar directa o de incidencia normal. Los pirheliómetros pueden ser montados sobre un mecanismo seguidor solar servocontrolado, para medir la radiación de incidencia normal en forma continua.

El piranómetro : Es un instrumento para medir la radiación recibida desde todo el hemisferio. Este instrumento mide la radiación global. Una aplicación importante de los piranómetros es la evaluación de los paneles solares.

El pírogeómetro : Es un instrumento para medir la radiación atmosférica sobre una superficie de cara negra horizontal y a la temperatura del medio ambiente. Es un radiómetro de infrarrojo lejano de banda ancha para medir (separadamente) la radiación terrestre entrante y saliente. Un diseño típico utiliza una ventana de silicio con un filtro de interferencia depositado al vacío sobre la superficie interior para hacer al instrumento solar ciego; proporciona una respuesta espectral entre 4 y 50 μm en luz de día y en oscuridad. La radiación emitida por el detector termopila está compensada automáticamente.

El pirradiómetro : Es un instrumento para medir tanto radiación solar como terrestre (radiación total).

1.8.3 - Estandarización

Para la calibración de los piranómetros se hace uso de un pirheliómetro y se lleva a cabo mediante comparaciones, se recomienda que la calibración se haga en un día despejado.

Otra de las formas de calibración de un piranómetro es por medio de comparaciones con otro piranómetro ya calibrado, la desventaja de este método es que toma varias semanas.

Como se mencionó anteriormente, para poder considerar un instrumento como patrón debemos de tomar en cuenta que éste debe de estar calibrado con medidas más fundamentales que

los instrumentos no considerados como patrón. En el caso de los instrumentos medidores de radiación solar tomados como patrón las cantidades fundamentales consideradas son: longitud, corriente eléctrica, resistencia y temperatura.

Han existido básicamente tres estándares para la escala de radiación. Estos estándares son el de Angstrom, el de Smithsonian y por último la escala Pirheliométrica internacional, siendo esta última la predominante. Cuando los instrumentos están basados en los otros dos principios se hacen ciertas correcciones. En el caso en que el instrumento registre escala Angstrom el valor debe de ser incrementado en un 1.5 por ciento, para convertirlo a la escala internacional, mientras que si el instrumento registra en base a la escala Smithsonian, el valor medido debe ser decrementado un 2.0 por ciento.

Para la estandarización de los radiómetros, la OMM ha recomendado el establecimiento de un sistema de centros mundial, regional y nacional de radiación. Estos centros darán la facilidad de que los instrumentos sean calibrados con la escala internacional, además se puede hacer la comparación entre radiómetros a nivel regional, nacional y mundial. La OMM ha planteado requerimientos para los centros de radiación recomendados:

Un *Centro nacional de radiación* debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

- a) Debe de tener trabajando al menos un pirheliómetro estándar del tipo Angstrom, el cual será usado como una referencia estándar de calibración de los instrumentos de radiación en la red nacional de estaciones de radiación.

Los pirheliómetros estándares de un centro nacional deben de ser comparados con el pirheliómetro del centro regional al menos una vez cada cinco años.

- b) Debe de tener las facilidades necesarias y equipo para el chequeo y estudio de la operación y desarrollo de instrumentos usados en la red.
- c) Debe de contar con personal calificado el cual tenga amplia experiencia en radiación.

Un *Centro regional de radiación* es el que ha sido destinado para la comparación internacional de instrumentos de radiación.

Cada centro regional de radiación debe de satisfacer las siguientes condiciones:

- a) Debe de poseer al menos tres pirheliómetros estándar del tipo Angstrom, uno de los cuales debe de ser comparado cuando menos una vez cada 5 años con el instrumento estándar internacional, durante una comparación inter-regional llevada a cabo por la OMM.

- b) Debe contar con lo necesario para el chequeo del equipo.
- c) Debe de tener las facilidades necesarias para la comparaciones internacional de los estándares pirheliométricos nacionales.
- d) Debe de contar con personal calificado con amplia experiencia en radiación.

Un *Centro de radiación mundial* es un centro establecido por la OMM para el mantenimiento satisfactorio de la escala pirheliométrica internacional, además dará las facilidades para la comparación inter-regional de radiómetros estándar.

El centro mundial debe de contar con:

- a) El pirheliómetro estándar de mayor precisión y exactitud, así como el equipo auxiliar de medición.
- b) Debe de servir como centro para comparaciones inter-regionales e internacionales de instrumentos de radiación.
- c) Debe de tener la capacidad e hacer comparaciones de grandes números de instrumentos en forma simultánea.
- d) Debe de contar con personal calificado y con amplia experiencia en radiación.

En la calibración deben además ser evaluadas características como:

- a) La sensibilidad del sistema, es decir, el cambio más pequeño en la cantidad que está siendo medida que puede ser detectado por el sistema.
- b) La estabilidad del factor de calibración; el cambio máximo permisible en este factor, porcentaje por año, determinación de la frecuencia con la que se requiere la calibración.
- c) El error máximo con variación en la temperatura ambiente.
- d) La no linealidad de la respuesta del sistema cuando se ha asumido lineal.
- e) La constante de tiempo del sistema, es decir, el tiempo necesario para el registro de un cambio repentino en la radiación.

Muchos instrumentos de medición incorporan termopilas como elementos sensores y las salidas son medidas con pequeñas fuerzas electromotoras. El equipo de medición a ser usado

depende de el rango de señal esperado, la precisión y la sensibilidad requeridas así como de las características de la termopila. Para mediciones instantáneas la termopila puede ser conectada a un milivóltmetro.

1.8.4 - Exposición

El piranómetro que es el instrumento que mide la radiación global está continuamente expuesto al clima por lo que debe de ser un instrumento robusto y debe estar bien fijo para que el viento no lo desvie una vez que halla sido calibrado. Debe de ser capaz de resistir efectos corrosivos, además la parte receptora de radiación debe de ser hermética.

Se debe de contemplar además que habrá necesidad de remover el vidrio que protege la parte receptora para limpiar la humedad condensada y limpiar el vidrio mismo.

Para que la radiación solar directa se mida de forma adecuada se necesita un sistema de montaje ecuatorial, es decir, se debe de asegurar que el eje principal es paralelo a el eje de rotación de la tierra.

En cuanto a la colocación de un piranómetro deben de considerarse varias cosas:

- a) El punto de captación debe de estar libre de toda obstrucción, al mismo tiempo en el caso de ser del tipo analógico debe de tener libre espacio para la facilidad de la toma de la lectura en la carátula.
- b) En el caso de estar situado en algún lugar en donde se tengan otros tipos de sensores como anemómetros o veletas se debe de estar seguro que las torres de estos instrumentos en ningún momento produzcan sombra al piranómetro.
- c) No debe de ser colocado a la cercanía de paredes que estén pintadas con colores brillantes o que produzcan algún tipo de reflexión.

1.9 - VIENTO

La distribución desigual del calor resultante de las variaciones de insolación, debidas a la latitud y a diferencias en la capacidad de absorción de la superficie terrestre, originan movimientos del aire. El viento es la componente horizontal del movimiento del aire.

1.9.1 - Componentes del viento

El viento tiene dos componentes fundamentales: la dirección y la velocidad.

La dirección:

Esta es definida como la dirección desde la cual el viento sopla y es medida en el sentido de las manecillas del reloj desde el norte geográfico, o bien se expresa en rumbos magnéticos dados por la brújula.

Unidades de medición: Preferentemente la dirección del viento debe de ser expresada en grados y debe representar el promedio de los últimos diez minutos.

Con el fin de simplificar la observación y la interpretación de la medición, se hace una división uniforme de los cuatro puntos cardinales en un total de 16 divisiones (Ver figura 1.2.), cada una de las cuales está identificada con la combinación de los puntos cardinales adyacentes.

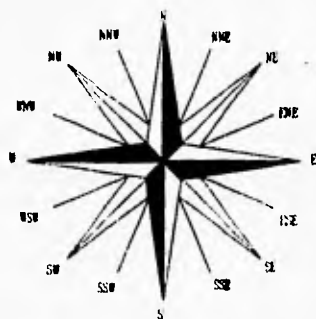


Figura 1.2. Rosa de los vientos. El oeste se señala con una "W" por convención internacional.

La velocidad:

La velocidad del viento está determinada por la diferencia de presiones entre dos zonas y la distancia media que existe entre ellas.

Unidades de medición: Preferentemente la velocidad del viento debe de ser expresada en metros por segundo o en nudos (mediciones marítimas).

La velocidad del viento es una cantidad vectorial tridimensional. Por efectos de simplicidad la componente vertical no se considera, quedando de esta manera definida en dos dimensiones, en los ejes X - Y.

I.9.2 - Medidores de viento

El instrumento que permite sensar la dirección del viento en superficie es la veleta. La veleta está compuesta básicamente por una aleta de diseño aerodinámico, en uno de sus extremos, en el otro de los extremos contiene una flecha o punta. El cruce entre el eje de la veleta y el eje de rotación de la misma debe ser el punto de equilibrio, es decir, debe de ser el punto en el cual se presente el balance y no se registre tendencia al giro cuando no corre viento.

El movimiento de rotación de la veleta es el que proporciona una referencia para tomar la dirección del viento. El generador de la señal puede estar basado en varios principios de funcionamiento, como son: potenciómetros, generadores de corriente alterna o directa, capacitores o inductores variables, agujas movidas de manera mecánica que ofrecen una lectura directa sobre una carátula e interruptores rotatorios.

Las características satisfactorias para un medidor de dirección de viento, que tiene como principio básico a la veleta, son:

Rango de operación de velocidad de viento:	0.5 a 50 m/s (1 a 100 nudos).
Linealidad y resolución:	$\pm 2^\circ$ a $\pm 5^\circ$

Para la medición de la velocidad del viento son utilizados anemómetros de copas y hélices. Básicamente un anemómetro está constituido por un rotor y un generador de señal. El rotor tiene como eje la flecha que sostiene las copas, el generador es un embobinado que en combinación con un imán permanente genera una señal de a. c., la cual es proporcional a la velocidad del viento.

En sistemas sensores bien diseñados la velocidad angular de las copas es substancialmente directamente proporcional a la velocidad del viento, además la densidad del aire no es factor que afecte la linealidad en la respuesta del sensor.

La naturaleza de la respuesta a cambios en la velocidad del viento de los sensores de copas puede ser caracterizada por una "constante de distancia", cantidad que varía en forma directamente proporcional con el momento de inercia del rotor e inversamente con la densidad del aire, depende además de un número de factores geométricos.

La constante de distancia es aproximadamente el paso del viento requerido para que la salida del sensor indique el 63 % de su valor final cuando la velocidad de entrada ha registrado una función escalón.

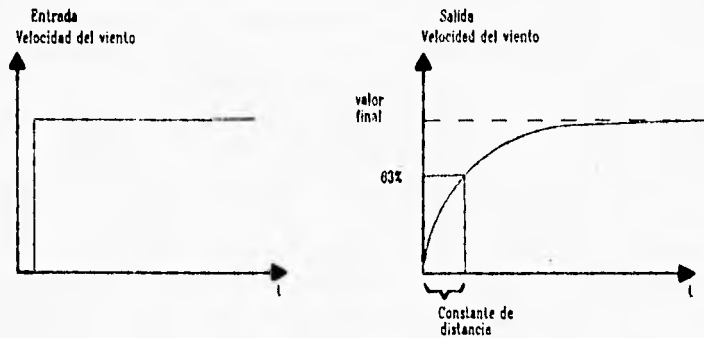


Figura 1.3. Constante de distancia.

Existen varios tipos de generadores de señal a partir del movimiento rotatorio del eje de las copas generadoras de corriente directa y alterna, generadores de pulsos ópticos y magnéticos, discos ranurados.

Se debe de tomar en cuenta que la fricción en el torque y el momento de inercia del generador de señal no amplíe la "constante de distancia", ya que de lo contrario se estará ampliando el porcentaje de incertidumbre.

Las características satisfactorias para un sensor de velocidad de viento son las siguientes:

Rango:	1 a 50 m/s
Linealidad:	± 0.5 m/s
Constante de distancia:	2 a 5 m

Una vez que se ha registrado la velocidad del viento se le asigna un nombre con respecto a la escala de Beaufort, la cual define el nombre y grado para las diferentes intensidades de velocidad del viento.

Grado	Nombres	Velocidad en:		Características en la tierra	Características en el mar	
		Nudos	m/s		altura de olas metros	nombres
0	Calma	<1	0-0.2	El humo sube vertical	0.0	Calma
1	Ventolina	1-3	0.3-1.5	El humo se inclina	0.0-0.1	Rizada
2	Flojito	4-6	1.6-3.3	Se siente en el rostro, mueve hojas de árboles	1.0-0.5	Marejadilla
3	Flojo	7-10	3.4-5.4	Agita hojas de árboles extiende banderas ligeras	0.5-1.0	Marejada
4	Bonancible	11-16	5.5-7.9	Se levanta polvo y papeles ligeros	1.0-1.25	Marejada
5	Fresquito	17-21	8.0-10.7	Forma ondas en estanques	1.25-2.5	Marejada fuerte
6	Fresco	22-27	10.8-13.8	Mueve ramas grandes	2.5-4.0	Mar gruesa
7	Frescachón	28-33	13.9-17.1	Se mueven todos los árboles, no se puede andar en contra del viento	4.0-5.5	Mar muy gruesa
8	Duro	34-40	17.2-20.7	Desgaja ramas delgadas e impide andar	5.5-7.5	Mar muy gruesa
9	Muy duro	41-47	20.8-24.4	Destrozos en edificios	7.5-10.0	Albolada
10	Temporal	48-55	24.5-28.4	Arranca árboles de cuajo	10.0-12.5	Montañosa
11	Borrasca	56-63	28.5-32.6	Destrozos graves generales	12.5-14.0	Montañosa
12	Huracán	>64	>32.7	Catástrofe	>14	De enorme peligro.

Tabla 1.3. Escala de Beaufort.

1.9.4 - Ráfaga

Uno de los fenómenos observados en el análisis del viento es la ráfaga. La ráfaga es una

desviación positiva o negativa de la velocidad del viento que no dura más de dos minutos.

La ráfaga queda determinada por varios parámetros, fig. 1.4. :

- a) *Velocidad pico de la ráfaga (p)*: La velocidad del viento asociada con la amplitud de una ráfaga positiva.
- b) *Duración de la ráfaga (tg)*: El intervalo de tiempo desde el comienzo hasta el fin de la ráfaga.
- c) *Magnitud de la ráfaga (m)*: La diferencia escalar entre el pico de velocidad de la ráfaga y el momento de calma adyacente.
- d) *Frecuencia de ráfaga (n)*: El número de ráfagas por unidad de tiempo.
- e) *Amplitud de la ráfaga (ga)*: El escalar máximo de la ráfaga medido desde la velocidad media de ráfaga.
- f) *Velocidad de ráfaga en un momento de calma (l)*: La amplitud de la velocidad del viento asociada con una ráfaga negativa.
- g) *Tiempo de formación de ráfaga (tf)*: El intervalo de tiempo desde el comienzo de la ráfaga hasta la máxima amplitud de la ráfaga.
- h) *Tiempo de la decadencia de ráfaga (td)*: Intervalo de tiempo desde la máxima amplitud de la ráfaga hasta el fin de la misma.

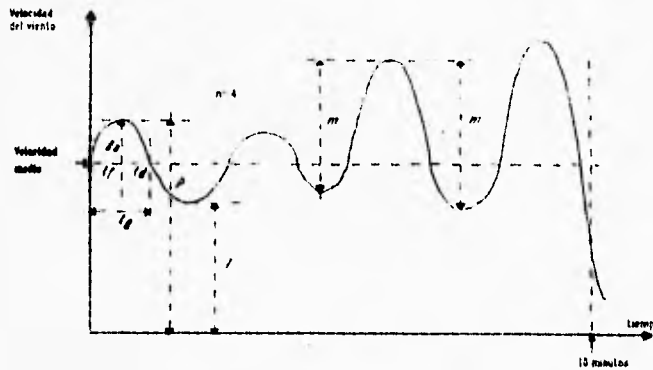


Figura 1.4. Parámetros de la Ráfaga.

CAPITULO II

CONCEPTOS BASICOS

En este capítulo se presentan herramientas útiles para el entendimiento de conceptos que se manejan posteriormente en el desarrollo del sistema. Primero se da una descripción básica de comunicaciones, se presenta el estándar RS-232 y protocolos de protección, corrección y detección de errores. Debido a que el sistema utiliza telemetría, se hace una breve descripción de ésta, también considerando que el sistema debe poder alimentarse con baterías, paneles solares y línea comercial, se describen tipos de baterías, su proceso de carga y principios para seleccionar la más adecuada dependiendo de la aplicación; se menciona el principio de funcionamiento de los paneles solares, los tipos de regulación de mayor uso, así como las fuentes conmutadas.

II.1 - ESTANDAR RS-232C

Esta norma (RS 232) se destina específicamente a transmisiones de datos a un solo hilo a cortas distancias, con bajas velocidades de transmisión. A continuación se definen los requisitos básicos para la transmisión y la recepción con dicho estándar:

Para el transmisor:

- 1.- La salida debe de poder soportar un circuito abierto o un corto circuito a tierra, a cualquier alimentación o con cualquier otro conductor del cable.
- 2.- La impedancia de reposo (ausencia de alimentación) debe ser mayor que 300 ohms.
- 3.- El voltaje máximo en circuito abierto debe ser de ± 25 V.
- 4.- La corriente máxima de salida en corto circuito debe ser 500 mA.
- 5.- El valor absoluto del voltaje de salida, con cargas de 3000 y 7000 ohms, debe ser mayor de 5 V y menor de 15 V.
- 6.- Los tiempos de subida y bajada de la salida, dentro de los límites tradicionales de más o menos 3 V, no deben exceder 1 ms.
- 7.- La pendiente máxima de salida no debe exceder 30 V/ μ s.

Los requisitos del receptor RS 232 son:

- 1.- La impedancia de entrada debe ser mayor que 3000 ohms y menor que 7000 ohms.
- 2.- La capacitancia máxima de derivación para la entrada del receptor y cable conector debe ser menor que 2500 pF y no debe de presentar componentes inductivas.
- 3.- Voltaje de entrada de circuito abierto menor de 2.0 V.
- 4.- La velocidad máxima de transmisión de datos es de 20 000 bits/seg.
- 5.- Límites de voltaje de entrada ± 25 V.

Definición de las terminales en conectores RS 232:

Para facilitar la interconexión de los equipos según la norma RS 232, se ha normalizado también la distribución de las 25 terminales de un conector tipo D para interfaces RS 232.

Pin en el DB 25	EIA	RS 232	Descripción
1	AA	PROT	Tierra de protección
2	BA	TXD	Datos transmitidos
3	BB	RXD	Datos recibidos
4	CA	RTS	Solicitud de envío
5	CB	CTS	Listo para envío
6	CC	DSR	Equipo de datos listo
7	AB	GND	Señal de Tierra
8	CF	---	Detector de portadora
9-14	SBA	---	No definido
15	DB	---	Reloj de bit transmitido, interno
16	SBB	---	No definido
17	DD	---	Reloj de bits recibidos
18 Y 19	SCA	---	No definido
20	CD	DTR	Datos de terminal listos
21	CG	---	No definido
22	CE	RI	Indicador de llamada
23	CH/CI	---	No definido
24	DA	---	Reloj de bit transmitido, externo
25		---	No definido

Tabla 2.1. Descripción de las terminales RS 232 para conector DB25.

En seguida se describen algunas señales de la interface:

SEÑAL DE TIERRA: todos los niveles de las señales de otros dispositivos son medidos con respecto a este punto.

RXD (recepción de dato): la secuencia de pulsos que representa los datos recibidos por el DCE (equipo de comunicación de datos) es puesto sobre este circuito.

TXD (transmisión de datos): la secuencia de pulsos que representa el dato mandado desde el DTE (equipo de procesamiento de datos) es puesto sobre este circuito en tiempos apropiados dictados por el procedimiento especificado en el protocolo.

RTS (petición de envío): El equipo de procesamiento de datos (DTE) activa este circuito cuando está listo para mandar un dato

CTS (listo para envío): El equipo de comunicaciones (DCE) activa este circuito cuando está listo para aceptar un dato proveniente del DTE.

DSR (dato listo): El modem activa este circuito cuando ha sido encendido y está listo para operar.

DTR (datos de terminal listos): El DTE activa este circuito para hacer saber al modem que está listo para mandar y recibir datos.

RI (indicador de tono): el modem (DCE) activa este circuito para decirle al DTE que una señal de tono está siendo recibida.

Este estándar presenta algunas características consideradas como limitaciones:

La impedancia del receptor está definida entre 3000 y 7000 ohms lo cual es mayor a cualquiera de las impedancias características de cualquier cable.

De la misma manera la impedancia de salida del transmisor debe ser 300 ohms, lo cual también es muy alto.

Los microprocesadores y sus circuitos integrados asociados son comúnmente alimentados con + 5 V. Los niveles de voltaje de la interfaz RS 232 son más altos y además bipolares, por lo tanto se requieren de fuentes de alimentación extras.

II.2 - DISCIPLINAS DE COMUNICACIONES

Una disciplina de comunicaciones o protocolo, es un juego de reglas y procedimientos que proporcionan una técnica uniforme para gobernar una línea de comunicaciones. Estas reglas y procedimientos proveen la administración, asignación y control, de los recursos involucrados, además, establecen métodos para evitar y/o solucionar problemas acontecidos por situaciones de excepción, ocurridas en cualquiera de los elementos que intervienen.

El siguiente esquema ejemplifica la división de las disciplinas de comunicaciones tomando sólo algunas de la enorme variedad existente:

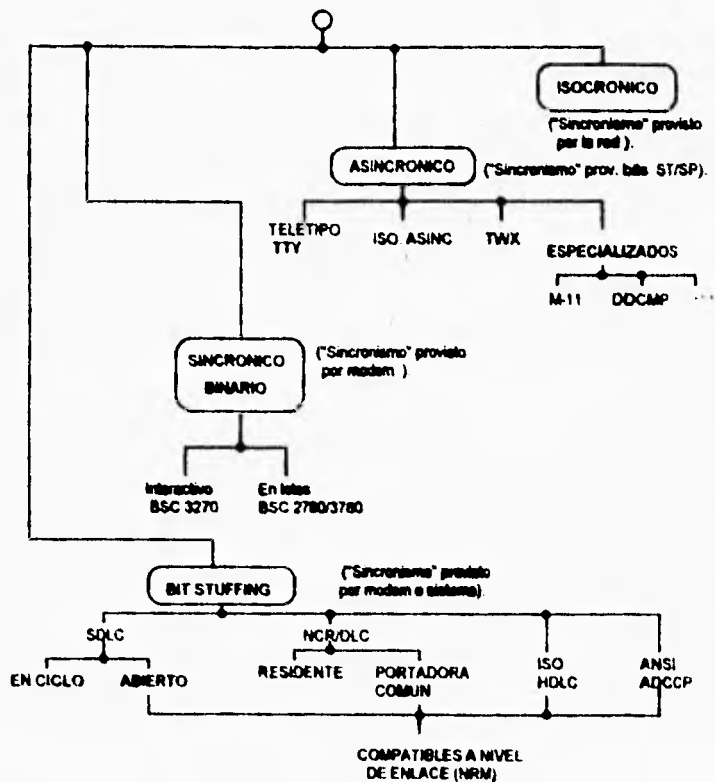


Figura 2.1. División de las disciplinas de comunicaciones.

II.2.1- Características de las disciplinas de comunicaciones

Formatos del mensaje

Dependiendo del protocolo de que se trate, y del tipo de información que se desee transmitir, la disposición de los caracteres de control y dato, se encuadra en secuencias de distinto aspecto.

Procedimiento de establecimiento de llamada

Este aspecto varía para cada disciplina. En general, hace referencia a un procedimiento específico para lograr el "contacto" con el interlocutor deseado.

Procedimiento de terminación y desconexión de enlace

Al igual que el anterior, depende de la disciplina y en general, especifica las reglas que deben utilizarse para lograr la finalización ordenada y controlada de una sesión de transmisión.

Procedimiento a seguir para la transferencia de los datos

Se puede operar en los modos SPX (Simplex), HDX (Half Duplex) o FDX (Full Duplex) según el protocolo, aunque muchas veces una misma disciplina puede trabajar en más de un modo de operación. También debe considerarse la conveniencia del punto a punto o multipunto y de la utilización de polling.

Períodos de tiempo cumplido (TIME-OUT)

Supongamos que un adaptador de comunicaciones está realizando el "sondeo" de una línea. Luego de enviar un mensaje de invitación a transmitir (modalidad de salida), el adaptador cambia a modalidad de entrada para aceptar la respuesta desde el dispositivo tributario. Si este último por algún motivo, no contestara, el adaptador podría quedar "esperando" para siempre. Para evitar esta situación, en el momento de enviar el mensaje de invitación se "prende" un reloj que cuenta un intervalo de tiempo predeterminado. De esta manera, el adaptador retoma el control de dos formas:

- 1.- Porque llegó una respuesta "que lo activa",
- 2.- Porque lo activa el reloj, cuando se vence el tiempo estipulado.

Modalidad de Transmisión.

La modalidad de transmisión denota la existencia o no de una irregularidad o intervalo no constante entre dos eventos consecutivos que ocurren en una línea.

En una transmisión asincrónica no existe sincronismo a nivel de mensaje pero si existe sincronismo a nivel de carácter. El tiempo entre dos caracteres consecutivos no es constante ni determinable. Depende de sucesos incontrolables tales como el de constituir la digitación consecutiva de dos teclas por un operador. Para "sincronizar" el byte, se utilizan dos bits de control, se les llama bits de "START" y "STOP".

En una transmisión sincrónica existe un sincronismo a nivel de mensaje, esto es, cuando existe regularidad entre los caracteres de un bloque. Sus principales características son:

- Los datos se almacenan temporalmente en un registro (buffer) antes de su transmisión. Cuando todo el bloque (mensaje) está listo, se intenta su envío.
- Por lo tanto, los datos se transfieren en bloques y no carácter a carácter.
- Los pulsos de sincronización del modem regulan el espacio de los bits y no el adaptador.
- Existe un esquema definido y uniforme para la transmisión de los bits del mensaje.
- No se usan bits "ST/SP", por lo que el largo total es generalmente menor.
- Usualmente la transmisión de datos sincrónica permite mayores velocidades que la asincrónica.

Procedimientos de detección y corrección de errores

Muchas pueden ser las causas que alteran las señales transmitidas a través de un medio físico de comunicaciones. Existen dos formas principales para detectar y si es posible corregir parte o todos los errores ocurridos en una transmisión:

1.- *Requerimiento automático de repetición: ARQ (Automatic Request for Repeat).*

- a).-Detección: *Chequeo de paridad vertical: VRC*
 Chequeo de paridad bidimensional: VRC/LRC
 Chequeo polinomial o cíclico: CRC

El chequeo por paridad consiste en generar un bit adicional para cada byte, con este bit la suma de los unos y ceros de un byte siempre dan como resultado un número par (o impar según se haya determinado). De esta forma se tiene paridad par y paridad impar, la cual es verificada al recibir la información. En el VRC la generación del bit de paridad se hace a nivel de Byte. En el LRC se hace tomando 7 bits y agregando al final la paridad sobre cada i-ésimo bit. En el VRC/LRC se toma una matriz y se genera la paridad sobre columnas y renglones.

El chequeo CRC consiste en generar un polinomio de protección, siendo comúnmente de 2 ó 4 bytes; es a nivel de mensaje. Para la generación del polinomio se sigue un algoritmo de divisiones XOR.

b).-Corrección: "Pare y espere" (Stop and wait ARQ)

Consiste en:

- 1.- Transmitir un mensaje
- 2.- Detenerse
- 3.- esperar respuesta (reconocimiento positivo o negativo)
- 4.- accionar según la respuesta:
 - retransmitir (negativo)
 - continuar con el sig. mensaje (positivo)

Se utilizan los caracteres de control del código ASCII :ack, nack, eot, etc.
El número de retransmisiones normalmente es un parámetro programable.

"Contínuo" (Continuous ARQ)

Se utiliza con modalidad FDX (Full Duplex) de transmisión.

-**Variante Retroceda 2:** Se envía una respuesta de reconocimiento por cada dos mensajes transmitidos. Es decir, mientras se está enviando una, se está reconociendo por la otra vía (FDX), el anterior, con el consiguiente ahorro de tiempo.

-**Variante retroceda n:** Es el método utilizado en los protocolos orientados al bit, tipo HDLC. Se establece a priori un "módulo" que indica cada cuantos mensajes transmitidos se va a enviar una respuesta de reconocimiento positivo.

En caso de un error en los datos recibidos (detectado generalmente usando CRC), se pide que se retransmita a partir del mensaje x retrocediendo $n=m-x$, con m =módulo.

-**Repetición selectiva:** Es otra forma de corrección por retransmisión en la cual en lugar de solicitar la repetición parcial o total de una secuencia de mensajes, se pide la retransmisión de uno en particular, "seleccionándolo" por su número correlativo, dentro de la secuencia recibida.

Todas las formas ARQ usan el fenómeno de reenvío del mensaje (o grupo de mensajes) para intentar subsanar el problema. Las desventajas de este procedimiento son, entre otras, la pérdida de tiempo, sobrecarga de las líneas y determinación del criterio de selección del número de retransmisiones. Así mismo, el coeficiente de eficiencia del protocolo se ve muy disminuido en caso de muchos reconocimientos y retransmisiones.

2.- Corrección de errores hacia adelante: FEC (Forward Error Correction).

En general hace referencia a un método (hay muchos) de codificación de los datos, para efectos de asegurar una mayor confiabilidad a los mensajes transmitidos. Esto se logra mediante el uso de un algoritmo que modifica la ubicación de los bits originales, agregando otros, que permiten que el extremo receptor sea capaz de reconstruir el mensaje original aún en el caso de que se hayan introducido errores -durante la transmisión- que afecten una larga secuencia de bits (varios cientos por ejemplo).

Este método a diferencia del de repetición, no requiere reconocimientos ni retransmisión de mensajes.

Como se puede ver existen distintas formas de detectar y corregir errores en la transmisión. La utilización de una u otra forma depende del código del lenguaje, de la disciplina y del nivel de seguridad buscado con relación a la aplicación.

II.2.2 - Tipos de disciplinas de comunicaciones

Las disciplinas se pueden dividir en dos clases: orientadas al carácter y orientadas al bit. Estas últimas son la clase moderna de protocolo y aparecen a mediados de la década del 70. En los apartados siguientes se describen las características de las principales disciplinas de comunicaciones.

TTY (Teletypewriter)

Fue y sigue siendo una disciplina de muy amplia difusión, a pesar de que puede considerarse que carece de las ventajas de otras más evolucionadas.

Sus elementos característicos son:

- Orientado al carácter.
- Asincronismo a nivel de mensaje y sincronismo a nivel de carácter mediante bits de ST/SP.
- Transmisión carácter a carácter.
- Código ASCII, no hay transparencia.
- Control de paridad por carácter (VRC), como método de detección de errores.
- Velocidad hasta de 19,200 bps.
- Transmisión bidimensional alternada o simultánea (TWA o TWS).
- 2 ó 4 hilos
- Sólo conexión punto a punto
- La comunicación es en modo conversacional. Puede trabajarse en transmisiones en lotes.
- Carece de mecanismos de corrección de los errores ocurridos en una transmisión.

ISO Asincrónico (ISO: International Standards Organization)

Es una especie de extensión del TTY a la conexión multipunto. Sus características principales son:

- Orientada al carácter.
- Emplea código ASCII.
- Utilización de líneas de 4 hilos.
- Velocidad hasta de 9600 bps.
- Asíncrona a nivel de mensaje, sincrónica a nivel de byte con bits de ST/SP.

- Admite la conexión multipunto con y sin elementos intermediarios.
- Filosofía de comunicación basada en sondeo.
- Detección de errores mediante control de paridad vertical y longitudinal (VRC y LRC).
- Transmisión bidireccional alternada y simultánea (TWA y TWS).
- Corrección mediante retransmisión, transparente al usuario final.
- Utilización de caracteres de control de dos tipos:
 - De control de la comunicación.
 - De formato del mensaje (constructores de formato) y de separación de campos.
- Operación en ambiente manual o discado.
- Posibilidad de tener diagnósticos: ciclos 1,2,3 y 4.
- Generación del encabezamiento del mensaje.
- Sondeo de grupos.
- Selección rápida de estación tributaria.
- Selección de grupos.
- Selección total (Global).
- Modo "contención", es decir, la posibilidad de que una estación tributaria despierte al sistema central.
- Uno o dos bits de stop.
- Responder NACK en errores de paridad o saturación del buffer.
- Control de entrega de mensajes (mediante ACK y NACK).

CARACTER	NOMBRE	PROPOSITO
ACK	Reconocimiento positivo	1) Paridad correcta 2) Listo para recibir mensaje
NACK	Reconocimiento negativo	1) Paridad incorrecta 2) No listo para recibir
EOT	Fin de la transmisión	1) Fin de la secuencia de transmisión; desconexión 2) No hay mensaje listo para envío
ENQ	Inquiere	1) Usado luego de la expiración de un período (tiempo cumplido), para efectos de requerir la respuesta adecuada.

Tabla 2.2. Significado de los caracteres de control que figuran en el código ASCII.

Disciplinas de Comunicaciones Binario Síncronas (BSC)

El protocolo de comunicaciones síncronas más usado hasta hace poco tiempo se conoce como BSC (Binary Synchronous). Aunque este protocolo fue desarrollado por la IBM para comunicaciones entre procesadores y entrada remota de lotes, muchos son los proveedores que lo han adoptado.

Emplea código ASCII. Es una modalidad de transmisión orientada al carácter, en donde cada bloque enviado debe comenzar con dos bytes de sincronización (a veces más de dos).

Por lo general, los mensajes van encerrados entre uno o más caracteres de relleno, para efectos de proveer a los adaptadores en los extremos de la línea, del tiempo necesario para reaccionar a los caracteres de sincronización y estabilizar la línea.

Cuando se desean enviar datos que no respetan uno de los códigos admitidos, debe usarse la opción de transparencia de código, la cual implica el uso de un carácter de control adicional.

En BSC, el encabezamiento contiene información provista por el usuario y no es solamente un campo de control del enlace de datos. Comandos de control de línea para "sondeo", direccionamiento, etc., se proveen en un mensaje de control separados (a diferencia de los protocolos orientados al bit), en lugar de estar contenidos en el encabezamiento. El control de la línea está mezclado con el control del dispositivo y con los comandos de control de extremo a extremo.

En BSC, cada mensaje debe ser reconocido individualmente, ya sea positiva o negativamente. Esta forma de control de seguridad (que también existe en el ISO ASYNC) tiene el grave inconveniente de introducir grandes demoras debido a la propagación, cuando se usan satélites.

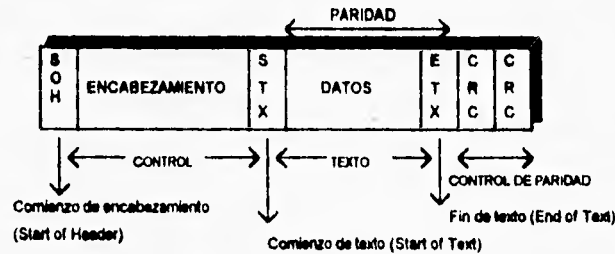


Figura 2.2. Ejemplo de mensaje BSC.

En las tablas 2.3 y 2.4 se muestran los caracteres de control que se deben emplear para el control de la transmisión y secuenciamiento dentro del BSC.

CARACTER	NOMBRE	PROPOSITO
SYN	Sincronización	Provee un patrón de bits para la sincronización de la estación receptora. También se usa para relleno.
ENQ	Inquiere	Requerimiento de respuesta; solicitud de control de línea y a veces fin normal de texto.
SOH	Encabezamiento	Inclusión de datos auxiliares precediendo al texto del mensaje.
STX	Comienzo de Texto	Comienzo de los datos en el bloque.

NAK	Reconocimiento negativo	Detección de un error en un bloque de datos. También significa condición de "no listo".
ETB	Fin de la transmisión del bloque	Fin de bloque... y siguen más.
ETX	Fin de texto	Como ETB, pero no siguen más bloques.
EOT	Fin de la transmisión	La estación no tiene datos para transmitir.
DLE	Escape de enlace	Uso múltiple como carácter modificador del control.
ITB	Fin de bloque intermedio	Como ETB, salvo que la estación receptora no hará reconocimiento luego del chequeo de error.

Tabla 2.3. Caracteres de control de la transmisión BSC.

CARACTER	NOMBRE	PROPOSITO
ACK0 ACK1	Reconocimiento positivo	Usados alternativamente para reconocer la recepción correcta de bloques de datos. ACK0 para bloques pares, ACK1 para impar. ACK0 también se usa como respuesta positiva a un intento de control de línea
DLE EOT	Desconexión obligatoria	Usado en una línea discada para indicar que la estación transmisora está "colgando" y por lo tanto la receptora debe hacer lo mismo.
TTD	Demora temporal del texto	Cuando la estación emisora, en control, no tiene aún listo el siguiente bloque para envío. Evita el "TIEMPO CUMPLIDO".
WACK	ACK y espere antes de transmitir	Transmitido por una estación receptora como reconocimiento positivo y para indicar que aún no está disponible para aceptar otro bloque.
RVI	Interrupción de reversión	Transmitido en lugar de un reconocimiento positivo, indicando la necesidad de enviar un mensaje de alta prioridad a la estación que tiene el control de la línea.

Tabla 2.4. Caracteres de control de secuenciamiento en BSC.

INCONVENIENTES DE BSC:

- Sólo maneja datos constituidos por octetos (o por una cantidad cualquiera de caracteres de tamaño fijo).
- Requiere muchos caracteres especiales de control, originando problemas de transparencia.
- Por naturaleza, es seniduplex, del tipo pregunta y respuesta, e incapaz de aprovechar apropiadamente un circuito dúplex, elemental, como el canal de retorno en un modem V26.

Disciplinas orientadas al bit

Una nueva serie de procedimientos de control de enlace de datos ha surgido como mecanismo de control de línea para las diversas arquitecturas. Conocido bajo diferentes nombres: ADCCP, HDLC, LAPB, SDLC, UDLC, DLC, etc. se basa en organización y formato orientado a bits, más que orientado a caracteres. Ofrece un método para corregir defectos pasados que se encuentran en protocolos anteriores.

El principal requisito para este nuevo procedimiento era que apoyara las nuevas necesidades para operaciones interactivas. Con este fin, se identificaron como esenciales las siguientes capacidades:

- 1.- Operación independiente del código (transparencia). El usuario debe ser capaz de elegir el código o patrones de bits a usar en la transferencia de datos, sin tener en cuenta el procedimiento de control de enlace que se está utilizando.
- 2.- Adaptabilidad a diversas aplicaciones, configuraciones y usos de manera coherente. La composición de los procedimientos debe ser tal que sean aplicables inmediatamente a circuitos físicos de dos cables o cuatro cables, en configuraciones punto a punto o multipunto, en circuitos conmutados o no conmutados.
- 3.- Transferencia de datos alternada en dos sentidos, como también simultánea en dos sentidos. Debería ser posible la operación más eficaz que resulte en un mayor rendimiento y menor costo donde existen requerimientos de flujo de tráfico en dos sentidos.
- 4.- Alta eficiencia. La relación de intercambio de transferencia de datos a intercambio de control por unidad de tiempo debe ser alta. La organización de los controles de enlace de datos debe permitir que se transporten funciones múltiples en cada transmisión; por ejemplo, transferencia de datos, reconocimiento de datos recibidos en transmisiones anteriores, más, en el caso de una estación de control, interrogación para transmisión de retorno.
- 5.- Alta confiabilidad. Todas las transmisiones, datos y controles deben estar protegidas de errores de transmisión y deben tener un mecanismo de detección y corrección de errores.

Para satisfacer las necesidades mencionadas se han identificado tres modos de operación en transferencias de datos. Ellos son:

- 1.- El modo de respuesta Normal (Normal Response Mode- NRM) para uso en configuraciones punto a punto y multipunto.
- 2.- El modo de respuesta Asíncrono (Asynchronous Response Mode- ARM) para uso en configuraciones punto a punto y multipunto.
- 3.- El modo Balanceado Asíncrono (Asynchronous Balanced Mode- ABM) solamente para configuraciones punto a punto.

HDLC (High Level Data Link Control)

HDLC es un procedimiento de línea estándar de ISO aplicable a una amplia gama de configuraciones y modos de comunicación. No sólo considera la clase de problemas en

comunicaciones bilaterales, sino que también puede utilizarse (como el BSC) en configuraciones multipunto. Existen otros protocolos similares al HDLC, y de hecho la mayoría son subconjuntos válidos de HDLC. Algunos ejemplos son el control de enlace de datos sincrónico de IBM (SDLC, Synchronous Link Control), y los protocolos de acceso al enlace (LAP, LAP-B, Link Acces Protocols), de la recomendación X25 de CCITT para la interfaz de redes de datos por conmutación de paquetes.

La transparencia

En cualquier procedimiento de línea que transmite bloques, debe existir un método para determinar el comienzo y el fin de un bloque en recepción. Si el inicio es conocido, el final podría determinarse encabezando el bloque con el número de caracteres que contiene, o de bits, si el procedimiento está orientado a bit. Sin embargo, aún es necesaria una indicación del comienzo, y éste debe ser necesariamente un símbolo especial, que puede servir también para determinar el final, haciendo por tanto innecesaria la cuenta.

La existencia de un símbolo especial plantea el problema de la transparencia: ¿Cómo puede conseguirse que dicho símbolo especial nunca aparezca en la porción de datos del bloque, y permita incluir allí cualquier patrón de bits?

El procedimiento HDLC da una solución a este problema. En HDLC las tramas comienzan y terminan con un símbolo especial de 8 bits, la bandera 01111110 (Una única bandera puede servir como final de una trama y comienzo de la siguiente). Para conseguir la transparencia de la trama, dentro de la trama, cuando se encuentra cinco unos consecutivos en los datos que se transmiten, se inserta un 0, para asegurar que no se envía una bandera falsa. En la recepción se aplica el siguiente algoritmo:

Si se encuentran cinco unos consecutivos, se examina el sexto bit. Si es 0, se desecha: fue insertado, por lo que hay que quitarlo. Si es 1, se examina el séptimo bit. Si es 0, se ha encontrado una bandera y es el final de una trama. Si el séptimo bit es 1, se produjo un error; debe descartarse la porción de la trama recibida e iniciarse una búsqueda, bit a bit, de la bandera que inicia la siguiente trama (Este procedimiento también permite al emisor abortar una trama prematuramente, si lo desea, enviando siete o más unos consecutivos).

La lógica del anterior procedimiento de inserción de bits es sencillo, pero su programación es complicadísima, ya que las computadoras trabajan internamente con unidades de longitud fija (por ejemplo, octetos), y la inserción o supresión de ceros implica desplazamientos complicados de bits de un octeto a otro. Por lo tanto, la inserción y supresión de bits se realiza en hardware, por lo general en el mismo circuito integrado USART. El procedimiento también significa que la longitud de una trama, en el canal es incierta, esperándose una expansión promedio del 3% de la longitud de la trama, la máxima expansión es del 20%.

Métodos de señalización:

Se usan tres métodos de codificación de datos:

- 1.- No Retorno a Cero (NRZ). Usado cuando se emplean modems sincrónicos, o con enlaces "sin modems" si se dispone de una fuente externa de sincronización.
- 2.- No Retorno a Cero Invertido (NRZI). Usado cuando se emplean modems asincrónicos, o con enlaces "sin modems" si no se dispone de fuente de sincronización externa.
- 3.- Manchester. Usado para el enlace NCR/DLC en el domicilio.

II.3 - TELEMETRIA

La telemetría puede ser definida como la "medición remota". Es el proceso de obtener datos por medio de un muestreo de algún fenómeno particular sin la presencia de "monitores humanos". El muestreo de los datos puede ser registrado o gráfico con cualquier método de registro, de esta manera los datos pueden ser extraídos en el tiempo que convenga. Si los datos son transmitidos como una señal de radio (RF) entonces se llama radio telemetría. La telemetría de tierra utiliza cable para transmitir datos del punto de origen hacia la localidad de recepción.

Cuando el sistema de transmisión involucra más de una medición remota, las diferentes señales son multiplexadas. Esto permite el uso de un canal sencillo de transmisión/recepción. La necesidad de multiplexeo da origen a las técnicas de modulación de pulso debido a la facilidad con la que éstas pueden ser multiplexadas.

En telemetría normalmente se utilizan tres tipos de codificación: RZ, NRZ y Manchester:

La manchester es superior desde el punto de vista de sincronización, ya que ocurre una transición de un bit en cada tiempo, sin importar que carácter sea (uno o cero).

NRZ utiliza la mitad del ancho de banda que RZ o que los códigos de corrimiento de fase. De esta forma, para una cantidad dada de ancho de banda, el código NRZ puede manejar un nivel más alto de datos.

Un diagrama sencillo a bloques de un sistema de radio telemetría es el mostrado en la figura 2.3. :

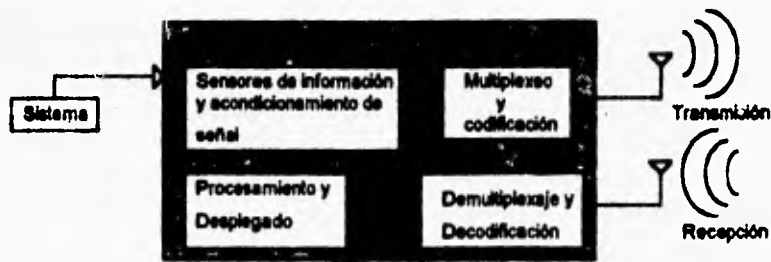


Figura 2.3. Sistema de radio telemetría.

II.3.1 - Modulación

En comunicaciones se dice que se modula una señal periódica (generalmente una oscilación sinusoidal o una sucesión de impulsos) $p(t)$, mediante otra señal $s(t)$ cuando se producen en ella modificaciones que dependen de $s(t)$.

La señal periódica $p(t)$ recibe el nombre de señal portadora y $s(t)$ es la señal moduladora.

La modulación de señales portadoras sinusoidales se efectúa para llevar la señal que se debe de transmitir a frecuencias más elevadas que las suyas propias, esto se hace por varios motivos:

- 1) El campo de frecuencias se presta mejor a la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio.
- 2) El ancho de banda relativo se reduce, lo cual facilita la construcción del transmisor y el receptor.
- 3) Existe la posibilidad de construir sistemas de transmisión múltiplexados de localización de frecuencia.

La señal portadora tiene en general una frecuencia por lo menos 10 veces superior a la máxima frecuencia de la señal moduladora, para reducir la amplitud de la banda relativa.

En una oscilación sinusoidal:

$$x(t) = a \times \cos(2\pi f t + \varphi)$$

en donde, a : amplitud de la señal f : frecuencia, y φ : fase

La señal moduladora $s(t)$ podrá influenciar a uno de los 3 parámetros mencionados y, por lo tanto, existen tres tipos de modulación sobre una señal portadora sinusoidal: modulación en amplitud, modulación en frecuencia y modulación en fase.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

La modulación puede ser analógica o digital dependiendo del tipo de señal que se module. Para señales analógicas los tipos de modulación son: AM (modulación en amplitud), FM (modulación en frecuencia), y PM (modulación en fase). Para señales digitales los tipos de modulación por pulsos son: ASK (variación de la amplitud por medio de un interruptor), FSK (variación de la frecuencia por medio de un interruptor), y PSK (variación de la fase por medio de un interruptor).

La demodulación es el proceso inverso a la modulación.

Los dispositivos que efectúan la modulación y demodulación son llamados modems.

En el caso de una modulación digital, un modem en el proceso de modulación recibe una señal binaria y proporciona una modulación. Como se muestra en la figura 2.4, para el caso de la modulación FSK (modulación en frecuencia) los "1" son convertidos a una señal senoidal de una frecuencia f_1 y los "0" son convertidos a una señal senoidal de frecuencia f_2 . En la demodulación se parte de dos señales de diferente frecuencia y se obtiene la señal binaria.

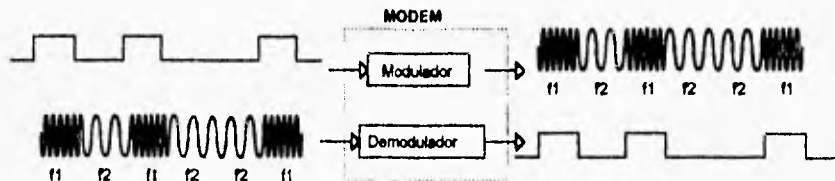


Figura 2.4. Modulación y demodulación en frecuencia.

Las transmisiones con modulación en frecuencia se emplean en radiofonía, y en muchos tipos de telecomunicaciones especiales, presentan la ventaja de ser menos sensibles a las perturbaciones.

II.4 - BATERIAS DE ALMACENAMIENTO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los tipos de baterías que pueden ser utilizadas en sistemas fotovoltaicos son:

- a) Plomo - ácido
- b) Níquel - Cadmio
- c) Níquel - acero
- d) Sodio - acero

II.4.1 - Baterías de Plomo - Acido

Estas baterías son comúnmente usadas en sistemas fotovoltaicos a nivel residencial. En el presente, sólo las baterías de plomo-ácido y en algunos casos las de níquel-cadmio son aceptables en desempeño y costo para aplicaciones fotovoltaicas de potencia.

Electrodos:

- (a) Para la placa positiva el material activo suele ser peróxido de plomo.
- (b) Para la placa negativa el material activo suele ser plomo poroso.

Electrolito:

La solución electrolítica suele ser agua y ácido sulfúrico.

Tipos de Baterías de Plomo - Acido

- *Baterías de arranque, encendido e ignición.*
 - (i) Estas baterías son usadas en automóviles para arrancar el motor.
 - (ii) Están diseñadas para entregar una corriente muy grande en un tiempo corto.
 - (iii) Placas de papel delgado permiten acomodar un gran número de estas en un espacio pequeño. El área resultante permite corrientes de 200 A o más por unos cuantos segundos sin dañar la batería.
 - (iv) Las baterías para automóviles están diseñadas para soportar 20 ciclos de sobredescarga antes de que la batería se dañe.
 - (v) Normalmente se utilizan enrejados de plomo-antimonio. En muchos tipos se ha reducido el contenido de antimonio para minimizar el rango de autodescarga y se han agregado en los enrejados cantidades pequeñas de plata, cobre, estaño y arsénico para reforzarlo y aumentar su resistencia a la corrosión.
 - (vi) Hay un buen ciclo de vida para niveles de descarga ligeros y ciclo de vida pobre para niveles de descarga profundos.
 - (vii) La vida de la batería bajo uso normal es de aproximadamente 4-5 años.

Una batería típica de automóvil de 12 V, tiene una capacidad de energía de aproximadamente 0.78 kWh; entrega 300 A por unos 20 segundos por arranque (0.02 kWh), que corresponde a un nivel de descarga de 2.56% de la capacidad total (0.78 kWh).

- *Baterías de tracción.*
 - (i) Estas son utilizadas en montacargas eléctricos, carros para minería, vehículos eléctricos, etc.
 - (ii) Tienen capacidad de ser descargadas en un 50-80% de su capacidad, en forma repetida.
 - (iii) Son construidas con placas gruesas y mayor capacidad electrolítica para hacerlas más confiables bajo condiciones de operación difíciles.
 - (iv) Están diseñadas para vida larga con ciclos de vida típicos de 1000- 2000 ciclos.

- (v) Normalmente se utilizan placas de plomo - antimonio.
- (vi) La mayoría sufre de problemas de auto-descarga y puede perderse un 30% de su capacidad en varios días sin tener carga.
- (vii) Las baterías de enrejado de plomo - antimonio pueden proporcionar unos 5 - 15 años de servicio en la ausencia de ciclos de operación de descarga profunda, mientras que las baterías con enrejados de plomo-calcio dan un poco más de tiempo de servicio dependiendo de la temperatura y otras condiciones de operación.

- *Baterías estacionarias.*

- (i) Estas son utilizadas para sistemas de respaldo en comunicaciones, sistemas de potencia, sistemas de cómputo, alumbrado de emergencia, etc.
- (ii) Comúnmente se usan enrejados de plomo de poca fortaleza, sin embargo también se usan placas de plomo-antimonio ó de plomo-calcio.
- (iii) Tienen un rango de auto-descarga (Con el tiempo se descargan aún sin tener carga).
- (iv) Tienen desempeño cíclico pobre, pero con capacidad para descargas profundas ocasionales.

- *Baterías fotovoltaicas.*

- (i) Están diseñadas para cumplir los requerimientos específicos de aplicaciones terrestres automáticas remotas, por lo que están optimizadas para proporcionar un rango bajo de operación, por ejemplo de C/500, donde C es la capacidad de descarga. El resultado es un suministro de corriente no muy alto, pero sí por un tiempo prolongado.
- (ii) Se pueden emplear electrolitos de volumen grande y/o de alta gravedad.
- (iii) Están disponibles con enrejado de plomo ó de plomo- calcio
- (iv) Hay baterías fotovoltaicas de "rango-bajo" para aplicaciones remotas con niveles de descarga bajos y baterías de "rango-medio" para sistemas fotovoltaicos de potencia donde se requieren ciclos profundos de operación.

- *Baterías electrolíticas congeladas.*

- (i) Están manufacturados en configuración sellada.
- (ii) Se utilizan enrejados de plomo-calcio.
- (iii) La solución electrolítica de sulfuro es inmovilizada mediante el uso de aditivos. De esta forma la batería es a prueba de derrames.
- (iv) Se elimina la necesidad de agregar agua.

Especificaciones de las aleaciones de las placas

Baterías de plomo-antimonio

Ventajas:

- (i) El antimonio refuerza el plomo.
-

- (ii) Son capaces de aceptar rangos de carga rápidos y entregar rangos de descarga rápidos.
- (iii) Pueden ser descargadas repetidamente en un 50-80% de su capacidad.
- (iv) Las placas de plomo-antimonio se adhieren mejor al dióxido de plomo, con lo que el desprendimiento de material activo es menor.

Desventajas:

- (i) La vida de la batería es corta.
- (ii) Tienen un rango alto de autodescarga (12% / mes)
- (iii) Debido al alto nivel de gas, la batería burbujea gas rápidamente mientras se recarga.
- (iv) Necesitan mantenimiento, el nivel del agua se debe revisar periódicamente.
- (v) Hay hundimiento de la placa positiva.
- (vi) En ciclos continuos de carga-descarga el antimonio de las placas positivas es transferido y depositado en las placas negativas. En varios años esto reduce la capacidad de la batería y se necesita mayor energía para recargarlas. El nivel de auto-descarga se incrementa significativamente con el tiempo.

Baterías de plomo-calcio.

Ventajas:

- (i) El calcio aumenta la dureza del plomo.
- (ii) A diferencia del antimonio, la presencia del calcio reduce el gas y la pérdida de agua.
- (iii) Necesitan poco mantenimiento.
- (iv) No requieren de mantenimiento si se tiene suficiente electrolito.
- (iii) Tienen un rango bajo de auto-descarga (1-3% / mes)

Desventajas:

- (i) Tienen una carga muy pobre después de una descarga profunda.
- (ii) La vida de la batería es reducida si se descarga profundamente con frecuencia. Se recomienda una descarga de un 15-25%.

Baterías de Plomo puro.

Ventajas:

- (i) Tiene un nivel muy bajo de autodescarga (1% / mes)
- (ii) Tiene una vida prolongada.

Desventajas:

- (i) Tienen placas débiles; sólo sirven para aplicaciones estacionarias.
- (ii) No pueden ser descargadas profundamente o recargadas rápidamente.
- (iii) Tienen un costo inicial elevado.

Ciclo de descarga

Cuando dos materiales diferentes como las placas positivas y negativas están sumergidas en ácido sulfúrico, se tiene un voltaje entre las placas (de unos 2.1 V por celda). Cuando se conecta una carga entre las terminales de la batería la energía eléctrica fluye de la celda a la carga, debido a reacciones químicas entre los materiales y el electrolito.

Durante la descarga se forma $PbSO_4$ en ambas placas positiva y negativa; el ácido sulfúrico es diluido por el agua formada en la placa positiva, causando un decremento en la gravedad específica del electrolito. La medición de la gravedad específica con un hidrómetro es un método exacto para determinar el nivel de carga de la batería. A medida que las placas se vuelven más similares y que el ácido se debilita, la diferencia de voltaje entre las placas se decrementa, hasta que la batería no puede proporcionar más electricidad donde se dice que la batería está descargada.

Cuando se le demanda mucha energía a la batería y en un periodo corto, ésta se descarga antes de proporcionar toda su energía almacenada. Esto se debe que la circulación del ácido en los poros de las placas es muy lenta para sostener la descarga. Sólo reaccionan los materiales cerca de la superficie de las placas, con lo que sólo se consume un porcentaje pequeño de los materiales activos. Cuando se tiene un nivel de descarga lento se consume la mayor parte del material activo, por lo que la batería proporciona toda su energía almacenada.

Ciclo de carga

Durante la carga se obliga a una corriente a circular en la celda en dirección opuesta a la de descarga, causando que se inviertan las reacciones realizadas en la descarga y restaurando a los materiales activos a su estado original. En cada ciclo de carga-descarga ocurren cambios irreversibles que causan una reducción gradual en la capacidad de la celda.

Características de las baterías de Plomo-Acido

Capacidad Amperes-hora

Esta capacidad, expresada en amperes-hora, es la cantidad de energía eléctrica que puede proporcionar la batería en un intervalo de tiempo dado, a una temperatura específica. Por ejemplo una batería con un rango de descarga de 20 horas, de 12 V y de 100 Ah (especificaciones del fabricante), en 20 horas puede entregar 5 A / h que equivalen a 1.2 kWh. En 5 horas la misma batería sólo puede entregar un máximo de 70 Ah que equivalen a 0.8 kWh. La capacidad se incrementa cuando la corriente de descarga es menor a la indicada en el rango de 20 horas y disminuye cuando la corriente es mayor.

La capacidad de la batería está determinada por su tamaño construcción, temperatura, concentración del electrolito, historia de las placas, así como temperatura y nivel de descarga.

Efecto del nivel de descarga en la capacidad.

Una batería tiene una capacidad mayor de amperes-hora para rangos de descarga largos debido a que se tiene más tiempo para que el electrolito penetre más profundo en las placas de la batería. Cuando se tienen rangos de descargas altos (en poco tiempo), sólo se utiliza un porcentaje pequeño del electrolito y de los materiales activos debido a que la circulación de ácido en los poros de las placas y la difusión del agua desde los poros es muy lenta para sostener una rango de descarga alto. Por otro lado, una penetración profunda del ácido en las placas durante descargas prolongadas o lentas, acorta la vida de la batería.

Efecto de la temperatura en la capacidad.

La capacidad de una batería de plomo-ácido disminuye en un 1% por cada 1°C de caída en la temperatura. Temperaturas bajas provocan una capacidad menor puesto que las reacciones químicas se vuelven más lentas. Hay por consiguiente una menor penetración de iones en las placas y se emplea menos material activo para la reacción.

Ciclo de vida

El ciclo de vida de una batería indica el número de ciclos a una profundidad de descarga, a una temperatura y a un rango de descarga específicos, que soporta la batería antes de que alcance el fin de su vida útil.

El fin de la vida de una batería es típicamente cuando la capacidad de la batería cae en un 20% de su capacidad original.

La profundidad de la descarga y la temperatura afectan la vida de la batería. Cuando se tienen profundidades de descarga ligeras se aumenta la vida de la batería. Con profundidades de descarga altas se reduce la vida de la batería debido a que se utiliza casi todo el material activo. El ciclo de vida de una batería disminuye con el aumento de su temperatura, debido a que aumenta la actividad en las reacciones químicas (Aumentando la capacidad de la batería). Con una temperatura baja (5 °C) el ciclo de vida se alarga, aunque la capacidad de la batería disminuye.

Rangos de descarga prolongados a pesar de que incrementan la capacidad de la batería acortan la vida de la batería, debido a que tienen una penetración más profunda del ácido en las placas.

Ventana de voltaje de una batería.

El voltaje de fin de carga que se recomienda más abajo, es establecido para un nivel que produzca los gases suficientes para mezclar el electrolito y reducir la estratificación. El voltaje de fin de descarga recomendado es establecido para maximizar la capacidad, manteniendo una larga vida útil de la batería.

El voltaje recomendado de fin de carga es, para baterías con descarga leve de 2.5-2.54 V por celda y, para una batería con descarga alta, de 2.6-2.65 V por celda.

El voltaje recomendado de fin de descarga es, para una batería con descarga leve, de 1.90 V por celda y, para una batería con descarga profunda, de 1.7 V por celda.

Al cargar la batería se puede hacer de forma lenta o rápida, de forma lenta se hace circular una corriente pequeña que restaura la mayor parte de los materiales activos a su estado original, de forma rápida la corriente es mayor, restaurando los materiales activos en menos tiempo, sin embargo, no se restauran todos los materiales ya que la reacción es muy rápida.

II.4.2 - Baterías alcalinas

Baterías de Níquel - Cadmio

Electrodos:

- (a) Para la placa positiva el material activo es hidróxido de níquel.
- (b) Para la placa negativa el material activo es una mezcla de cadmio y acero.

Electrólito:

La solución electrolítica es hidróxido de potasio.

Tipos:

- (a) Tipo "sellada" tiene integrada una válvula de presión que libera gas a la atmósfera y previene de explosión en caso de que se caliente o se sobrecargue la celda. Algunas válvulas se vuelven a cerrar y otras permanecen abiertas, permitiendo que el agua se evapore.
- (b) Las de tipo tapón tienen tapones que se abren y cierran bajo pequeños cambios de presión.

El electrolito es una solución de hidróxido de potasio en agua. Este es usado sólo para conducir la corriente entre las placas y no toma parte en la reacciones químicas.

La salida de voltaje es de 1.2 V por celda y permanece relativamente estable hasta que la batería está casi completamente descargada, después de lo cual el voltaje se cae drásticamente. Un voltaje de 1V por celda indica un estado de descarga total.

Estas baterías pueden aceptar un rango alto de descarga (relativamente) y son capaces de operar bajo condiciones de sobrecarga continua, siempre y cuando la corriente de carga no exceda C/15. Por ejemplo, una batería de 15 Ah puede ser cargada a 15 A, pero conforme alcance su

carga plena, la corriente debe ser reducida para tener una corriente final de 1 Amp (C/15) la cual puede ser mantenida indefinidamente sin dañar la batería.

Ventajas:

- (i) Tienen una vida prolongada y necesitan poco mantenimiento.
- (ii) Son capaces de ser descargadas profundamente sin dañar la batería.
- (iii) Su desempeño casi no es afectado por la temperatura a diferencia de las baterías de plomo-ácido.
- (iv) No se requieren de reguladores de voltaje cuando son utilizadas en sistemas fotovoltaicos.
- (v) Tienen una excelente retención de carga y alta capacidad para temperaturas bajas.

Desventajas:

- (i) El costo por Ampere-hora de capacidad es alto.
- (ii) Muestran una "memoria" de su historia de descarga. Por ejemplo, una batería de níquel-cadmio que ha sido descargada en repetidas veces abajo de un 25% de su capacidad comenzara a comportarse como si ésta hubiera sido descargada completamente cuando alcance éste estado de carga, por ejemplo el voltaje de la batería se caerá drásticamente para un estado de carga de 75%, como si estuviera solo un cuarto de su capacidad. Periodos prolongados de sobrecarga también tienen este efecto.

Baterías de Níquel - Acero

Electrodos:

- (a) Para la placa positiva el material activo es hidrato de níquel.
- (b) Para la placa negativa el material activo es óxido de acero.

Electrólito:

La solución electrolítica es hidróxido de potasio.

Ventajas:

- (i) Tienen buena fortaleza mecánica.
- (ii) Son capaces de permanecer en reposo a temperatura normal por periodos largos con una pérdida de carga mínima.
- (iii) Sobrecarga en rangos normales de carga no afecta la vida de la batería, asumiendo que la temperatura máxima no exceda los 46°C.
- (iv) Tienen una vida prolongada (8 o más años) cuando tienen el mantenimiento adecuado.

Desventajas:

- (i) Se necesita una placa de tamaño grande para una capacidad dada, por lo que son pesadas.
- (ii) Tienen una retención de carga pobre y capacidad baja para temperaturas bajas.

Baterías de Sodio - Sulfuro

Electrodos

- (a) Para la placa negativa el material activo es sodio disuelto.
- (b) Para la placa positiva el material activo es polisulfuro disuelto.

Electrólito

el electrólito es alúmina-b (óxido de aluminio).

Ventajas:

- (i) No hay degradación del electrodo.
- (ii) Tienen una vida larga.
- (iii) Necesitan poco mantenimiento.
- (iv) No ocurre la autodescarga.
- (v) La batería está completamente sellada, por lo que no se emiten gases tóxicos o inflamables.
- (vi) Tiene una alta densidad de energía (Teóricamente unas 4.3 veces la de una batería de plomo-ácido).
- (vii) Son capaces de responder rápido a cambios repentinos de la condición de carga a la de descarga o viceversa, así como cambios repentinos en la demanda de carga.
- (viii) Tiene un alto rango en su capacidad de descarga.
- (ix) El sistema está aislado por lo cual no es afectado por cambios en la temperatura ambiente.

II.4.3 - Problemas en las baterías

I. Sobredescarga

La sobredescarga en la batería produce la corrosión de las placas positivas, así como gases excesivos que pueden desprender el material activo en las placas. Este material suelto es depositado como sedimento fino en el suelo de la celda, entre los separadores y las placas. La sobredescarga puede aumentar la temperatura de la batería a un punto de dañar las placas y los separadores. También se vuelve necesario el reemplazo frecuente del agua perdida debido a los gases excesivos.

2. Carga baja

Las cargas bajas continuas provocan el deterioro gradual de las celdas, indicado mediante valores menores en la gravedad específica y por la decoloración de las placas. Cuando la carga baja ha sido prolongada, se deposita sedimento en el fondo de la celda. Este sedimento es un polvo fino principalmente de sulfato de plomo. Debido a que el sulfato de plomo ocupa más espacio que el material activo original, las placas quedan apretadas.

3. Terminales corroídas

Los productos de corrosión son sustancias no conductoras que forman una capa entre la terminal de la batería y la abrazadera conectada a ésta. Esta capa normalmente no interfiere en la carga o descarga de la batería pero incrementa la resistencia al paso de corriente hacia la carga. Las terminales corroídas deben ser limpiadas con una solución de amoníaco diluido para neutralizar el ácido y ser cubiertas con una grasa de alta temperatura. Se puede utilizar un cepillo para remover la suciedad, corrosión u óxido de la batería.

4.- Cortos circuitos

Los cortos circuitos pueden ser causado por una ruptura de uno o más separadores por exceso de acumulación de sedimento en el fondo de las celdas o por la formación de estructuras parecidas a árboles, compuestas de plomo, desde la placa negativa hasta la placa positiva. Este último fenómeno es resultado de dos causas:

- (i) La presencia de ciertos materiales en las rejillas, tales como cadmio, provocando el crecimiento de árboles al lado y abajo del elemento. Esta tendencia es contrarrestada con la presencia de antimonio.
- (ii) Un proceso de "moho" en el cual el sedimento traldo de la superficie del electrolito por el gas se deposita en la parte alta de las placas y sobre los separadores.

La evidencia de un cortocircuito puede ser:

- (i) Se tiene continuamente lecturas bajas de la gravedad específica a pesar de que la batería esta recibiendo la cantidad adecuada de carga.
- (ii) Pérdida rápida de la capacidad después de una carga plena.
- (iii) Bajo voltaje de circuito abierto.

5.- Sulfatación

El sulfato formado como una parte natural del proceso de descarga es finamente cristalino y es reducido fácilmente por la corriente de carga. El término sulfatación se refiere a la condición donde se forman cristales grandes de sulfato de plomo en las placas, en lugar de los diminutos

cristales que generalmente se presentan. Los cristales grandes tienden a incrementar la resistencia interna de la celda; esto implica voltajes bajos de descarga y la necesidad de altos voltajes de carga, disminuyendo la eficiencia. Una batería altamente sulfatada es difícil de cargar y puede dañarse permanentemente por la ruptura de la placa debido al crecimiento del cristal.

La sulfatación puede ocurrir bajo las siguientes condiciones:

- (i) Cuando una batería parcial o completamente descargada permanece sin utilizarse por mucho tiempo.
- (ii) Cuando una batería opera a un nivel de carga parcial por varios días sin terminar o igualar la carga.
- (iii) Cuando hay variaciones de temperatura en la batería. La sulfatación es debida (al menos parcialmente) al incremento en la sensibilidad del sulfato de plomo a temperaturas elevadas en el electrólito. Los Cristales pequeños de sulfato de plomo son disueltos durante periodos de alta temperatura y recristalizados lentamente en cristales grandes cuando la temperatura es baja. Esta temperatura cíclica puede ser causada por cambios ambientales o por calor generado dentro de la batería durante la carga o descarga.

La sulfatación puede ser revertida mediante un procedimiento cuidadoso de recarga. La sulfatación puede ser evitada cargando las baterías arriba del 100% de estado de carga, regularmente conocido como "nivelación de carga" y minimizando el tiempo de exposición en condiciones de estado de carga bajo.

II.5 - CELDAS SOLARES

Las celdas solares, o fotoceldas, son dispositivos semiconductores que convierten directamente la energía solar en electricidad, presentando las siguientes ventajas: no tienen partes móviles, no hacen ruido y no producen contaminación del medio ambiente.

La fotocelda fue inventada en los Laboratorios Bell en 1954, reportándose una eficiencia de conversión de 6%. Durante la década de los sesentas se empezaron a utilizar para energizar a los satélites, por su ventajosa relación en peso-potencia entregada y su gran confiabilidad. Fue hasta la década de los setentas que se pensó en utilizarlas para aplicaciones terrestres.

La construcción básica de una celda solar de unión $p-n$ de silicio se presenta en la figura 2.5. Como se muestra en la vista superior, se hace todo tipo de esfuerzos para asegurar que el área superficial perpendicular al sol sea máxima. Además, nótese que la capa metálica conectada al material tipo p y el grosor de este mismo son tales que aseguran que un número máximo de fotones de energía luminosa alcancen la unión. Un fotón de energía luminosa en esta región puede chocar con un electrón de valencia e impartirle suficiente energía para que abandone el átomo padre. El resultado es una generación de electrones libres y huecos. Este fenómeno ocurrirá a cada

lado de la unión. En el material tipo p los nuevos electrones generados son portadores minoritarios y se moverán con bastante libertad a través de la unión, como en el caso de la unión $p-n$ básica sin polarización aplicada. Un argumento similar se cumple para los huecos generados en el material tipo n . El resultado es un aumento en el flujo de portadores minoritarios, cuya dirección es opuesta a la de la corriente directa convencional de una unión $p-n$. En condiciones de circuito

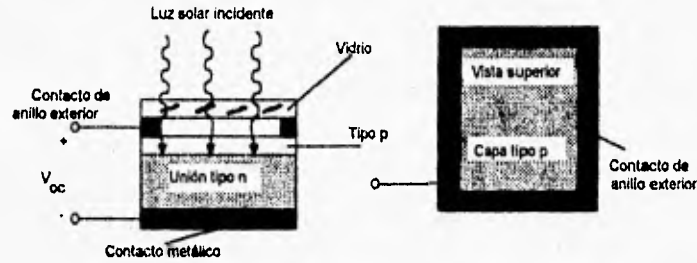


Figura 2.5. Celda Solar, sección transversal y vista superior.

abierto se producirá el voltaje fotovoltaico V_{oc} , este voltaje tiene una dependencia logarítmica de la iluminación; sin embargo, la corriente de corto circuito es una función lineal de la iluminación. Esto es, se duplicará para el mismo incremento en la iluminación, en tanto que el cambio en V_{oc} es menor para esta región. El mayor incremento V_{oc} ocurre para aumentos de menor nivel de la iluminación. A la larga, un aumento adicional en la iluminación tendrá muy poco efecto sobre V_{oc} , aunque la corriente aumentará, provocando que se incrementen las capacidades de potencia.

El selenio y el silicio son los materiales que más se usan en las celdas solares, aunque también se emplean, entre otros, el arseniuro de galio, el arseniuro de indio y el sulfuro de cadmio.

La eficiencia de operación de una celda solar se determina mediante la salida de potencia eléctrica dividida entre la potencia que proporciona la fuente luminosa. Es decir,

$$\eta = \frac{P_o \text{ (eléctrica)}}{P_i \text{ (energía luminosa)}} \times 100\% = \frac{P_{\text{máx}} \text{ (dispositivo)}}{(\text{área en cm}^2)(100 \text{ mW/cm}^2)} \times 100\%$$

Los niveles típicos de eficiencia varían de 10 a 40% (valores que se mejorarán en forma considerable si continúa el actual interés en los sistemas fotovoltaicos).

II.5.1 - Sistemas fotovoltaicos

Desde el punto de vista tecnológico se puede considerar a una celda como la unidad más pequeña de generación fotovoltaica manufacturada individualmente. La potencia entregada por una fotocelda es relativamente pequeña, por lo cual es necesario conectar adecuadamente un conjunto de celdas en un armazón que la sostenga y que permita su fácil manejo. Así, un módulo

es un bloque que contiene un número de celdas eléctricamente conectadas y encapsuladas en una armadura a manera de soporte. En un módulo fotovoltaico generalmente se hacen conexiones tanto en serie como en paralelo con el fin de obtener cierto nivel de voltaje y potencia de salida. Obviamente no conviene hacer todas las conexiones en serie porque el atrofiamiento de una celda traería como consecuencia que la potencia entregada por el módulo fotovoltaico fuera nula. Los módulos pueden estar formados por celdas de diferentes formas (circulares, cuadradas, hexagonales, etc.) lo cual hace que varíe el área colectora efectiva por módulo. El área efectiva de colección de un módulo fotovoltaico tiene valores típicos que van del 75 al 90%, los cuales dependen de la forma de las fotoceldas y de su distribución en el módulo.

En los módulos fotovoltaicos comerciales se tiene el mismo principio que se describió para una celda individual (Ver figura 2.6.): La capa más importante absorbe la luz incidente y genera portadores minoritarios y es llamada absorbedor-generador. La segunda capa más importante, la colector-convertidor, colecta los portadores minoritarios y los convierte en mayoritarios. Los contactos óhmicos en la parte superior se hacen de tal manera que la obstrucción a la luz sea mínima. También hay contactos óhmicos en la parte posterior de la oblea para cerrar el circuito. Asimismo tienen una capa antirreflejante, la cual se utiliza para reducir las pérdidas de la luz por reflexión en la superficie. Finalmente se tiene una cubierta de vidrio transparente, como protección contra condiciones ambientales adversas.

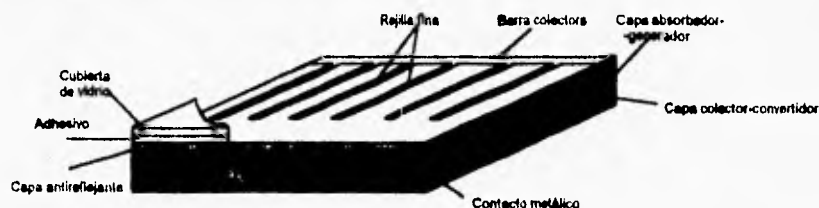


Figura 2.6. Módulo fotovoltaico.

II.5.2 - Protección de arreglos fotovoltaicos

Dentro de la aplicación principal de los arreglos fotovoltaicos se tiene la alimentación de energía a sistemas electrónicos y baterías de respaldo de energía.

En un arreglo fotovoltaico se deben considerar protecciones para proteger a los módulos de fotoceldas y a la batería del sistema.

Cuando se tiene un arreglo de celdas solares en serie, la potencia es absorbida por la celda que tiene mayor sombra o por la menos eficiente. Para evitar este problema se puede poner un diodo D_p en paralelo a esta celda C_i , como se muestra a continuación:

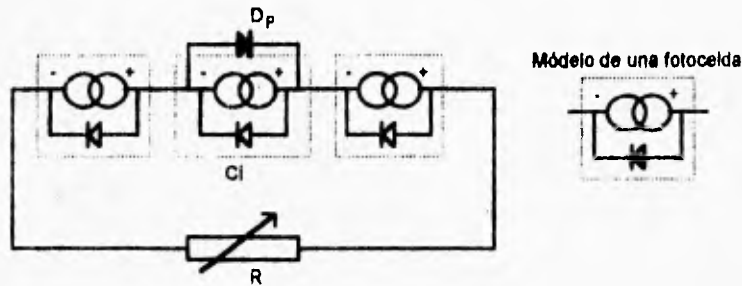


Figura 2.7. Arreglo fotovoltaico en serie.

Con este diodo, si la celda C_i es menos eficiente o tiene sombra, no producirá energía pero no será una carga adicional en serie con R debido a que la corriente circulara a través del diodo. Si la celda C_i es idéntica a las otras y no tiene sombra, la corriente circulara a través de esta celda y el diodo no consumirá energía.

La elección del diodo debe ser tal que su umbral de voltaje deber ser tan pequeño como sea posible y su rango de corriente debe soportar la corriente de la cadena en serie.

En la práctica no se pone un diodo en paralelo a cada celda solar, pero la protección se hace a nivel de módulo. Para un arreglo en serie la protección sería de la siguiente forma:

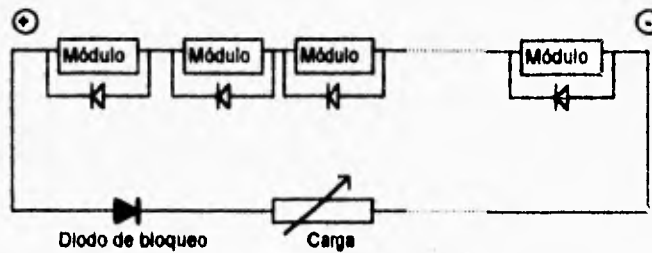


Figura 2.8. Protección para arreglo fotovoltaico en serie.

En la figura anterior el diodo de bloqueo sirve para evitar que la corriente fluya de la carga hacia los módulos fotovoltaicos, para el caso en que la carga incluya una batería.

La protección para un arreglo de módulos en paralelo se efectúa conectando diodos de bloqueo en serie (Figura 2.9.). Si la carga es una batería se le debe de proteger de descargarse a través de los módulos durante la noche mediante el uso de un diodo de bloqueo.

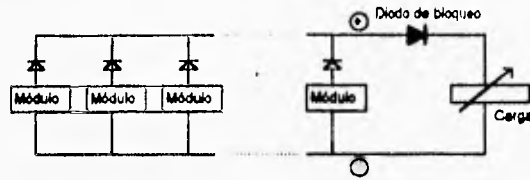


Figura 2.9. Protección para arreglo fotovoltaico en paralelo.

Para un arreglo de módulos en serie-paralelo se tendría:

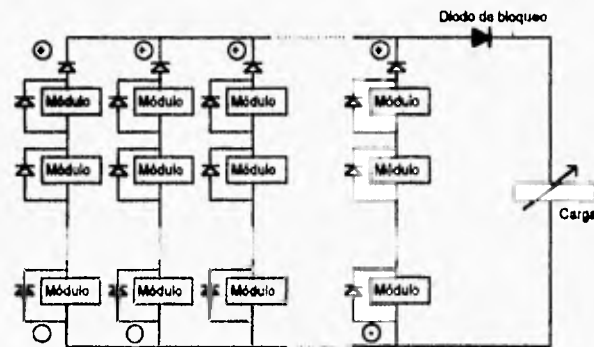


Figura 2.10. Protección para arreglo fotovoltaico en serie-paralelo.

II.5.3 - Influencia de la temperatura

La variación en la irradiancia y en la temperatura tiene efecto en las características I-V de la celda solar. En la figura 2.11 se muestra este efecto.

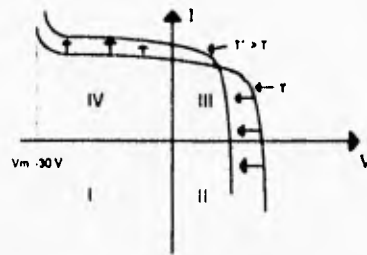


Figura 2.11. Efecto de la temperatura en las celdas solares.

Una celda con sombra proporciona una potencia menor debido a que se tiene menor energía de entrada y a que se incrementan las pérdidas internas en la porción no iluminada. La temperatura afecta principalmente al voltaje, modificando el balance energético de la celda, figura 2.12. :

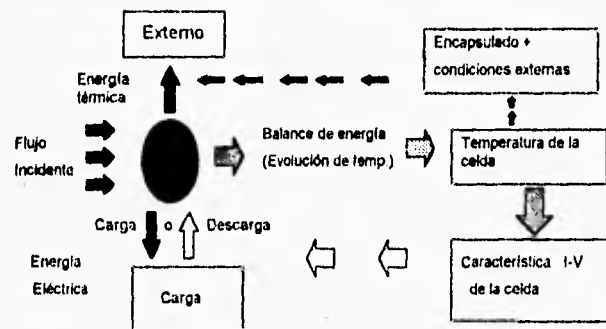


Figura 2.12. Balance de energético de una celda solar.

El balance de energía está relacionado al material de encapsulado, a la disipación térmica y propiedades de absorción, a la potencia generada ó disipada, al nivel de irradiancia, etc.; ocurre una especie de lazo cerrado (temperatura - potencia disipada - temperatura), el cual debe ser **autoregulado** porque de otra manera, éste encabeza el sobrecalentamiento térmico el cual puede **destruir la celda** y más a menudo el contacto.

En la figura 2.12 se ilustra lo mencionado en el párrafo anterior. Se muestra una celda solar, en la cual incide el flujo de radiación. El balance energético depende de este flujo, de la energía térmica que la celda proporciona al exterior (de acuerdo a las condiciones ambientales) y de la energía eléctrica que la celda proporcione u obtenga de la carga. El balance energético dará como resultado la temperatura de la celda. Esta temperatura también es afectada por el material del encapsulado y por las condiciones externas. La temperatura afecta la curva I-V de la celda, factor que determina el que la celda proporcione o reciba energía eléctrica de la carga.

La velocidad del viento afecta la inercia de la celda solar para alcanzar la temperatura de equilibrio.

II.6 - REGULACION PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas fotovoltaicos automáticos para aplicaciones pequeñas y medianas son totalmente autosuficientes en la generación, almacenamiento y proporcionamiento de energía de corriente directa.

Un sistema fotovoltaico involucra un circuito funcional compuesto de diferentes etapas:

- (i) Conversión.
- (ii) Almacenamiento.
- (iii) Consumo de la carga.
- (iv) Regulación.

Estos sistemas están sujetos a condiciones externas como son la temperatura ambiente y la cantidad de irradiación, y a condiciones internas como es el consumo de la carga.

La regulación es el proceso que permite al sistema proporcionar un manejo óptimo del flujo de energía dentro del sistema.

El flujo de energía en un sistema fotovoltaico, compuesto de módulos de celdas solares, batería y una carga, tiene dos modos principales:

- (i) La condición de operación flotante ocurre cuando el voltaje de la batería está entre los umbrales máximo y mínimo correspondientes respectivamente al estado de carga máximo y mínimo de la batería. En este caso el sistema es autoregulado durante el día y se usa un diodo de protección para evitar que los módulos solares descargen la batería durante la noche.
- (ii) Las condiciones de sobrecarga y carga baja ocurren cuando los voltajes de la batería alcanzan valores críticos. En este caso la regulación, dependiendo del estado del sistema y conociendo los límites, desconecta o conecta los módulos solares, carga la batería, etc. los pasos del proceso son:

(1) $V_B > V_{max}$	Desconecta la batería de los módulos
(2) Si (1) es cierto y $V_B < V_{E1}$	Reconecta la batería a los módulos solares ($V_{max} - V_{E1}$ da histéresis).
(3) $V_B < V_{min}$	Desconecta la batería de la carga.
(4) Si (3) es cierto y $V_B > V_{E2}$	Reconecta la batería a la carga ($V_{min} - V_{E2}$ da histéresis)

donde:

- V_B : Voltaje de la batería
- V_{max} : Voltaje máximo de carga de la batería
- V_{min} : Voltaje de descarga permitido en la batería
- V_{E1} : Voltaje de inicio de carga de la batería
- V_{E2} : Voltaje de fin de carga de la batería

Varios tipos de reguladores pueden efectuar esta regulación con diferentes grados de sofisticación. Los tipos básicos de reguladores son:

- (i) Principio de autoregulación.
- (ii) Regulador tipo paralelo (Shunt).
- (iii) Regulador serie con semiconductor.
- (iv) Regulador con apertura electromecánica.
- (v) Circuito automático de apertura.

II.6.1 - Principio de Autoregulación

El perfil de carga deseado para una batería es mantener un nivel de carga moderado hasta alcanzar un estado de carga alto y después disminuir a un nivel de carga bajo, cargando la batería completamente sin que ocurra electrólisis o sobrecalentamiento. Para alcanzar esto se necesita una relación inversa entre el voltaje y corriente bajo condiciones críticas de un nivel máximo de carga.

El principio de autoregulación es el de adecuar los módulos fotovoltaicos de tal manera que su región sensible de voltaje coincida con la región crítica de la batería (95-100% de estado de carga), como se muestra en la figura 2.13.

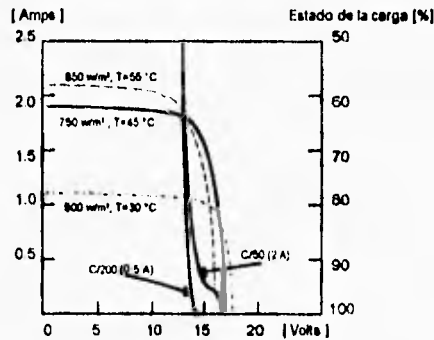
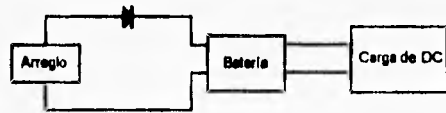


Figura 2.13. Principio de autoregulación.

En la figura 2.13 se muestran las curvas I-V de un módulo fotovoltaico, indicándose en cada una las condiciones de temperatura y radiación solar para las que se cumplen dichas curvas, y

se muestran dos curvas de nivel de carga de una batería, para C/200 y para C/50. En las curvas de la batería se puede ver que conforme su voltaje aumenta, la corriente que demanda para cargarse es menor.

Con un módulo fotovoltaico escogido apropiadamente, conforme la batería alcanza el 100% de su estado de carga, la corriente va disminuyendo de acuerdo a la curva (I-V) del arreglo de celdas solares. El único requerimiento es diseñar el módulo para la misma región de voltaje crítico de la batería, tomando en cuenta la caída de voltaje en el diodo de bloqueo (unos 0.75 V) y la resistencia del cableado. Esto no es nada fácil ya que todas las partes son muy sensibles al efecto de la temperatura.

Un sistema de este tipo es el menos eficiente ya que la condición del voltaje de la batería estrecha la región del voltaje y corriente del arreglo fotovoltaico, forzándolo a operar la mayor parte del tiempo lejos de su punto de potencia máxima. Por ejemplo, tomemos una batería de plomo-ácido de 12 volts, la cual tiene un rango de carga que va de 12.8V a un 60% de profundidad de descarga a 14.4V a plena carga:

El punto de operación del voltaje del arreglo fotovoltaico que podría transferir la máxima potencia es 14.4 V además de la caída de voltaje en el diodo (0.75V), dando un total de 15.15 V.

Los módulos fotovoltaicos deben ser conectados para producir 15.15 volts a la irradiancia y temperatura de operación, que preferentemente debería coincidir con su voltaje de potencia máxima. Cuando el voltaje de la batería es igual al del arreglo fotovoltaico menos el voltaje del diodo (lo que ocurre cuando la batería está totalmente cargada), la corriente deja de circular del arreglo a la batería, puesto que no hay diferencia de potencial entre los extremos del diodo.

II.6.2 - Regulación en paralelo (Shunt)

En este tipo de configuración el regulador es conectado en paralelo al módulo solar para disipar cualquier exceso de energía, a través de un resistor y componentes de potencia. Un ejemplo sencillo de este tipo de regulador se muestra en la figura 2.14.

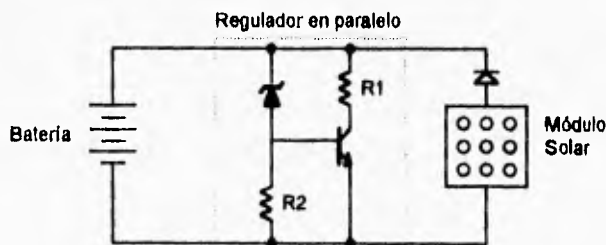


Figura 2.14. Ejemplo de regulación en paralelo.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Observaciones</i>
(i) La regulación es de tipo proporcional. (ii) No hay caída de voltaje. (iii) El consumo de potencia del regulador es pequeño cuando no regula. (iv) Una falla en el regulador no interrumpe el cargado de la batería.	(i) El regulador debe ser capaz de disipar el pico de potencia del módulo fotovoltaico. (ii) El transistor debe ser capaz de disipar un cuarto de la potencia total. (iii) La resistencia debe ser capaz de disipar toda la potencia cuando el transistor está en saturación.	(i) Este tipo de regulador puede funcionar sin batería. (ii) Independientemente de la irradiancia el voltaje de salida siempre es menor que el limite fijado como superior. (iii) El regulador Shunt se comporta en este caso como una carga variable cuyo valor es función de la irradianción.

II.6.3 - Regulador serie con semiconductor

El regulador serie utiliza un transistor en serie con el generador fotovoltaico. El transistor se comporta como un resistencia variable cuyo valor es función del estado de carga de la batería. En la figura 2.15 se muestra un ejemplo de este tipo de regulador.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas:</i>
(i) La regulación es de tipo proporcional (ii) La potencia de disipación en las terminales del transistor es baja, comparada con el pico de potencia del módulo fotovoltaico.	(i) Durante el período donde no se regula, el regulador introduce una caída de voltaje en el circuito y un consumo de corriente.

La pérdida de potencia puede ser reducida usando un transistor tipo FET.

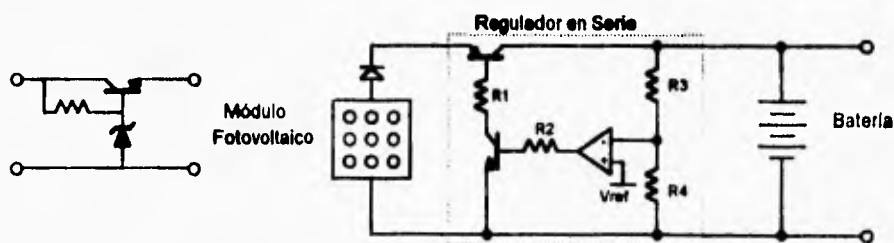


Figura 2.15. Ejemplo de regulación con semiconductor.

II.6.4 - Regulación en serie con apertura electromecánica

El regulador de carga actúa en serie con el panel solar. Este detiene la carga de la batería mediante un relevador cuando ésta alcanza su nivel máximo. Restablece la carga cuando se alcanza el umbral de voltaje menor.

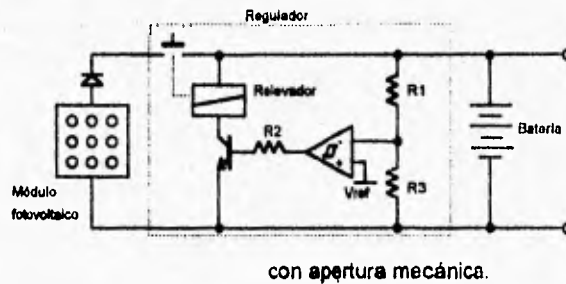


Figura 2.16. Regulador en serie

con apertura mecánica.

Ventajas	Desventajas
(i) No se disipa potencia en el regulador (la energía eléctrica no recuperada en circuito abierto es disipada en forma de calor en el módulo fotovoltaico).	(i) La regulación es por encendido y apagado (condiciones menos favorables de carga)
(ii) Se tiene la posibilidad de regular a potencias altas sin ningún problema.	(ii) Los relevadores tienen un tiempo de vida no muy largo, determinado por la corriente y por la frecuencia de conmutación.

II.6.5 - Variantes de la Regulación serie paralelo

Un circuito controlador de carga que toma el concepto de la regulación serie y shunt, útil para asegurar un período de vida más largo de la batería, es el siguiente:

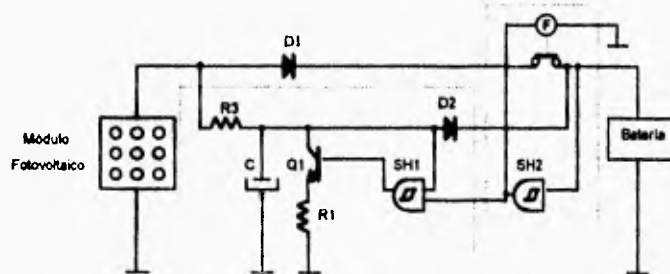


Figura 2.17. Variante de la regulación serie-paralelo.

El relevador F controla al interruptor en serie que desconecta los módulos fotovoltaicos de la batería cuando su voltaje es cargado a unos 2.35 V por celda de la batería. El interruptor se vuelve a cerrar cuando el voltaje de la batería baja hasta 2 V por elemento y se reinicia la carga.

Dentro de la región de 2V y 2.35 V, el regulador está en un modo flotante. El transistor Q1 regula la cantidad de corriente desviada del cargado de la batería. El voltaje de la batería oscila alrededor de 2.2 V por elemento.

II.6.6 - Circuito automático de apertura

En varias situaciones (poca radiación, daño en el generador o sobreconsumo) es necesario limitar la profundidad de descarga de la batería para prevenir la sulfatación de sus placas.

La carga debe ser desconectada de la batería a un cierto umbral de voltaje (del orden de 1.4 V por elemento) y reconectada cuando la batería alcance un nivel de carga adecuado. Un ejemplo de circuito para esta función es el siguiente:

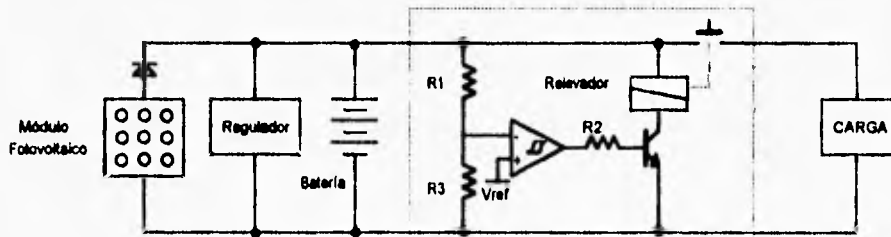


Figura 2.18. Circuito de apertura automática.

II.7 - FUENTES CONMUTADAS

Los equipos modernos usualmente requieren de una o más fuentes de alimentación. El método usual de proporcionar la alimentación de DC es usar una fuente de poder que convierte la energía de AC en DC. Los dos tipos de fuentes de poder utilizados comúnmente son clasificados por el tipo de regulador empleado: regulador lineal o regulador conmutado.

Las fuentes de alimentación lineales están constituidas de un transformador, un rectificador, un circuito de filtrado y un regulador lineal. Como se muestra en la figura 2.19, las fuentes conmutadas no requieren del transformador de línea; la entrada de AC es rectificadas y filtrada, convertida a una frecuencia alta mediante un transistor (25 kHz a 100 kHz) en combinación con un transformador y después es rectificadas y filtrada de nuevo.

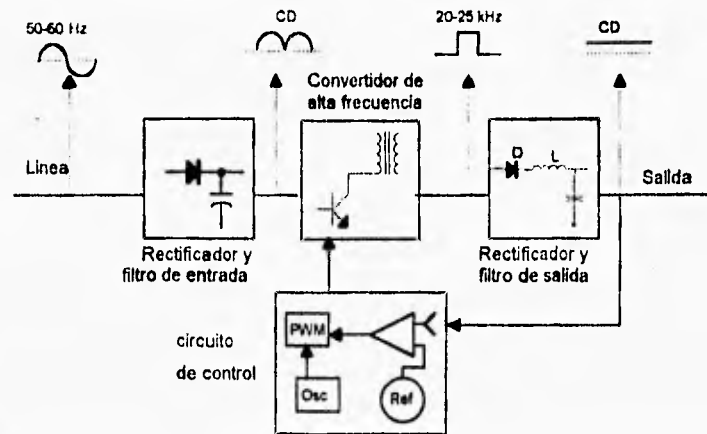


Figura 2.19. Diagrama a bloques de una fuente conmutada.

II.7.1 - Ventajas y desventajas de las fuentes conmutadas

Las principales ventajas de los reguladores conmutados son su alta eficiencia y su pequeño tamaño. Los reguladores lineales convencionales serie y paralelo operan en el modo de conducción continua, disipando potencia durante todo el periodo. La eficiencia de los reguladores lineales es típicamente alrededor del 40% ó 50%. Cuando la diferencia entre los voltajes entrada/salida es grande, la eficiencia resultante es menor del 40%.

Los reguladores conmutados típicamente manejan eficiencias entre 60% y 90%, más altas que cualquiera de los reguladores serie ó paralelo lineales. Existen tres factores para que los reguladores conmutados sean más eficientes:

1. El transistor de potencia siempre está completamente encendido ó apagado, excepto cuando está conmutando entre los dos estados, dando como resultado un voltaje bajo ó una corriente baja.
2. Se puede tener una buena regulación sobre un amplio rango de voltaje de entrada.
3. La elevada eficiencia se mantiene sobre un amplio rango de corriente de carga

Los reguladores conmutados usan los ciclos de encendido/apagado del transistor de conmutación para regular el voltaje y corriente de salida. Utilizando una frecuencia más alta que la de la línea comercial (típicamente entre 20kHz y 50kHz), los transformadores, bobinas, capacitores y otros elementos de filtrado pueden ser más pequeños y de bajo costo. Los elementos pequeños utilizados en las fuentes conmutadas dan como resultado pérdidas menores de potencia.

Entre las desventajas de los reguladores conmutados es que generan ruido electromagnético y de interferencia de radiofrecuencia (EMI/RFI), debido a las corrientes de conmutación y a los tiempos cortos de elevación y caída. El ruido EMI/RFI que es producido a altas frecuencias (100kHz a 500kHz), es muy fácil de filtrar.

Los reguladores conmutados con una frecuencia fija son más fáciles de filtrar que los reguladores con una frecuencia variable porque el ruido aparece dentro de una misma frecuencia. Los reguladores con frecuencia variable, y con un tiempo fijo de encendido incrementan ó decrementan la frecuencia de conmutación en proporción a los cambios de la carga, presentando más dificultad en el filtrado.

En la siguiente tabla se presentan las principales características de las fuentes conmutadas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Alta Eficiencia (80% a 90%) - Ligeras - Pequeñas - Permiten cambiar de polaridad y magnitud, con respecto a la entrada 	<ul style="list-style-type: none"> - La regulación no es inmediata - Presentan un voltaje de rizo a la salida - Originan emisiones de radio-frecuencia

II.7.2 - Configuraciones Básicas de los reguladores conmutados

Existen tres configuraciones básicas de reguladores conmutados, de donde la mayoría de los circuitos se derivan:

- 1) Reductor.
- 2) Elevador.
- 3) Inversor.

Regulador Reductor



El voltaje de salida siempre es menor que la entrada de voltaje

En este circuito, un interruptor es puesto en serie con la entrada de CD del rectificador/filtro. El interruptor permite o impide la entrada del voltaje de CD, proporcionando un pulso de ancho variable a un filtro LC. Cuando el interruptor se cierra, la entrada de voltaje de CD es aplicada a través del filtro y la corriente fluye a través del inductor a la carga. Cuando el interruptor se abre, la energía almacenada en el campo del inductor mantiene la corriente en la carga.

Regulador Elevador



En éste, la salida de voltaje siempre es más grande que la entrada de voltaje. El circuito primero almacena energía en el inductor y entonces libera toda esta energía

almacenada más la energía que viene de la entrada de voltaje a la carga. Cuando el interruptor está cerrado, la corriente fluye en el inductor y el transistor, cargando al inductor pero no dejando pasar corriente a la carga. Cuando el interruptor está abierto, el voltaje a través de la carga es igual a la entrada de voltaje de CD más la carga almacenada en el inductor. El inductor se descarga, entregando corriente a la carga.

Regulador Inversor



Este circuito es una variación del circuito elevador. Cuando el transistor está cerrado el inductor se carga, pero no se entrega corriente a la carga debido al diodo en inversa. Cuando el transistor está abierto el

diodo de bloqueo es polarizado en directa y la energía almacenada en el inductor es transferida a través de éste a la carga.

Las formas más comunes para implementar el circuito de control son:

- Modulador por ancho de pulso (PWM)
- Modulador por posición de pulso (PPM)

La modulación por ancho de pulso se realiza a frecuencia constante, siendo los tiempos de encendido y apagado variables.

La modulación por posición de pulso determina uno de los tiempos (encendido/apagado), dejando el otro libre. En este tipo de modulación la frecuencia de operación es variable.

CAPITULO III

**DESCRIPCION, DISEÑO Y CONSTRUCCION
DEL SISTEMA**

III.1 - DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

El sistema en forma general está conformado por una estación central y n estaciones remotas, como se muestra en la figura 3.1. Las estaciones remotas estarán tomando las mediciones continuamente cada cierto periodo y almacenándolas en algún dispositivo de una forma automática.

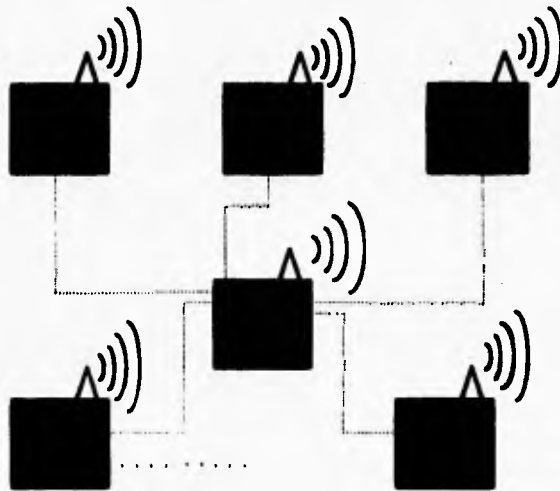


Figura 3.1. Sistema de monitoreo ambiental.

Como se puede observar, se tiene una estación central que es la que administra un conjunto de estaciones remotas y efectúa el procesamiento de los datos obtenidos en cada estación. Dadas las condiciones del protocolo de comunicación implementado, se pueden tener hasta 256 estaciones remotas con una sola estación central, obviamente la limitante principal es la distancia máxima entre las estaciones remotas y la estación central (determinada por el alcance de los radios empleados).

En los siguientes apartados daremos una descripción general de los diferentes bloques que integran el sistema.

III.1.1 - Estación central

La estación central quedaría representada por los siguientes elementos, fig. 3.2.:

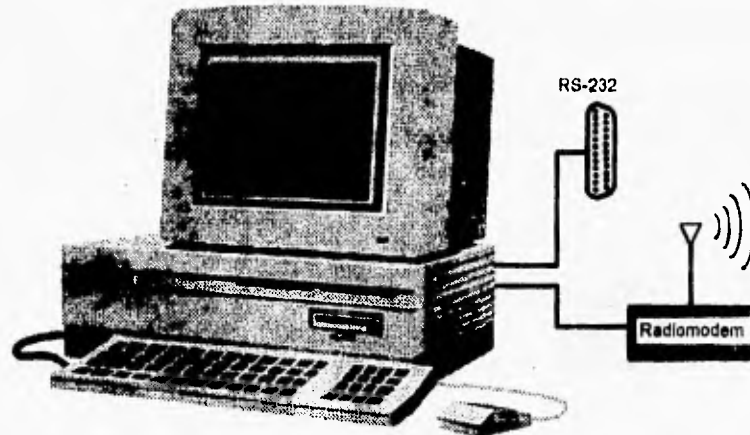


Figura 3.2. Estación central.

Como parte principal, la estación central tiene una computadora que puede ser de tipo PC ó *Laptop*. Esta computadora tiene un software que desarrolla las siguientes funciones:

- a) Inicialización de las estaciones remotas
- b) Sondeo de las mismas
- c) Procesamiento de los datos

La estación central tendrá como función más común comunicarse a través de algún medio con una estación remota para poder obtener los datos almacenados por ésta.

La estación central puede recuperar los datos de una estación remota de 3 maneras:

- 1) A través del estándar RS-232. Esto es para el caso en que las estaciones remota y central se encuentran lo suficientemente cerca como el estándar lo indica.
- 2) A través de radioenlace. Esto es para el caso en que la distancia entre estación remota y central hace que el estándar RS 232 no sea confiable ó recomendable.

- 3) Por medio de un drive para los dispositivos de almacenamiento masivo del tipo TC RAM. Esto es para el caso en que se cuente con el drive y software necesarios para las memorias TC RAM.

Nota: el uso de la última opción dependerá de la aplicación, como se explicará más adelante este tipo de comunicación presenta algunos obstáculos que pueden ser librados con una buena justificación.

El sistema está diseñado para emplear cualquiera de estos 3 modos de comunicación, pero dependiendo de la aplicación se puede determinar si los 3 son necesarios.

Para poder desarrollar un software que administre el funcionamiento de las estaciones remotas se deben de contemplar el poder mandar los parámetros que necesita una estación para poder operar de manera normal y autónoma.

Ya que el software debe contemplar el sondeo de las estaciones remotas, así como el procesamiento de datos, deben de idearse protocolos de comunicación para un enlace bidireccional.

III.1.2 - Estación remota

La segunda parte del sistema está formada por la estación remota, la cual presenta un poco de mayor complejidad en su desarrollo.

La figura 3.3 muestra un diagrama a bloques que representa una estación remota.

La estación remota es un sistema autónomo el cual puede ser programado para muestrear con cierta frecuencia un número fijo de variables de tipo atmosférico e ir almacenando dicho muestreo.

Dada la característica de autonomía se hace necesario un sistema de alimentación basado en un sistema fotovoltaico (arreglo de paneles solares, banco de baterías y cargador de las mismas).

Uno de los requerimientos de la estación remota es que ésta tenga la opción de funcionar como estación de laboratorio, lo cual implica poder ser alimentada con el voltaje de la línea comercial sin que se tenga que hacer alguna modificación manual sobre el hardware por parte del usuario

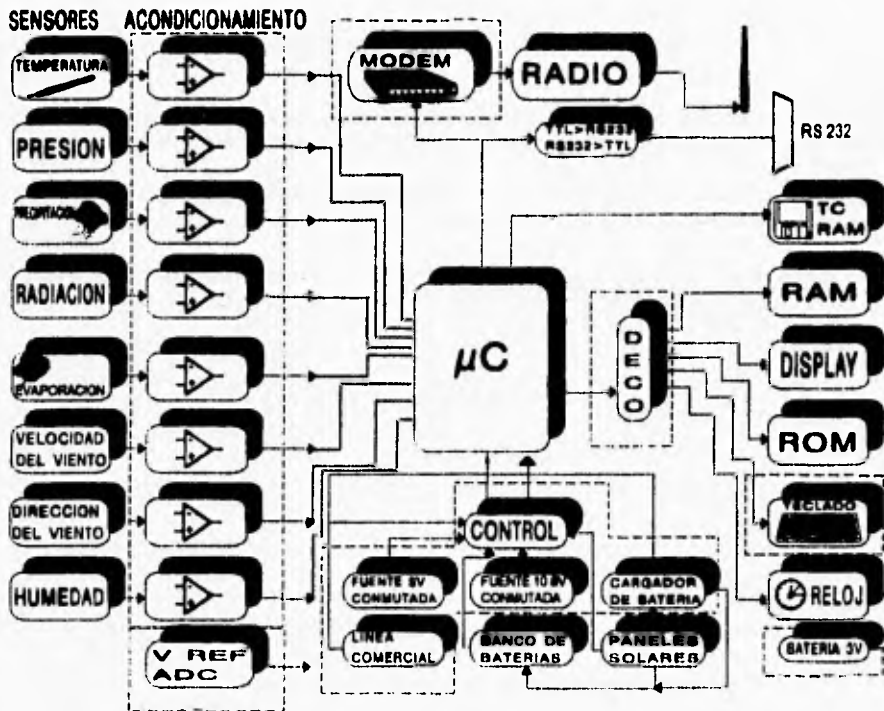


Figura 3.3. Diagrama de la estación remota

En la figura 3.3 puede verse el conjunto de bloques que conforman la alimentación de energía del sistema: básicamente está formado por el sistema fotovoltaico, la entrada para la línea comercial, y las fuentes que proporcionan los voltajes requeridos por el sistema. Por último existe una etapa de control que determina si la alimentación la proporcionará la línea comercial o el sistema fotovoltaico.

El modo de registrar las variables atmosféricas es por medio de un conjunto de sensores que junto con una etapa de acondicionamiento proporcionan una señal eléctrica que guarda alguna relación con la variable sensada. Las características necesarias de esta señal eléctrica están determinadas por el elemento que hace la conversión analógica digital para poder procesar el valor registrado.

El programa de las estaciones remotas controla los recursos dadas algunas condiciones de operación. Mediante el programa se pone en modo de bajo consumo al microprocesador, se

desactiva el radio cuando no se transmiten datos y se desactivan algunos de los sensores cuando no se están tomando lecturas.

La estación remota va acompañada de un conjunto de dispositivos periféricos para que el usuario interactúe con el sistema.

Dadas las 3 formas de comunicación mencionadas con anterioridad, la estación remota contempla los 3 casos :

- 1) Tiene una etapa de modulación y demodulación para la opción de comunicación por telemetría.
- 2) Tiene el hardware necesario para contar con el estándar RS 232, para el caso de poder ser accesada por la estación central tomando en cuenta la máxima distancia permitida por el estándar.
- 3) Cuenta con hardware y software para el chequeo y almacenamiento sobre una memoria de tipo TC RAM.

III.2 - DESARROLLO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA

La metodología de diseño utilizada resulta de una combinación de diseño funcional ascendente (integración de partes) y diseño funcional descendente (a nivel de componentes).

En la figura 3.3 se muestra un diagrama general del sistema en el cual se presentan encerradas en un cuadro las partes que se diseñaron y lo que no se encuentra encerrado fueron partes que se venden como una unidad y sólo se hizo el acoplamiento.

La parte que se encarga del monitoreo de las variables esta formado por:

a) Sensores

El apéndice A muestra los sensores seleccionados para la aplicación. Estos sensores forman parte del conjunto de cosas que se compraron y sólo se diseño su etapa de acondicionamiento al sistema. La selección de los sensores y su etapa de acondicionamiento son parte importante del sistema por lo que se les dedica el Capítulo V.

Dado que el sistema debe de ser autónomo se optó por un diseño con microcontrolador. El microcontrolador usado es el S80C552, debido a que tiempo atrás se venía usando para proyectos de medición e instrumentación, lo que permitió tener conocimiento previo de su funcionamiento.

Basándonos en los criterios para la selección de un microprocesador pudimos determinar que el microcontrolador S80C552 es apropiado para esta aplicación.

Se requiere de un dispositivo programable capaz de interactuar con dispositivos periféricos, como son, teclado, *display*, reloj de tiempo real y dispositivos de almacenamiento. Dada la aplicación debe de poder direccionar al menos 1 Mbyte de memoria. Debe de contar con un convertidor analógico digital de 8 canales para proporcionar la resolución requerida por la aplicación. Debe de tener puerto serial para comunicación con una computadora. Debe de contar con al menos 128 kbytes de memoria ram interna.

III.3 - MICROCONTROLADOR S80C552

El microcontrolador es la parte principal de la estación remota ya que coordina todas las acciones a efectuarse: controla el proceso de adquisición de datos (conversiones A/D), coordina la comunicación con el puesto central (genera el marco del protocolo.), controla el *display*, la memoria TC RAM, el teclado, el reloj de tiempo de real, etc.

El microcontrolador S80C552 es fabricado mediante un proceso CMOS, es derivado de la familia del microcontrolador 80C51. Utiliza un set de instrucciones ampliado del 80C51, teniendo un número adicional de registros de funciones especiales para el control de dispositivos periféricos.

Este microcontrolador es de 8 bits, tiene una capacidad de direccionamiento de 64 Kbytes y opera a una frecuencia de 12 MHz.

Las características principales del microcontrolador S80C552 son las siguientes:

- Totalmente compatible con el microcontrolador 80C51
- Memoria RAM interna de 256 bytes
- Convertidor A/D de 10 bits con 8 canales de entrada multiplexados.
- Un circuito de vigilancia tipo "Watchdog"
- 5 puertos de E/S de 8 bits cada uno y un puerto de entrada de 8 bits compartido con entradas analógicas.
- Puerto serie UART full duplex
- Puerto serie I²C orientado para comunicaciones maestro-esclavo
- Dos contadores de 16 bits
- Un contador de 16 bits acoplado a cuatro registros de captura y tres registros de comparación.
- Esquema de interrupciones con 15 fuentes de interrupción y dos niveles de prioridad por cada interrupción.
- 2 moduladores por ancho de pulso con una resolución de 8 bits

El set de instrucciones del microcontrolador está conformado de la manera siguiente:

- 49 de un byte

- 45 de dos bytes
- 17 de tres bytes

Utilizando un cristal de 12 MHz (que es el recomendado por el fabricante) el 59% de las instrucciones se ejecutan en 1 μ s, el 40% en 2 μ s, y para la multiplicación y división se utilizan 4 μ s.

III.3.1 - Memoria

La memoria RAM interna del microcontrolador está dividida en 3 secciones, distribuida de la siguiente manera:

FFH	Accesable por direccionamiento indirecto (RAM)	Accesable por direccionamiento directo (SFR's)
80H		
7FH	Accesable por direccionamiento indirecto (RAM)	
00H		

Como se ve en esta figura para acceder a la RAM interna se tiene que hacer un direccionamiento indirecto y para acceder a los Registros de Funciones Especiales se tiene que hacer un direccionamiento directo.

El stack puede ser ubicado en la memoria RAM interna, teniendo como máximo 256 bytes.

III.3.2 - Registros de funciones especiales

Dentro de estos podemos encontrar:

- Registros de funciones especiales para control de periféricos.
- Registros aritméticos
- Apuntador de pila
- Registros apuntadores de datos

Algunos de estos registros se utilizan en el sistema para el control de periféricos, la realización de operaciones aritméticas, apuntadores de datos, el esquema de interrupciones, modos de reducción de potencia, el control de comunicaciones, etc.

III.3.3 - Circuito de vigilancia (watchdog)

La finalidad de este circuito es reinicializar el microcontrolador cuando éste entra a un estado erróneo por alguna razón no prevista (transitorios, ruido eléctrico, RFI) o por algún error en el programa. Opera cuando el circuito temporizador T3 llega a su cuenta máxima, generando un pulso de reset interno. La habilitación externa se logra cuando en la terminal EW (negada) se tiene un nivel bajo. Es imposible deshabilitar al circuito de vigilancia por software.

III.3.4 - Puertos seriales

El microcontrolador contiene dos puertos seriales independientes: S100 y S101.

S100

El S100 es un UART full-duplex que accesa al registro SBUF. Este puerto puede operar en cuatro modos. La transmisión se inicia al efectuar una instrucción de escritura en el registro SBUF. En el modo cero la recepción es iniciada al cumplirse las siguientes condiciones: RI=0 y REN=1; en los otros modos, es iniciada por el bit de inicio en RDX si REN=1. Para seleccionar el modo de operación se utiliza el registro de control. La velocidad de transmisión-recepción es programable en función del modo de operación.

En el sistema este puerto es utilizado para la comunicación serial con el puesto central.

S101

Este circuito se conoce también como I²C. Está formado por un bus de dos líneas de comunicación (SDA y SCL), las cuales son utilizadas para la transferencia de información entre dos dispositivos conectados al bus. Las características principales del bus son: transferencia de datos bidireccional (maestro-esclavo), bus multimaestro, transmisión entre maestros sin pérdida de información, contiene reloj de sincronización para comunicación de datos, etc. Este bus puede ser utilizado para propósitos de prueba y diagnóstico.

III.3.5 - Interrupciones

El microcontrolador tiene 15 fuentes de interrupción, a cada una se le puede asignar uno de dos niveles de prioridad. Las fuentes de interrupción son las siguientes:

- Petición externa de interrupción (INT0)
- Puerto serial I²C

- Convertidor A/D
- Desbordamiento, timer 0
- Captura 0, timer 2
- Comparación 0, timer 2
- Petición externa de interrupción (INT1)
- Captura 1, timer 2
- Comparación 1, timer 2
- Desbordamiento timer 1
- Captura 2, timer 2
- Comparación 2, timer 2
- Desbordamiento timer T2
- Captura 3 timer 2
- Puerto serial UART (T y R)

Para nuestro desarrollo, una de las interrupciones importantes es la relacionada con el convertidor analógico digital. La interrupción del convertidor A/D es generada y representada en la bandera ADIFC cuando se termina de efectuar una conversión. Esta bandera debe ser limpiada por software para evitar interrupciones recurrentes. Esta bandera no puede ser levantada por software. Todas las demás banderas que generan interrupciones pueden ser levantadas o limpiadas por software y el efecto es el mismo que cuando son levantadas por hardware. De esta forma (a excepción de la interrupción del A/D) las interrupciones pueden ser generadas por software y las interrupciones pendientes pueden ser canceladas por software.

REGISTRO DE HABILITACION DE INTERRUPCIONES

Cada fuente de interrupción puede ser habilitada o deshabilitada individualmente, colocando un nivel alto o bajo en el bit correspondiente de los registros de habilitación de interrupciones IEN0 y IEN1. Todas las fuentes de interrupción pueden ser habilitadas o deshabilitadas globalmente, colocando un nivel alto (habilitar) o bajo (deshabilitar) en el bit EA del registro IEN0.

ESTRUCTURA DE LA PRIORIDAD DE LAS INTERRUPCIONES

Los niveles de prioridad de las interrupciones están definidos por los registros especiales IPO y IPI. Los niveles de prioridad son: un nivel 1 para prioridad alta y un nivel 0 para prioridad baja.

Una interrupción de prioridad baja puede ser interrumpida por una de prioridad alta. Una interrupción de prioridad alta no puede ser interrumpida por ninguna otra fuente. Si dos peticiones de interrupción de prioridad diferente ocurren al mismo tiempo, se atiende a la de prioridad alta. Si se reciben simultáneamente peticiones de interrupción de la misma prioridad, la secuencia de

sondeo interna es la que determina el orden de atención. De esta forma la secuencia de sondeo da una segunda estructura de prioridad.

III.3.6 - Modulación por ancho de pulso

El S80C552 tiene dos salidas moduladas por ancho de pulso, las cuales generan pulsos de longitud e intervalo programables, la frecuencia de repetición se define mediante un prescalador de 8 bits. Las salidas del modulador de ancho de pulso pueden ser utilizadas para manejar motores de CD, la rapidez de rotación del motor es proporcional al contenido del registro PWMn.

III.3.7 - Convertidor analógico-digital

El convertidor A/D del microcontrolador tiene un multiplexor para ocho entradas analógicas. El método de conversión que utiliza es el de aproximaciones sucesivas con una resolución de 10 bits. El tiempo de conversión es de 50 ciclos de máquina. Para la frecuencia del oscilador de 12 MHz el tiempo para terminar la conversión es de 50 μ s.

Para el control del convertidor A/D se tiene el registro ADCON que se muestra a continuación:

	7	6	5	4	3	2	1	0
ADCON	ADC.1	ADC.0	ADEX	ADCI	ADCS	AADR2	AADR1	AADR0

El inicio de la conversión se efectúa al colocar un uno lógico en el bit ADCS del registro ADCON. El bit ADCS puede ser modificado sólo por software o bien mediante software o hardware (terminal STDAC del microcontrolador), dependiendo del estado del bit ADEX. El resultado de la conversión se deposita en los registros ADCH (bits 2-9) y ADCON (bits 0 y 1, en ADC.0 y ADC.1). Mediante los bits AADR2, AADR1 y AADR0 se selecciona el canal a convertir.

En todo momento el slew rate (rapidez de cambio) de los voltajes de entrada debe ser menor que 10V/ms

Los voltajes de polarización y de referencia se proporcionan externamente, utilizando las terminales AVdd, AVss y las terminales Vref+ y Vref-.

III.3.8 - Modos de reducción de consumo de energía

Se tienen dos modos de reducción del consumo de potencia: el modo ocioso y el de baja potencia. Mediante los bits del registro PCON se pone al microcontrolador en alguno de estos modos.

En el modo ocioso se desactivan las siguientes funciones:

- CPU (se detiene)
- El timer T2 (se detiene y reinicializa)
- La modulación por ancho de pulso (las salidas permanecen en alto)
- El ADC (si se está haciendo una conversión se aborta)

en este modo permanecen activos

- El timer 0
- El timer 1
- El timer T3
- Los puertos serie S100 y S101
- Las interrupciones externas.

El modo ocioso puede ser terminado ya sea por cualquier interrupción habilitada o por una reinicialización por hardware.

En el modo de baja potencia se desactiva el oscilador y prácticamente todas las actividades se detienen, se mantiene el contenido de los registros de funciones especiales y de la RAM interna. La manera de retornar al modo activo es realizando un reset por hardware, el cual al reinicializar al microcontrolador modifica el contenido de todos los registros de funciones especiales, dejando intacto el contenido de la memoria RAM interna.

La forma en la que el usuario interactúe directamente con la estación remota será a través de sus periféricos.

Los periféricos para este propósito son un *display* y teclado.

III.4 - DISPLAY

El *display* es utilizado para mostrar mensajes con información del sistema (por ejemplo el estado del dispositivo de almacenamiento); mensajes para facilitar la interfaz con el operador cuando está ajustando la hora y fecha; y al calibrar y/o leer los datos de los sensores.

Debido a que se necesitan desplegar mensajes (no solo lecturas numéricas) se utilizó un *display* alfanumérico. Para nuestro diseño se empleó el *display* de cristal líquido (LCD) AND 491, el cual tiene un bajo consumo de potencia (de unos 10 mW) , y es de 16 caracteres por 2 líneas.

En la figura 3.4 se muestra un diagrama a bloques del 491:

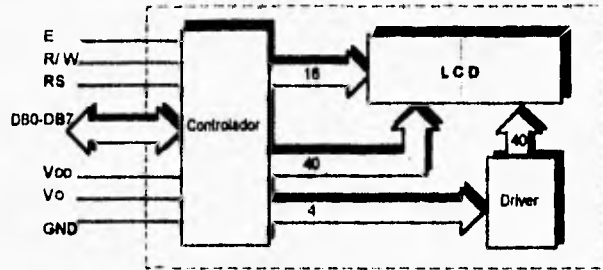


Figura 3.4. Display AND 491.

Las señales E, R/W y RS son de control; DB0-DB7 es el bus de datos, y V_0 es la señal de voltaje para ajustar el contraste y compensar por temperatura. Normalmente se utiliza un divisor de voltaje para el ajuste del contraste, como se muestra en la figura 3.5.

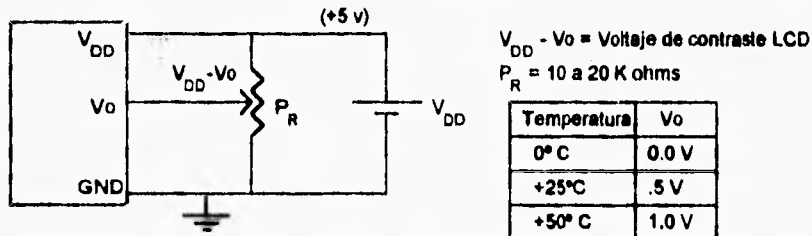


Figura 3.5. Ajuste de contraste.

Las direcciones del AND 491 son:

Posición del carácter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Dirección DD RAM (HEX)	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Posición del carácter	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Dirección DD RAM (HEX)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

En los siguientes apartados se comentará sobre las características principales del *display* utilizado.

III.4.1 - Función de los registros

1. Registro de instrucciones y registro de datos.

El controlador integrado del módulo LCD tiene dos registros de 8 bits, un registro de Instrucción (IR) y un registro de datos (DR). El registro IR almacena los códigos de instrucciones tales como limpiar *display*, correr el cursor, etc., almacenar información del apuntador de la RAM de datos del *display* (DD RAM), y de la RAM generadora de caracteres (CG RAM).

El registro IR puede ser escrito por una CPU, pero no puede ser leído.

El DR guarda temporalmente los datos a ser escritos en la DD RAM o en la CG RAM. Los datos escritos en DR son enviados automáticamente a la DD RAM o la CG RAM como operación interna. También se utiliza el DR para almacenar datos cuando se lee de la DD RAM o la CG RAM. Cuando se escribe la dirección en IR, el dato es transferido internamente de la DD RAM hacia DR. Entonces la CPU lee DR y la transferencia del dato se completa.

La señal RS (Register Selector) selecciona alguno de estos dos registros.

Tabla 1. Selección de Registros.

RS	R/W	Operación
0	0	Se escribe a IR operaciones internas (Limpiar Display, etc.)
0	1	Lectura de Busy Flag (DB7) y el contador de dirección (DB0 a DB6)
1	0	Se escribe a DR como operación interna (DR -->DD ó CG RAM)
1	1	DR se lee como operación interna (DD ó CG RAM -->DR).

2. Busy Flag (BF)

Cuando la bandera de ocupado es "1", el módulo LCD está en modo de operación interna, y no acepta instrucciones externas en este momento. Esta bandera es mostrada en DB7 cuando RS=0 y R/W=1. Para enviar una instrucción primero se debe verificar que la bandera BF sea "0".

3. Contador de Dirección (AC)

El contador de dirección (AC) asigna las direcciones de la RAM DD y CG. Cuando se escribe en IR una instrucción para direccionar, la información es enviada de IR a AC.

La selección de la RAM DD ó CG se determina por una instrucción previa. Después de haber escrito (o leído) la RAM DD o CG, el contador AC se incrementa automáticamente en uno (o decrementa). La dirección de AC está en DB6 a DB0 cuando RS=0 y R/W=1.

4. RAM de datos del *Display* (DD RAM)

La RAM de datos del *Display* (DD RAM) almacena los datos del *display* representados en códigos de 8 bits.

III.4.2 - Comandos

El código de comandos se refiere a las instrucciones por medio de las cuales el módulo LCD es accedido por la CPU, el módulo LCD inicia una operación cuando recibe un código de entrada.

El módulo LCD realiza sus operaciones a un tiempo diferente (más lento) del ciclo de la CPU. Por lo cual se debe revisar el estado de la bandera de ocupado (Busy Flag) hasta que ésta sea "0".

Cuando la bandera de ocupado esta en "1" el módulo LCD no ejecuta otro comando a excepción de la lectura de la bandera misma. Por esta razón la CPU debe verificar que ésta sea "0" para poder enviar el comando siguiente.

Los comandos pueden ser divididos en 4 tipos:

- (a) Comandos que designan las funciones del módulo como formato del *display*, tamaño de los datos, etc.
- (b) Comandos que dan direcciones de la RAM interna.
- (c) Comandos que afectan transferencia de datos en la RAM interna.
- (d) Otros comandos.

1.- Limpiar *Display*

	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Escribe un "20" (Hexadecimal) en todas las direcciones de la RAM DD, lo que limpia el *display*. El cursor regresa a la dirección 0.

2.- Mandar a inicio

	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

x: No importa.

4. RAM de datos del *Display* (DD RAM)

La RAM de datos del *Display* (DD RAM) almacena los datos del *display* representados en códigos de 8 bits.

III.4.2 - Comandos

El código de comandos se refiere a las instrucciones por medio de las cuales el módulo LCD es accedido por la CPU, el módulo LCD inicia una operación cuando recibe un código de entrada.

El módulo LCD realiza sus operaciones a un tiempo diferente (más lento) del ciclo de la CPU. Por lo cual se debe revisar el estado de la bandera de ocupado (Busy Flag) hasta que ésta sea "0".

Cuando la bandera de ocupado esta en "1" el módulo LCD no ejecuta otro comando a excepción de la lectura de la bandera misma. Por esta razón la CPU debe verificar que ésta sea "0" para poder enviar el comando siguiente.

Los comandos pueden ser divididos en 4 tipos:

- (a) Comandos que designan las funciones del módulo como formato del *display*, tamaño de los datos, etc.
- (b) Comandos que dan direcciones de la RAM interna.
- (c) Comandos que afectan transferencia de datos en la RAM interna.
- (d) Otros comandos.

1.- Limpiar *Display*

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Escribe un "20" (Hexadecimal) en todas las direcciones de la RAM DD, lo que limpia el *display*. El cursor regresa a la dirección 0.

2.- Mandar a inicio

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

x: No importa.

Regresa el cursor a la posición 1 y regresa el cursor a su posición original si fue desplazado. El contenido de la RAM DD permanece sin cambio.

3.- Establecer modo

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D: Cuando se escribe o se lee un carácter de la RAM DD, incrementa (I/D=1) o decrementa (I/D=0) la dirección de la RAM DD. El cursor se mueve a la derecha cuando I/D = 1, y a la izquierda cuando I/D = 0.

S: Desplazar el *display* entero a la derecha (cuando I/D=0, S=1) o a la izquierda (cuando I/D=1, S=1), cuando se escribe en la RAM DD. Cuando se lee de la RAM DD, el *display* no se desplaza.

4.- Control de encendido/apagado (ON/OFF)

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D: Enciende el *display* (D=1) o lo apaga (D=0). Cuando se apaga el *display* los datos de la RAM DD permanecen y pueden ser desplegados inmediatamente poniendo D=1.

C: El cursor es desplegado cuando C=1 y no desplegado cuando C=0. Aún si el cursor desaparece, la función de I/D no cambia. El cursor es mostrado en la octava línea cuando se seleccionan caracteres de 5x7 puntos.

B: El carácter en la posición del cursor parpadea cuando B=1. El parpadeo es hecho cambiando entre todos los puntos negros y caracteres desplegados en un intervalo de 0.4 segundos. Si B=0 el carácter en la posición del cursor no parpadea.

5.- Desplazamientos

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X

Desplaza la posición del cursor ó la posición del *display* a la izquierda ó a la derecha, sin escribir ó leer datos.

S/C	R/L	FUNCIÓN
0	0	Desplaza la posición del cursor a la izquierda. (AC se decrementa por uno)
0	1	Desplaza la posición del cursor a la derecha. (AC es incrementado por uno)
1	0	Desplaza todo el display a la izquierda. El cursor sigue el corrimiento.
1	1	Desplaza todo el display a la derecha. El cursor sigue el corrimiento.

6.- Establecer funciones

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X

DL: Establece el tamaño del bus de datos. Los datos son enviados o recibidos en 8 bits (DB7 a DB0) cuando DL=1 y en 4 bits (DB7 a DB4) cuando DL=0. Cuando se selecciona el tamaño de 4 bits, las instrucciones y datos deben ser enviados en dos pasos (parte alta y parte baja).

N: Establece el número de líneas. Una línea (N=0) y dos líneas (N=1)

F: Establece el tamaño de los caracteres. Caracteres de 5x7 puntos (F=0) y de 5x10 puntos (F=1).

7.- Establecer la dirección de la RAM CG.

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	1	A	A	A	A	A	A

Establece la dirección de la RAM CG a un número binario AAAAAA (Actualiza el apuntador). Después de esta instrucción, todos los datos del CPU son escritos y leídos de la RAM CG.

8.- Establecer la dirección de la RAM DD

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	0	0	1	An	A	A	A	A	A

Establece la dirección de la RAM DD a un número binario AnAAAAA (An=0 para la primera línea, An = 1 para la segunda línea) Después de esta instrucción todos los datos del CPU son escritos y leídos de la RAM DD

9.- Leer la bandera de ocupado y dirección.

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	0	1	BF	A	A	A	A	A	A	A

Lee la bandera de ocupado y el valor del contador de dirección. BF=1 indica que se está efectuando una operación interna. BF=0 indica que el *display* está listo para recibir un nuevo comando ó dato.

10.- Escribir datos a la RAM CG ó a la RAM DD.

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D

Escribe un dato de 8 bits a la RAM CG o a la RAM DD, dependiendo de cual se seleccionó en un paso anterior.

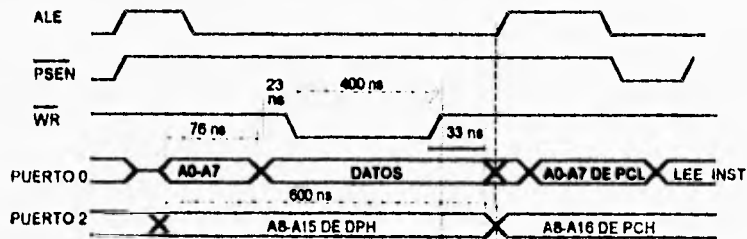
11.- Leer datos de la RAM CG ó la RAM DD

	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Código	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D

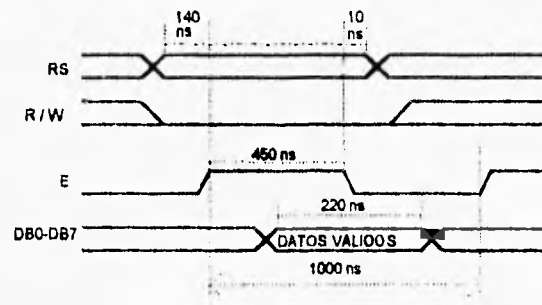
Lee un dato de la RAM CG ó de la RAM DD, dependiendo de la selección hecha con anterioridad.

III.4.3 - Diagramas de tiempos

El ciclo de escritura del microcontrolador a 12 MHz es:



Y el ciclo de escritura del *display* debe ser:



Haciendo un breve análisis de los dos ciclos se puede ver que el *display* no podría ser **accesado directamente**. En estas figuras se puede ver que para el microcontrolador la **habilitación se hace desde el principio** y que la señal de WR es **habilitada una vez que se tienen los datos y las direcciones**. Para el *display* se necesita que la señal de R/W sea **más prolongada** y que la señal de **habilitación se de después de la de R/W**. Para lograr un ciclo de escritura como el requerido por el *display* se hizo un circuito, el cual es descrito en la sección siguiente.

III.4.4 - Circuito eléctrico

La configuración utilizada para el *display*, para lograr los tiempos descritos fue la que se muestra en la figura 3.6.:

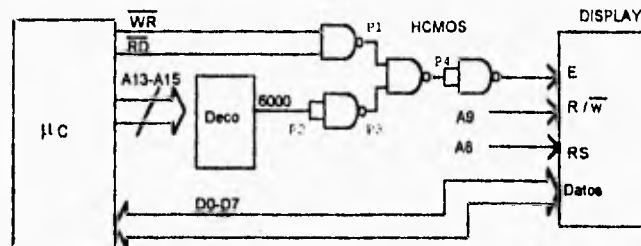


Figura 3.6. Diagrama de la decodificación del *display*.

En este circuito con la decodificación mostrada se ubica al *display* en el mapa de memoria en la **localidad 6000**. Con las compuertas AND se logra **ajustar la habilitación del *display*** considerando las señales RD y WR del microcontrolador. Con la dirección A8 se **selecciona si se envían datos ó comandos al *display***. Con la dirección A9 se **controla si se escribe o se leen datos**.

En este caso las líneas A8 y A9 se toman para las señales RS y R/W.

Como en un ciclo de lectura ó escritura estas señales (A8 y A9) son de las que se mantienen por más tiempo, se le da al *display* el tiempo que necesita para la toma de los valores que se le envían.

En la figura 3.7 se muestra el diagrama de tiempos para un ciclo de escritura al *display* (para la lectura se tiene algo similar):

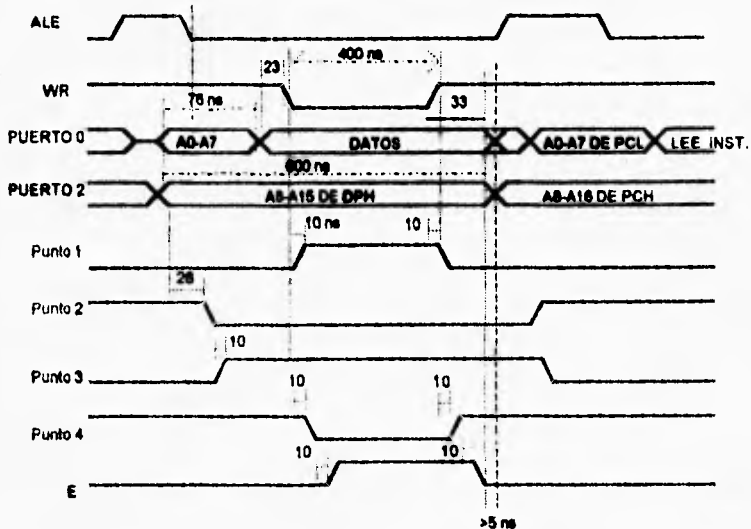


Figura 3.7. Diagrama de tiempos resultante.

La señal de habilitación (E) se obtiene a partir de las señales RD y WR del microcontrolador y de la decodificación. Con la AND de las dos primeras se logra que la habilitación sea después de que el microcontrolador valida los datos, y con la AND de la señal de decodificación se ubica al *display* en la localidad 6000 del mapa de memoria del sistema.

Debido a que desde que el microcontrolador valida los datos hasta que hace un nuevo ciclo de búsqueda (y por lo tanto cambia los datos por direcciones) no se tiene mucho tiempo (unos 440 ns) las compuertas NAND que se utilizan deben de tener retardos muy pequeños. De esta forma la habilitación del *display* se hace sólo cuando se asegura que los datos son los correctos y es deshabilitado antes de que el microcontrolador cambie datos por direcciones.

El decodificador que se usó es HCMOS con un retardo de unos 28 ns. Las compuertas NAND pueden ser 74LS00 (con retardo de unos 10 ns), pero debido a que se quiere un consumo bajo de potencia son más recomendables las 74HC00 (con retardo de unos 8 ns).

Las señales que recibe el *display* son las mostradas en la figura 3.8.

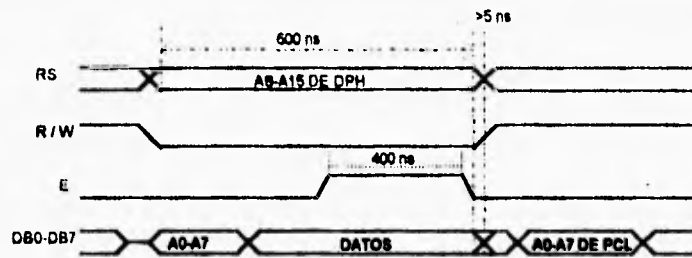


Figura 3.8. Diagrama de tiempos para el display.

Como se ve en este diagrama, cuando la señal de habilitación (E) baja, prácticamente los datos ya están siendo retirados (después de unos 5 ns).

En el caso de utilizar compuertas NAND CMOS se tendrían problemas con los ciclos de lectura y escritura en el *display*.

Las compuertas MC14011 (NAND CMOS) tienen retardos entre unos 50ns y unos 100 ns. Con estos retardos la habilitación del *display* inicia al validarse los datos por el microcontrolador pero la deshabilitación ocurre hasta unos 150 ns después de que el microcontrolador ha cambiado los datos, por lo tanto no se asegura que el *display* haya tomado los datos que se enviaron.

III.4.5 - Software para el display

En la programación del *display* primero se le debe inicializar, indicándole algunos parámetros para su funcionamiento como son : longitud de la interfaz (4 ó 8 bits), tamaño de los caracteres (5x7 ó 5x10), número de líneas, desplegar ó no desplegar el cursor, cursor parpadeando, hacer corrimiento automático, etc.

En la figura 3.9 se muestra un diagrama de flujo que indica la secuencia que se utilizó para la inicialización del *display*, en este se consideran tiempos entre algunas instrucciones que se deben dejar como indica el fabricante:

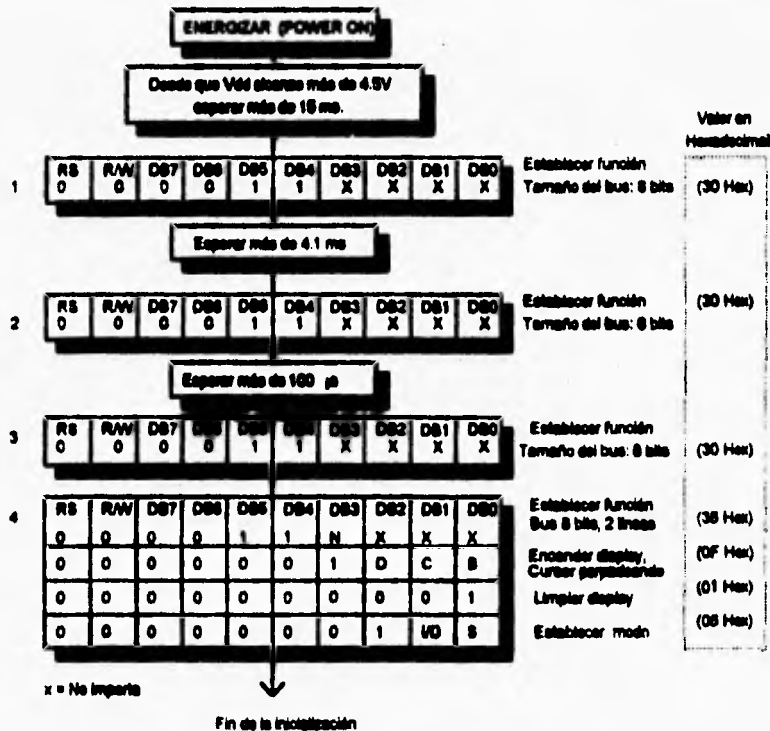


Figura 3.9. Inicialización del display.

De acuerdo al circuito, con el manejo de RS = A8 y R/W = A9, los datos ó comandos se deben enviar de la siguiente forma:

Para mandar dato:	Escribir en la dirección 8100 Hex
Para mandar comando :	Escribir en la dirección 8000 Hex
Para leer la bandera de ocupado (BF) :	Leer de la dirección 8200 Hex

III.5 - TECLADO

La función de éste es servir junto con el *display* como interfase entre el operador y el sistema. Mediante el teclado el operador puede actualizar la hora y fecha del sistema, puede revisar el estado de la memoria de almacenamiento y puede visualizar los valores de las conversiones en los canales A/D del microcontrolador.

En la figura 3.10 se muestra el diagrama a bloques del teclado, indicándose también su ubicación dentro del sistema:

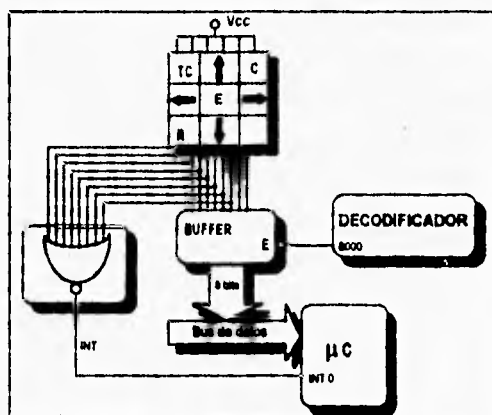


Figura 3.10. Estructura y localidad del teclado.

Como se ve en la figura 3.10, el teclado está ubicado dentro del mapa de memoria del sistema en la localidad 8000. Cada tecla es un push-botton, con 8 teclas se forma una matriz como se muestra en la figura 3.11.

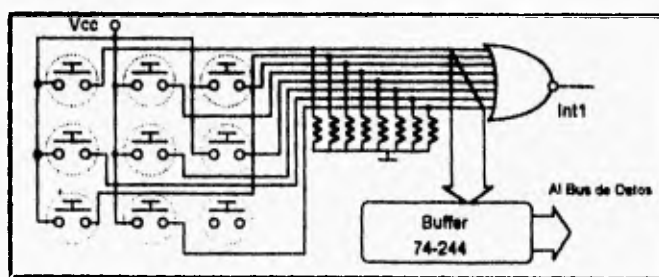


Figura 3.11. Arquitectura del teclado.

Con el arreglo anterior, cada vez que se presiona alguna tecla, la compuerta NOR genera un pulso de interrupción, provocando que el sistema atienda al teclado. Utilizando una interrupción se evita el uso de un sondeo continuo (polling), que implicaría que el microcontrolador no pudiera entrar al modo de espera¹. Una vez que se genera la interrupción el microcontrolador habilita el Buffer, toma la lectura del teclado y dependiendo de ésta realiza alguna tarea.

Debido a la forma de conexión del teclado, la relación entre la tecla accionada y el número que se lee por el buffer es la mostrada en la tabla 3.1.

# de tecla	Función	# Generado en el Buffer
1	↑ arriba	01 (0000001)
2	← izquierda	02 (0000010)
3	E entrar	04 (0000100)
4	→ derecha	08 (0001000)
5	↓ abajo	10 (0010000)
6	C calibración	20 (0100000)
7	TC registro	40 (0100000)
8	R capac. y reset	80 (1000000)

Tabla 3.1.

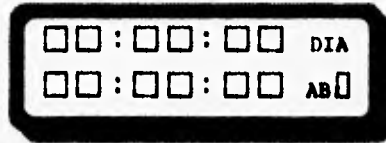
Los decodificadores de teclado comerciales soportan 16, 32 o más teclas; sin embargo, en este caso por tener pocas teclas resultó más conveniente por costo y disponibilidad el uso de un buffer y de una compuerta NOR de 8 entradas. Un decodificador de teclado comercial resulta más caro, no es tan fácil de encontrar. Algunos decodificadores requieren de componentes adicionales (por ejemplo un cristal), y algunos más proporcionan funciones adicionales que en este caso no se utilizarían pero que incrementan su costo.

El teclado está compuesto por 8 teclas: cuatro indican direcciones (izquierda, derecha, arriba y abajo), dos definen dos modos de operación (entrar y calibración) y las dos restantes son de información (TC registro y capacidad de RAM).

III.5.1 - Actualización del reloj de tiempo real

Para la actualización o visualización de la fecha y hora del sistema se utiliza la tecla "E". Al accionar esta tecla se muestra en el *display* el reloj de tiempo real, distribuido de la manera siguiente:

¹Ver descripción del μ p



El primer renglón tiene el siguiente formato:

HORAS : MINUTOS : SEGUNDOS DIA DE LA SEMANA.

El segundo renglón tiene el siguiente formato:

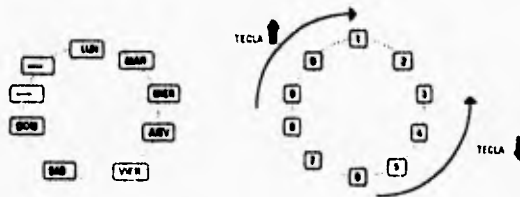
DIA : MES : AÑO AÑO BISIESTO

Una vez que ha aparecido el reloj sobre el *display* entran en operación las teclas de direcciones:

Aparecerá el cursor parpadeando sobre las decenas de horas; con las teclas derecha e izquierda se podrá mover el cursor y colocarlo en la posición en la que se encuentra el registro que se desea cambiar. Cuando el cursor se encuentra en la posición correcta las teclas arriba y abajo, incrementarán o decrementarán respectivamente el número que se encuentre en la posición seleccionada.

Cuando se han cambiado todos los registros que se deseen, se da fin al modo de actualización accionando nuevamente la tecla E; con la cual se dio inicio al modo de actualización.

NOTA: Cuando una de las teclas de dirección se mantiene apretada se desarrolla su función de manera continua con un retardo pequeño: Por ejemplo, se desea cambiar el día de la semana el cual indica día lunes y se desea actualizarlo a jueves: Manteniendo la tecla de dirección hacia arriba el día irá cambiando de manera automática hasta llegar a jueves, en ese momento se suelta la tecla. Lo mismo ocurre con todos los parámetros que se pueden cambiar en el modo de actualización. Un diagrama representativo de la secuencia que siguen las teclas de dirección arriba y abajo, es el siguiente:



III.5.2 - Calibración - visualización

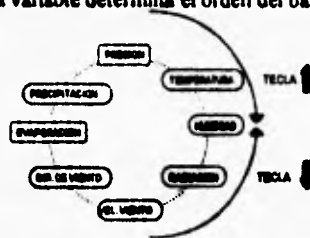
El segundo de los modos de operación lo proporciona la tecla "C", la cual indica modo de calibración.

Algunos de los sensores que normalmente se emplean en climatología tienen la posibilidad de ser calibrados. También para algunas variables la etapa de adecuación (Entre el sensor y el convertidor A/D) necesita un ajuste. En este modo se puede visualizar el valor de la conversión hecha por el canal A/D. En el caso de que el sensor no tuviera la posibilidad de calibrarse, este modo todavía es útil para la toma de lecturas de forma manual, con lo cual se puede cubrir la función del sistema de comunicación y de la memoria de almacenamiento, esto es, que en el caso de fallar o no encontrarse alguna de estas partes, todavía se podrían registrar las lecturas. Este modo serviría también para comprobar que las partes de conversión, de adecuación y de desplegado están operando correctamente².

Al presionar la tecla "C" se entra al modo de calibración, en el cual se estará haciendo un barrido cíclico sobre los canales de conversión analógico digital del microcontrolador.

En principio aparecerá el nombre de la variable que se esta sensando sobre el primero de los canales, además aparecerá el resultado de la conversión sobre este canal y las unidades de la lectura. Para poder hacer la conversión sobre el segundo canal se debe accionar la tecla de dirección hacia arriba. Para hacer el muestreo de los 8 canales en forma ascendente se debe de accionar la tecla de dirección hacia arriba 8 veces. Si se desea hacer el muestreo en forma descendente se deberá accionar la tecla de dirección hacia abajo. Es decir que con estas dos teclas, de dirección arriba y abajo se selecciona el canal sobre el que se estará haciendo la conversión.

El lugar que ocupa cada variable determina el orden del barrido, y es el siguiente:



La misma tecla "C" con la que se entra a este modo de operación es la que proporciona la salida del mismo.

La tecla "E" que es la que proporciona el modo de actualización del reloj de tiempo real, no cumple ninguna función en el modo de calibración; de la misma manera la tecla "C" que proporciona el modo de calibración no cumple ninguna función en el modo de actualización.

²Sumamente útil para la detección de fallas dentro del sistema

La tecla TC proporciona el estado de el dispositivo de almacenamiento.

La tecla R sirve para mostrar la capacidad total del dispositivo de almacenamiento y la cantidad de bytes que se han ocupado. Sirve también para la inicialización del apuntador del dispositivo de almacenamiento.

NOTA: La descripción detallada de las funciones de las teclas se describe durante el desarrollo de cada una de las partes con las que interactúa el teclado.

Una parte básica de las estaciones climatológicas es un reloj de tiempo real con calendario. Es indispensable fechar cada conjunto de lecturas. Para efectuar esta operación es necesario seleccionar un reloj de tiempo real, para lo cual se deben de considerar los siguientes puntos:

- Será controlado por el microcontrolador
- Debe de fechar cuando menos unidades de años
- Debe de ser capaz de generar una interrupción con una frecuencia programable

III.6 - RELOJ DE TIEMPO REAL

El reloj utilizado es el circuito integrado MM58274, el cual observa las siguientes características:

Es un reloj de tiempo real compatible con microprocesador

Está fabricado con tecnología CMOS

Está diseñado para aplicaciones en las que se requiere de un registro del tiempo y calendario.

El reloj tiene un oscilador controlado por cristal de 32.768 KHz, el cual mantendrá los datos en los registros aún estando alimentado con un voltaje mínimo de 2.2 volts, esto con el fin de permitir un respaldo por medio de una batería pequeña.

El reloj almacena desde décimas de segundo hasta decenas de años en registros de acceso independiente. Tiene además un registro de año bisiesto.

Cuenta con un contador programable para obtener dos modos de operación, uno de 0 a 12 hrs. y el otro de 0 a 23 hrs.

Está provisto de una señal de salida en modo de prueba, en la que se puede observar la frecuencia de oscilación y hacer los ajustes necesarios.

Tiene un contador independiente para interrupciones. La salida que proporciona este contador es de drenado abierto (open drain).

El circuito integrado es completamente compatible con TTL.

El respaldo necesario para que no se altere o pierda la información de los registros es mínimo de 2.2 Volts y 10 μ A.

A continuación se muestran algunos de los parámetros máximos del circuito integrado:

Voltaje de DC de entradas o salidas	de - 0.3 a $V_{dd} - 0.3$ V	
Corriente de entrada o salida	± 5.0 mA	
Datos en operación	mínimo	máximo
Voltaje de alimentación	4.5	5.5 Volts
Voltaje de entrada o salida	0.0	V_{dd}
Potencia de disipación	500 mW	

La figura 3.12 muestra el diagrama interno a bloques de la organización del reloj:

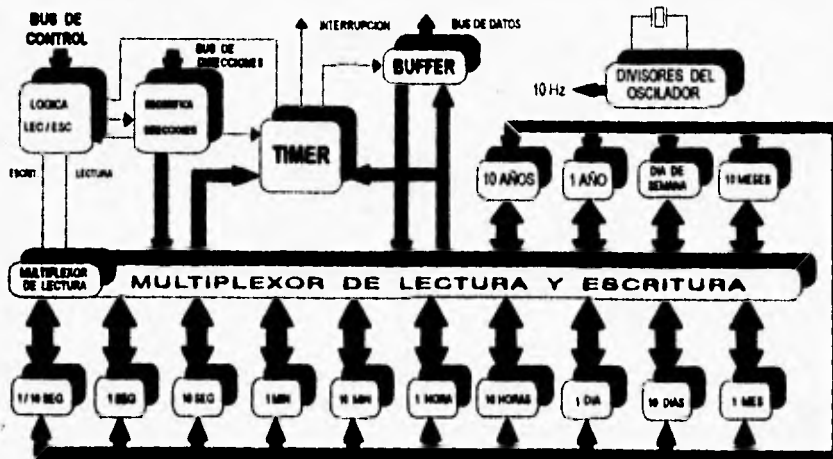


Figura 3.12. Organización del reloj de tiempo real.

III.6.1 - Descripción del funcionamiento

Los contadores son palabras de 4 bits y pueden ser inicializados o leídos en cualquier momento. La salida proporcionada en los cuatro bits es BCD.

Algunos de los registros no hacen uso de los cuatro bits por lo que regresarán un cero lógico en cada bit que no sea utilizado. En el caso de que se trate de una escritura las entradas no usadas serán ignoradas.

Escribiendo un 1 lógico en el bit de control de start-stop del reloj se está dando un reset a la cadena divisora interna del oscilador y al contador de décimas de segundo.

Escribiendo un 0 lógico en este mismo lugar el reloj comenzará la cuenta.

El tiempo registrado se actualizará cada 100 ms con un cambio sincronizado en todos los contadores.

Los intervalos para interrupciones están ya preestablecidos a 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 30 o 60 segundos y puede programarse para producir una salida repetitiva o única.

Físicamente el circuito integrado es como se muestra en la figura 3.13.

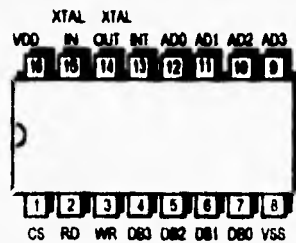


Figura 3.13. Circuito integrado MM58274.

III.6.2 - El cristal oscilador

El cristal oscilador es un amplificador inversor con una resistencia de polarización. Externamente se requiere un capacitor de 20 pF, un capacitor variable de 6 pF a 30 pF y un cristal de 32.768 KHz para completar el sistema de oscilación.

El capacitor variable de 6 a 30 pF afina la impedancia de carga del cristal, optimizando la estabilidad del oscilador.

Cuando se encuentra parcialmente ajustado el circuito desplegará una variación de frecuencia con el voltaje menor a 3 ppm/V.

Cuando el reloj es habilitado en modo de prueba la señal del oscilador es mostrada sobre la terminal de interrupciones, lo cual puede servir para ajustar la frecuencia del cristal cuando el sistema es instalado.

III.6.3 - Cadena del divisor

La oscilación del cristal es dividida en 3 etapas para producir un pulso de frecuencia de 10 Hz. La primer etapa es un divisor no entero el cual reduce la entrada de 32.768 a 30.720 KHz. Esta frecuencia es posteriormente dividida en un contador binario de 9 etapas dando una frecuencia de salida de 60 Hz. Un contador Johnson de 3 etapas divide esta última frecuencia entre 6 generando una salida de 10 Hz.

El circuito integrado cuenta con una bandera que registra el cambio de dato. Esta bandera es alterada por el pulso de reloj que maneja todos los registros. Con esta bandera se indica que los datos han cambiado desde la última vez que fueron leídos. Esta bandera ocupa el bit 3 del registro de control. Al momento de hacer la lectura de esta bandera se estará provocando un "reset" sobre la misma.

En la figura 3.14 se muestra el diagrama típico de conexión del sistema:

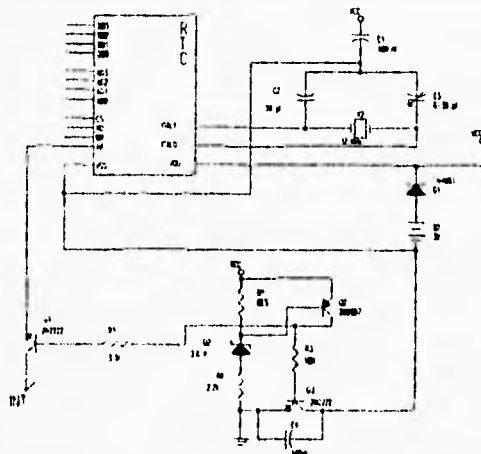


Figura 3.14. Conexión típica del MM59274.

III.6.4 - Los contadores

Contadores de segundos:

Hay 3 contadores para los segundos:

- a) décimas de segundo
- b) unidades de segundo
- c) decenas de segundo

El registro de décimas de segundo es inicializado en "0" cuando el bit start/stop del reloj (bit 2 del registro de control) es puesto en 1 lógico.

Las unidades y decenas de segundos son inicializados por el microprocesador

Contadores de minutos:

Hay dos contadores para minutos:

- a) unidades de minutos
- b) decenas de minutos

Ambos registros pueden ser leídos o actualizados en cualquier momento

Contadores de horas:

Hay dos contadores para horas:

- a) unidades de horas
- b) decenas de horas

Ambos contadores pueden ser accedidos para operaciones de lectura y escritura en cualquier momento.

En modo de 12 horas (cuenta de 00 a 11:59 hrs) el registro de decenas de hora tiene solamente un bit activo y los tres bits más significativos permanecen en "0" lógico. El bit 1 del registro de parámetros del reloj es el indicador de AM/PM, un "0" indica A.M. y un "1" indica P.M.

Cuando el reloj es programado para modo de 24 horas (cuenta de 00 a 23 Hrs) el registro de decenas de hora tiene dos bits activos, mientras que los 2 bits más significativos permanecen en "0" lógico.

El modo de 12 o 24 horas es seleccionado por medio del bit 0 del registro de parámetros del reloj; un "0" indica modo de 0 a 12 horas, por lo tanto un "1" indicará modo de 00 a 23 hrs.

Contadores de día:

Hay dos contadores para día:

- a) unidades de día
- b) decenas de día

Los contadores de día llegarán a registrar 28, 29, 30 o 31 dependiendo del estado de los contadores de meses y el registro de año bisiesto. El microprocesador tiene acceso libre para operaciones de lectura y escritura sobre estos registros.

Contadores de meses:

Hay dos contadores de meses:

- a) unidades de mes
- b) decenas de mes

Ambos contadores pueden ser accedidos en cualquier momento.

Contadores de años:

Hay dos contadores para años:

- a) unidades de años
- b) decenas de años

Ambos contadores pueden ser accedidos en cualquier momento. Estos llegarán a registrar en conjunto hasta 99 años para posteriormente comenzar la cuenta con 00, describiendo un conteo cíclico.

Contador de día de la semana:

El contador de día de la semana se incrementa cuando se registra un cambio de 23:59 a 00:00 o de 11:59 a 12:00 en modo de 12 horas. Este contador es cíclico y va de 1 a 7, cualquier día de la semana puede ser seleccionado como día 1.

En la tabla 3.2 se muestra la dirección de decodificación de los registros internos del reloj:

REGISTRO SELECCIONADO	DIRECCION					ACCESO
	AD3	AD2	AD1	AD0	(HEX)	
0 REGISTRO DE CONTROL	0	0	0	0	0	LECTURA O ESCRITURA
1 DECIMAS DE SEGUNDO	0	0	0	1	1	SOLO ESCRITURA
2 UNIDADES DE SEGUNDO	0	0	1	0	2	LEC/ESC
3 DECENAS DE SEGUNDO	0	0	1	1	3	LEC/ESC
4 UNIDADES DE MINUTOS	0	1	0	0	4	LEC/ESC
5 DECENAS DE MINUTOS	0	1	0	1	5	LEC/ESC
6 UNIDADES DE HORAS	0	1	1	0	6	LEC/ESC
7 DECENAS DE HORAS	0	1	1	1	7	LEC/ESC
8 UNIDADES DE DIAS	1	0	0	0	8	LEC/ESC
9 DECENAS DE DIAS	1	0	0	1	9	LEC/ESC
10 UNIDADES DE MES	1	0	1	0	A	LEC/ESC
11 DECENAS DE MES	1	0	1	1	B	LEC/ESC
12 UNIDADES DE AÑOS	1	1	0	0	C	LEC/ESC
13 DECENAS DE AÑOS	1	1	0	1	D	LEC/ESC
14 DIA DE LA SEMANA	1	1	1	0	E	LEC/ESC
15 PARAMETROS RELOJ/ REGISTRO DE INT.	1	1	1	1	F	LEC/ESC

Tabla 3.2.

Registro de parámetros del reloj / registro de interrupciones.

El bit selector del registro de control determina cual de los registros puede ser accedido por el procesador en la dirección 15. En el siguiente esquema se puede observar la composición de ambos registros:

REGISTRO DE CONTROL DE INTERRUPCIONES

FUNCION	COMENTARIO	PALABRA DE CONTROL			
		DB3	DB2	DB1	DB0
NO INTERRUPCION	BIT START/STOP EN 1 NO HAY INTERRUPCION	X	0	0	0
0.1 SEGUNDOS		0/1	0	0	1
0.5 SEGUNDOS		0/1	0	1	0
1.0 SEGUNDOS		0/1	0	1	1
5.0 SEGUNDOS		0/1	1	0	0
10 SEGUNDOS	DB3=0 PARA INTERRUPCION UNICA	0/1	1	0	1
30 SEGUNDOS	DB3=1 PARA INTERRUPCION REPETITIVA	0/1	1	1	0
60 SEGUNDOS		0/1	1	1	1

REGISTRO DE PARAMETROS DEL RELOJ

FUNCION	BITS USADOS				COMENTARIO	ACCESO
	DB3	DB2	DB1	DB0		
CONTADOR DE AÑO BISIESTO	X	X			0=AM 1=PM	LEGESC
INDICADOR DE AM/PM			X		0 EN MODO 24 HRS	LEGESC
BIT SELECTOR DE MODO 12/24 HRS				X	0=MODO 12 HRS 1=MODO 24 HRS.	LEGESC

El registro de parámetros del reloj está encargado de tres funciones independientes:

- a) contador de año bisiesto: bits 2 y 3
- b) indicador de A.M./P.M.: bit 1
- c) modos 12/24 horas : bit 0

El contador de año bisiesto es un contador de dos etapas el cual es controlado por el contador de meses. Este cambia cuando se registra un cambio de 11:59 en el 31 de diciembre a 00:00 del primero de enero.

El contador de años bisiestos debe de ser cargado con el numero de años que han transcurrido a partir del último año bisiesto. Por ejemplo si el último año bisiesto fue 1992 y el reloj es programado en 1994 el registro de año bisiesto debe de almacenar un 2. Si el reloj es programado en el transcurso de un año bisiesto se deberá almacenar un 0. El contenido del registro de año bisiesto puede ser leído en cualquier momento por el microprocesador.

El indicador de A.M./P.M. regresa un cero lógico para indicar A.M. y un uno lógico para indicar P.M. Este es actualizado cuando el contador de horas va de 11:59 a 12:00 en modo de 12 horas. En modo de 24 horas el bit leído será un cero lógico.

El registro de interrupciones controla la operación del contador que genera la interrupción. El procesador programa el registro para una repetición repetitiva o única, además selecciona el intervalo de interrupción.

Los tres bits menos significativos de este registro seleccionan el periodo de retardo entre interrupciones.

En la composición del registro de control de interrupciones se muestran los periodos a los que se puede programar la interrupción. El bit 3 del registro de interrupciones selecciona interrupción única o repetitiva, un 0 lógico indica interrupción única, un 1 lógico indica modo repetitivo.

El registro de control:

El registro de control es el encargado de controlar las operaciones del reloj y además proporciona información sobre el estado del mismo. Esto se logra con dos registros que son accedidos con la misma dirección pero uno de ellos es de sólo escritura y el otro de sólo lectura.

El registro de sólo escritura consiste de un banco de 4 *latches* el cual controla los procesos internos del reloj.

El registro de sólo lectura contiene dos *latches* de salida de datos el cual proporcionará información sobre el estado del reloj al procesador.

El registro de control está localizado en la dirección 0. La siguiente tabla muestra el mapa de los *latches* de control y banderas de estado del registro de control.

REGISTRO DE CONTROL

ACCESO/DIRECCION #	DB3	DB2	DB1	DB0
LECTURA	BANDERA CAMBIO DE DATO	0	0	BANDERA DE INT.
ESCRITURA	PRUEBA 0=NORMAL 1=MODO DE PRUEBA	START/STOP DEL RELOJ 0=CORRE 1=SE DETIENE	SELECTOR DE INTERRUPCION 0=REG DE PARAMETROS 1=REG DE INTERRUPCION	CONTADOR DE INT. 0=CUENTA 1=SE DETIENE

La parte de sólo escritura del registro de control contiene cuatro *latches* con las siguientes funciones:

- a) La escritura de un 1 lógico sobre el bit de prueba pone el dispositivo en el modo de prueba. Esto permite tener la salida de la frecuencia del oscilador en una de las terminales. Para una operación normal este bit debe de cargarse con un 0 lógico.
- b) El bit de *start/stop* del reloj detiene el paso del tiempo registrado e inicializa el contador de décimas de segundo en 0.

Un 1 lógico escrito en el bit *start/stop* detiene el reloj. Para restablecer el conteo se manda un cero lógico sobre este bit.

- c) El bit selector de interrupción determina cual de los dos registros mapeados en la dirección 15 será accedido cuando dicha dirección sea seleccionada.

Un cero lógico en el bit selector de interrupción pone disponible el registro de parámetros del reloj. Por lo tanto un 1 lógico seleccionará el registro de interrupción.

- d) El bit de *start/stop* de interrupción controla el andar del contador de interrupciones. Este bit es programado de la misma manera que el bit *start/stop* del reloj. Un 1 lógico detendrá el contador que genera la interrupción y un cero lógico lo dejará continuar su conteo.

Cuando no se ha programado interrupción el bit *start/stop* de interrupción se coloca automáticamente en 1. Cuando alguna nueva interrupción sea subsecuentemente programada el conteo no comenzará hasta que el bit *start/stop* sea cargado con cero.

En el modo de interrupción única el contador de interrupciones generará la salida programada y enseguida mandará el bit de *start/stop* de interrupciones a 1 con lo que el contador que genera la interrupción se detendrá. Para una interrupción posterior se debe de inicializar mandando un cero a el bit mencionado por medio del procesador.

En el modo de interrupción repetitiva el proceso de reinicialización se hace de manera automática.

La parte de sólo lectura tiene dos bits activos:

- a) Uno de los bits es la bandera que indica que se ha registrado un cambio en los datos desde la última vez que este registro fue leído.
- b) El otro de los bits es la bandera de interrupción. Esta bandera tiene como fin indicar que es reloj ha generado una interrupción. Esta bandera es inicializada con la lectura de este registro.

La información de las banderas mencionadas es "sujetada" durante todo el ciclo de lectura del registro de control, asegurando de esta manera un estado estable en la información para garantizar que el microprocesador está recibiendo el estado real de las banderas.

En la figura 3.15 se muestra la organización del reloj en modo de prueba:

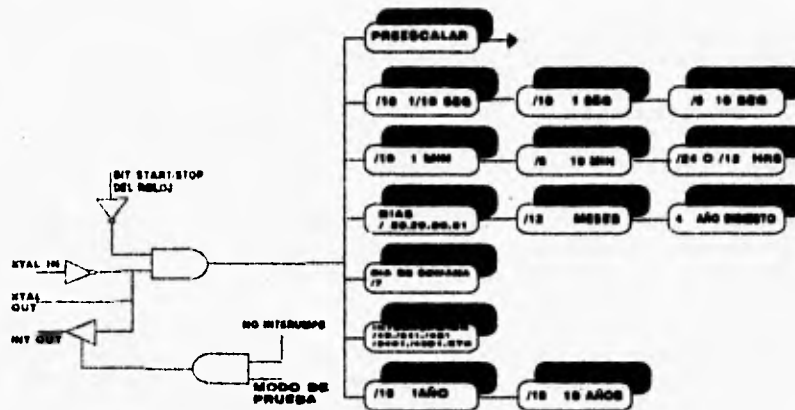


Figura 3.15. Modo de prueba del MM58274.

III.6.5 - Procedimiento recomendado para la inicialización del reloj

- 1) Deshabilitar la interrupción sobre el procesador para permitir la puesta del oscilador.

Escribir un 15 sobre el registro de control. Con esto los bits de start/stop de interrupciones y del reloj se colocarán en 1 asegurando de esta manera que los contadores generadores de interrupción y marcha del reloj se han detenido. Se ha seleccionado además el modo de prueba y se ha puesto a la disposición el registro de interrupciones en la dirección 15.

- 2) Escribir 0 sobre el registro de interrupciones: Con esto se asegurará que no hay interrupciones programadas y que el oscilador proporcionará su señal en el pin de interrupción.
- 3) Ajustar la frecuencia de oscilación. Todos los registros permanecen sin cambio y la señal de oscilación se detecta en la línea de interrupción.
- 4) Escribir un 5 en el registro de control. Con esto se conseguirá sacar del modo de prueba al reloj pero permanece detenido. Quedará disponible el registro de parámetros del reloj sobre la dirección 15.
- 5) Poner el modo de operación 12 o 24 hrs. Escribir sobre el registro de parámetros del reloj la palabra requerida para el modo deseado.
- 6) Cargar los registros de tiempo real: En esta etapa se inicializan los registros de minutos, segundos, horas etc. incluyendo los registros de año bisiesto y el bit indicador de A.M./P.M. La

inicialización de los registros se puede hacer de manera indistinta, es decir, se puede seguir cualquier orden.

- 7) Escribir 0 en el registro de control. Con esta operación se termina el procedimiento de inicialización del reloj; comenzará el conteo y la actualización sincronizada de los registros.

La actualización de los registros puede hacerse cuando el reloj se encuentra en modo normal (contando).

III.6.6 - Programado de interrupciones del reloj

Para la inicialización de las interrupciones se propone el siguiente procedimiento:

- 1) Escribir un 3 en el registro de control: Con esto se estará seleccionando el registro de interrupciones, se detendrá el contador de las mismas pero el contador que actualiza los registros de tiempo real continuará su marcha.
- 2) Escribir la palabra de control de interrupción a la dirección 15: Con ésta se selecciona la palabra de control que proporciona los parámetros de interrupción repetitiva o única y el intervalo entre interrupciones.
- 3) Escribir un 0 o un 2 en el registro de control: Con esto comenzará su marcha el contador de interrupciones. Si se escribe un 0 quedará disponible el registro de control de parámetros del reloj en el bus de datos, escribir un 2 tendría como consecuencia la disponibilidad del registro de interrupciones sobre el bus.

El registro del paso del tiempo no se verá afectado por el procedimiento de programación de interrupciones.

Una vez que se haya registrado una interrupción se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos:

a) Leer el registro de control y preguntar por la bandera de interrupción

Si la bandera se encuentra en 0 el reloj no es la fuente de interrupción. Si la bandera se encuentra en 1 quiere decir que el reloj es la fuente de interrupción. Con la lectura del registro la bandera es regresada automáticamente a 0, quedando lista para registrar otra interrupción.

En la figura 3.16 se muestra la interfase del MM58274 con el microcontrolador.

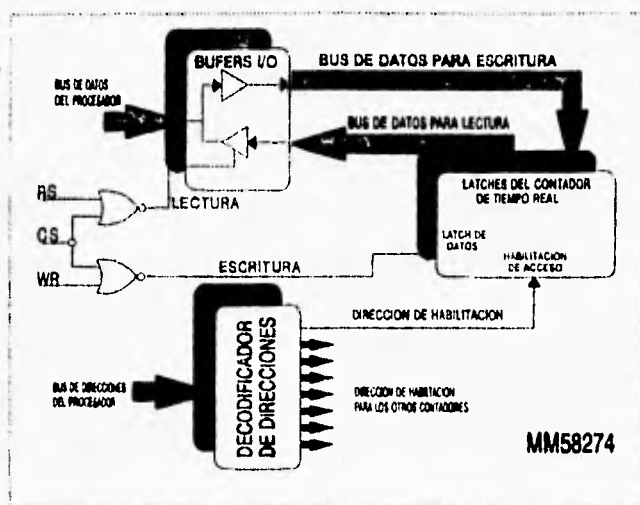


Figura 3.16. Interfase MM58274 y microcontrolador.

III.7 - Dispositivo de almacenamiento masivo

Uno de los requerimientos del sistema es que debe contar con un dispositivo de almacenamiento masivo.

El concepto de "ALMACENAMIENTO MASIVO" es relativo y puede definirse partiendo de la aplicación.

Para fines de climatología, un dispositivo de almacenamiento masivo puede definirse como aquel que es capaz de almacenar datos que representen cuando menos una estación del año, es decir 3 meses.

Dada la estructura lógica del almacenamiento de los datos en algún dispositivo de almacenamiento, se requiere que éste tenga cuando menos una capacidad de aproximadamente 860 kbytes (datos de 3 meses).

Para hacer la selección de dispositivo de almacenamiento se puede partir de una lista comparativa entre varias posibilidades, de manera que sean las ventajas y desventajas las que

determinen cual es el mas apropiado para la aplicación. No perdamos de vista que el dispositivo de almacenamiento será controlado por la estación remota.

Algunos dispositivos de almacenamiento que cumplen con la capacidad requerida son:

- a) Disco flexible
- b) Memoria "PC Card" (Memoria RAM tipo tarjeta)
- c) Simms de memoria (Módulos RAM usados en computadoras).
- d) Disco Duro
- e) Banco de memorias RAM de la serie 62XX.
- f) Banco de memorias EEPROM.

En seguida se hace un análisis de cada una de las opciones anteriores planteando sus ventajas y desventajas en las tablas TC1 y TC2.

	Manejo de señales de datos, direcciones y control	Consumo	Puede ser llevada de una estación a otra, sin acondicionamiento	Costo de la interfase en estación remota	Costo del dispositivo	Respaldo	Software para leer los datos	Mantenimiento	Alimentación
DISCOS FLEXIBLES	no tan sencillo	alto	si	regular	bajo	implicito	sencillo	regular	múltiple 5 y 12 V
DISCOS DUROS	no tan sencillo	alto	si	alto	alto	implicito	sencillo	regular	múltiple 5 y 12V
MEMORIAS TC RAM	sencillo	bajo	si	bajo	alto	incluido	sencillo	mínimo	sencilla 5V
BANCO DE MEMORIAS RAM SERIE 62XX	sencillo	medio	no	regular	baja	no incluido	no tan sencillo	mínimo	sencillo 5V
BANCO DE MEMORIAS EEPROM	sencillo	medio	no	regular	bajo	implicito	no tan sencillo	mínimo	sencillo 5V
SIMMS PARA PC	sencillo	bajo	no	regular	regular	no incluido	no tan sencillo	mínimo	sencillo 5V

Tabla TC1. Comparación de dispositivos de almacenamiento masivo.

	Rango de capacidades	Hardware involucrado	Flexibilidad de manejo	Velocidad de acceso	Espacio que requiere	El soporte para hardware debe ser	Disponibilidad en el mercado	Desarrollo del soporte
DISCOS FLEXIBLES	60kB-1.44Mb	1) Tarjeta controladora, 2) Soporte p/tarjeta, 3) Drive, 4) soporte p/drive	muy buena	regular (unidades de mseg.)	regular	resistente	muy buena	regular
DISCOS DUROS	20Mb- Gb	1) Tarjeta controladora, 2) Soporte p/tarjeta 3) Disco duro 4) Soporte p/DD	mala	rápido (decenas de nseg)	mucho	muy resistente	muy buena	regular
MEMORIAS TC RAM	64kb-4Mb	1) TC RAM 2) Conector	muy buena	rápido (centenas de ns)	poco	sencillo	regular	sencillo
BANCO DE MEMORIAS RAM SERIE 62XX	depende del número de memorias empleadas	1) Tarjeta p/CI. 2) Memorias RAM	mala	rápido (centenas de ns)	mucho	resistente	muy buena	complejo
BANCO DE MEMORIAS EEPROM	depende del número de memorias empleadas	1) Tarjeta p/CI. 2) Memorias EEPROM	mala	rápido (centenas de ns)	mucho	resistente	muy buena	complejo
SIMMS PARA PC	256kB-8Mb	1) Tarjeta p/CI. 2) Módulo de memorias	mala	muy rápido (decenas de ns)	poco	sencillo	muy buena	regular

Tabla TC2. Comparación de dispositivos de almacenamiento masivo.

En lo que respecta al rango de capacidades se puede ver que todos los dispositivos cumplen con el requerimiento mínimo. Algunos de ellos exceden por mucho el requerimiento, como son los discos duros, para los cuales se podría justificar su uso dependiendo de la aplicación. En este caso, un dispositivo de capacidad mínima de 20 mb resulta excedido por mucho y no se justifica su uso. Otra desventaja que tiene un disco duro es que tiene alto consumo (comparando con los demás opciones). Resultaría tedioso llevar el disco duro que se encuentra en la estación remota hacia la estación central para conectarlo a la PC, son de alto costo y requieren mucho espacio (comparado con las demás opciones).

Los discos duros y los discos flexibles presentan una desventaja en cuanto al hardware: requieren de una tarjeta controladora que hace complejo su manejo. El software también resulta complejo si tomamos en cuenta que el control tiene que hacerse con el microcontrolador.

En lo que respecta a los módulos de memoria estos pueden ser de 3 tipos a) de la serie 62XX (banco de memoria RAM). b) banco de memoria EEPROM y c) módulos de memoria para PC (simms).

Para el caso de el banco de memorias RAM y EEPROM se puede hacer el siguiente planteamiento:

- a) Tendría que ser un banco de al menos 4 memorias de 256 kb c/u.
- b) Se necesita hacer una tarjeta para las memorias ó incluirlas dentro de la tarjeta madre de la estación remota, lo que incrementará el espacio y además limitará las formas en las que los datos pueden ser extraídos.
- c) Debe de tomarse en cuenta que el banco de memorias debe de tener baterías de respaldo. Para contemplar el caso de que se pueda llevar el banco de memorias hacia la estación central debe de pensarse en un banco modular respaldado.
- d) Necesita hacerse una interfase en la estación central para poder extraer los datos.

Para el caso del banco de memorias para PC se presentan básicamente las mismas dificultades que en los casos anteriores. Algunas pequeñas diferencias podrían ser:

- El respaldo se torna más complejo
- Son mas difíciles de manejar por ser dispositivos CMOS
- El acceso es mas rápido que los casos anteriores.

El dispositivo seleccionado para nuestra aplicación fue la memoria de tipo TC RAM, sus características principales son:

- Su alimentación es de 5 V y es compatible con TTL y CMOS, las cuales son las familias utilizadas en el sistema.
- Tiene bajo consumo de energía (comparado con las demás opciones).
- Tiene muy buena flexibilidad en el manejo. Son memorias que pueden ser extraídas de su conector con facilidad y no requieren de algún cuidado especial como sería el caso de los bancos o módulos de memorias.
- El manejo de señales de control es sencillo ya que sólo tiene 10 de éstas.
- Requiere de un mantenimiento mínimo.
- Tiene respaldo incluido.

En lo que respecta a sus desventajas podremos decir que las principales son:

- a) Es un dispositivo de alto costo.

- b) El *drive* que se utiliza para este tipo de tarjetas es de alto costo, pero si vemos las formas en las que puede ser extraída la información nos daremos cuenta que el *drive* no es indispensable.
- c) La tarjeta es cara, pero dada la filosofía de la tarjeta, ésta puede ser usada únicamente como medio para pasar los datos de la estación remota a la estación central, por lo que puede ser usada sólo una tarjeta.

III.7.1 - TC RAM

El dispositivo de almacenamiento usado involucra:

- a) La tarjeta TC RAM.
- b) Conector de la tarjeta.
- c) *Drive*.
- d) Software en ambas estaciones, remota y central.

En lo que respecta a las características físicas y eléctricas de la TC RAM éstas pueden ser vistas en el Apéndice E.

Hardware necesario en la estación remota para el manejo de la TC RAM

Para poder manipular la tarjeta TC RAM en la estación central debemos de tomar en cuenta varias cosas:

- a) La memoria utilizada es de 1 Mbyte de capacidad (pudiendo ser usada una de 2 mbytes contemplando algunos cambios por Software).
- b) Un Megabyte de capacidad implica 20 líneas de direcciones.
- c) El microcontrolador cuenta intrínsecamente con 16 líneas, con lo que se puede direccionar un máximo de 64 kbytes.
- d) Por lo tanto es necesario idear una ampliación de las líneas de dirección.

Para lograr esto se hace uso de uno de los puertos del microcontrolador, parte de este puerto actuará como contador para emular las 4 líneas de dirección faltantes. De esta manera se usan las 16 líneas de dirección del microcontrolador y además 4 de un puerto para acompletar las 20.

Al usar las 16 líneas de direcciones del microcontrolador debemos de contemplar que no debe darse un traslapamiento de la memoria RAM de apoyo y la de TC RAM, así como de la decodificación de los dispositivos periféricos.

La distinción de una lectura de memoria RAM externa o de memoria de programa la hace el microcontrolador por medio de una señal "strobe" de manera que el traslapamiento de programa y memoria RAM externa no se da.

Si queremos guardar o leer algún dato en la memoria TC RAM debemos deshabilitar todos los dispositivos periféricos que usen líneas de direcciones y datos de manera que se evite el traslapamiento. Para lograr esto lo que se hizo es utilizar un decodificador para ubicar en algún lugar determinado (del mapa de memoria) a cada uno de los dispositivos periféricos, menos la TC RAM, de manera que al deshabilitar el decodificador quedan deshabilitados todos los dispositivos menos la TC RAM. Es así como por medio de 1 bit de control, el cual habilita o deshabilita el decodificador, se puede seleccionar entre TC RAM o demás dispositivos periféricos.

Como se puede ver en el Apéndice E las señales de control de la TC RAM son:

CE1
CE2
WE
WP
CD1
CD2
BVD1
BVD2
REG
OE

La tarjeta puede manejar 2 buses de datos de 8 bits cada uno, para formar interfases de 16 bits de ancho.

Las señales CE1 y CE2 son las que determinan que parte de dato se quiere leer o por cual se desea escribir. CE1 maneja de D0 a D7 (parte baja) y CE2 maneja de D8 a D15 (parte alta).

La señal WE es la que habilita a la TC RAM para escritura.

La señal OE es la que habilita a la TC RAM para lectura.

WP indica si la TC RAM esta protegida contra escritura. Cuando WP se encuentra en "1" lógico entonces la memoria está protegida contra escritura. La protección contra escritura se hace manualmente moviendo un seguro que se encuentra en la parte posterior de la tarjeta y no puede ser eliminada por software.

CD1 y CD2 son terminales por medio de los cuales se puede detectar la presencia de la tarjeta, ya que se encuentran conectadas internamente a tierra.

REG es una señal que se usa para memorias con atributos (en este caso la memoria no tiene atributos).

BVD1 y BVD2 son terminales por medio de las cuales se puede detectar el estado de la batería de la TC RAM, la diferencia entre las dos terminales es que tienen diferentes voltajes de umbral para determinar si la pila está en buenas condiciones o no.

Hardware necesario en la estación central para el manejo de la TC RAM

El hardware utilizado en la estación central para el manejo de la TC RAM está formado por una tarjeta que se coloca sobre una ranura de expansión de la PC y por el drive para este tipo de tarjetas.

Software en la estación remota para el manejo de TC RAM

El software para el manejo de la TC RAM en el programa del microcontrolador está formado por subrutinas que realizan básicamente las siguientes tareas:

Para mandar dato a TC RAM:

- a) Preparar datos que se desea mandar a la TC RAM.
- b) Preparar el puerto que forma parte de las líneas de dirección para la TC RAM.
- c) Preparar las 16 líneas de dirección del microcontrolador.
- d) Deshabilitar dispositivos periféricos menos TC RAM.
- e) Mandar dato a TC RAM.
- f) Preguntar si la TC RAM se encuentra a su máxima capacidad.

Para extraer dato de la TC RAM

- a) Preparar el puerto que forma parte de las líneas de dirección para la TC RAM
- b) Preparar las 16 líneas de dirección del microcontrolador.
- c) Deshabilitar dispositivos periféricos menos TC RAM.
- d) Extraer dato de la TC RAM.

Software en la estación central para manejo de TC RAM.

El sistema de la TC RAM que se adquiere incluye

- a) Memoria TC RAM
- b) Drive TC RAM
- c) Software:

El fabricante proporciona el Software que debe de ser instalado en una PC con disco duro. Los requerimientos para el sistema que plantea el fabricante son:

- PC IBM o compatible.
- Procesador 386 SX o mayor.
- Versión de sistema operativo 5.0 o mayor.
- Al menos 1 Mbyte de memoria RAM..
- Al menos 500 kb de espacio libre en disco duro.

Al momento de instalar el software se hacen cambios en los archivos AUTOEXEC.BAT y CONFIG.SYS de manera que al encender la PC ésta detecta la presencia del drive y lo identifica mostrando la letra que le corresponde.

En caso de existir alguna falla en el drive al encender la PC, un reporte indicará que la prueba ha sido fallada "Test Failed" y no se le asignará letra.

El software es amplio pero para esta aplicación sólo se requieren algunos de los archivos proporcionados.

Básicamente la tarea del drive será generar un archivo que contenga los datos útiles.

El software para la TC RAM tiene una instrucción llamada TCREAD. Este comando en conjunto con una serie de parámetros genera un archivo del tamaño que el usuario desee.

Un ejemplo de la instrucción junto con sus parámetros sería:

```
C:> TCREAD - SIZE 0X06 d: ECAI.DAT
```

En donde:

TCREAD es el nombre del comando

SIZE Indica que el número que se leerá en seguida corresponde al número de bytes que se desea leer.

0X06: Indica que el archivo que se generará estará formando por 6 bytes, número que puede ser puesto en formato hexadecimal para lo cual tiene que darse el prefijo 0X ó en formato decimal para lo cual se pondría el número tal cual.

d: Indica el drive que corresponde al de la TC RAM (esta letra es la que regresa el sistema al momento de encender la PC cuando se ha pasado la prueba del drive)

ECAI.DAT : es el nombre que recibirá el archivo generado.

En el caso que se desee generar un archivo que contenga toda la capacidad de la TC RAM la instrucción sería la siguiente:

```
C:> TCREAD ECAREMI.DAT
```

En donde:

ECAREMI.DAT : Es el nombre del archivo destino del contenido de la TC RAM.

Dada la estructura lógica con la que se guardan los datos en la TC RAM, la estación central debe de realizar dos instrucciones para extraer los mismos.

La TC RAM tiene en sus primeras 6 localidades el valor en hexadecimal de los caracteres en código ASCII que representan el apuntador de la memoria, es decir, en estas 6 localidades se encuentra el número de bytes que se han utilizado para guardar datos en la memoria.

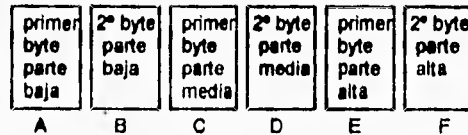
De manera que la primera instrucción que se realiza es:

C:> TCREAD -SIZE 0X06 D: APTC.DAT

En donde el "0X06" indica que deseamos leer únicamente los primeros 6 bytes, los cuales representan la capacidad de la RAM que contiene datos útiles.

Esto se guarda en el archivo aptc.dat. Este archivo estará formado por la parte baja, parte media y parte alta del apuntador.

aptc.dat



Si identificamos con las letras A, B, C, D, E y F los bytes de este archivo, la 2ª instrucción estaría formada por:

C:> TCREAD -SIZE 0XEFC DAB d: contc.dat

en donde

TCREAD: es el comando de lectura de la TC RAM.

SIZE: Indica que en seguida se da el número de bytes que se desea leer.

0X: Indica que el número está en formato hexadecimal

EF Indica la parte alta del apuntador

CD Indica la parte media del apuntador

AB Indica la parte baja del apuntador

d: indica la letra con la que está identificado el drive.

contc.dat: es el nombre del archivo que contendrá los datos leídos.

De esta manera se tiene un archivo (contc.dat) que contiene únicamente datos útiles.

NOTA: Cuando se hace la instalación de software se podrá ver que se generan varios archivos para el manejo de muchos tipos de tarjetas TC RAM. Para esta aplicación sólo son necesarios los archivos siguientes:

TMB240.SYS
CARDTALK.SYS
TCREAD.EXE

Se recomienda que si alguno de los archivos restantes aparece en los archivos AUTOEXEC.BAT o CONFIG.SYS se borren ya que quedan residentes en memoria RAM limitando la capacidad de la misma.

En cuanto a la instalación de la tarjeta en un slot de la PC debe de tomarse en cuenta la dirección donde se ubicará dicho dispositivo dentro del mapa de memoria de la computadora. Para hacer la selección de la dirección se mueven una serie de "JUMPERS". (Ver Apéndice E).

III.8 - ESTANDAR RS-232C

Como se ha descrito, la estación remota tendrá la posibilidad de transferir la información almacenada de forma directa en el caso en que se lleve una computadora hasta el lugar en donde se encuentre la estación. Para poder hacer la transferencia de información se pensó en el estándar RS 232C ya que es la interconexión más común, la más difundida para el enlace de equipos en transmisión de datos, y se encuentra disponible en la mayoría de las computadoras actuales.

III.8.1 - Adecuación al estándar RS 232

Para poder hacer la conexión entre el sistema de adquisición de datos y la computadora es necesario hacerlo mediante un dispositivo que cumpla con los requisitos básicos del estándar RS232. El dispositivo que se utilizó es el circuito integrado MAX 232. Este circuito integrado cumple con los requisitos básicos y además ofrece ventajas sobre dispositivos que hacen la misma función.

A diferencia de otros manejadores y receptores del estándar RS232 el circuito integrado MAX 232 contiene en el mismo integrado a los transmisores y receptores.

Como características generales se observan las siguientes:

- Contiene dos manejadores (transmisores) y dos receptores.
- Niveles de entrada ± 30 V.
- Bajo consumo de corriente, 8 mA típico.
- Cumple con las especificaciones del estándar ANSI/EIA -232 1986.

Descripción general:

El MAX 232 incluye un generador de voltaje, formado por un arreglo de capacitores para proporcionar los niveles de voltaje del estándar EIA 232 a partir de una fuente sencilla de 5 V.

Cada receptor convierte entradas EIA 232 a niveles de 5 V TTL/CMOS. Los receptores tienen un umbral de 1.3 V y una histéresis de 0.5 V.

Cada manejador convierte niveles de entrada TTL/CMOS en niveles EIA 232.

El fabricante del circuito integrado recomienda las condiciones mostradas en la tabla 3.3 para una operación correcta:

	Mínimo	Nominal	Máximo	Unidades
Vcc - voltaje de alimentación	4.5	5	5.5	V
Voltaje de entrada	2			V
Voltaje de entrada bajo			0.8	V
Voltaje de entrada para el receptor			±30	V
Icc corriente de alimentación		8	10	mA

Tabla 3.3.

Físicamente el circuito integrado es como se muestra en la figura 3.17.

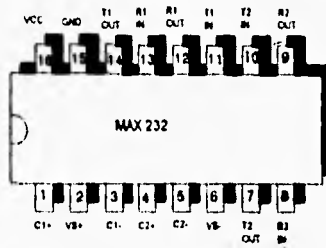


Figura 3.17. Circuito integrado MAX 232.

En la figura 3.18 se muestra el diagrama modular y la ubicación del circuito integrado.

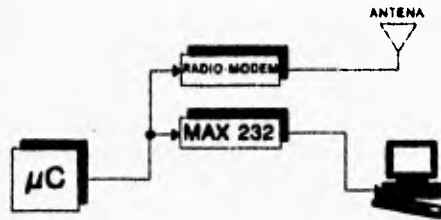


Figura 3.18. Ubicación del MAX 232.

III.9 - MODULACION Y DEMODULACION

Como ya se ha comentado, una de las formas en las que se comunicarán estación central y estación remota será por radioenlace. Para poder hacer esto debemos de colocar un arreglo modulador y demodulador en las terminales del puerto serial del microcontrolador.

El tipo de modulación usado es la modulación digital en frecuencia. Para este tipo de modulación es necesario entonces definir dos parámetros:

La señal binaria está dada por dos niveles lógicos "1" y "0", por lo cual tenemos que definir las frecuencias para estos dos niveles:

- Frecuencia para el nivel lógico bajo = 2200 Hz
- Frecuencia para el nivel lógico alto = 1200 Hz

Para efectuar la modulación digital, FSK, utilizamos el circuito integrado XR-2206.

Este circuito puede definirse básicamente con el diagrama de bloques mostrado en la figura 3.19.

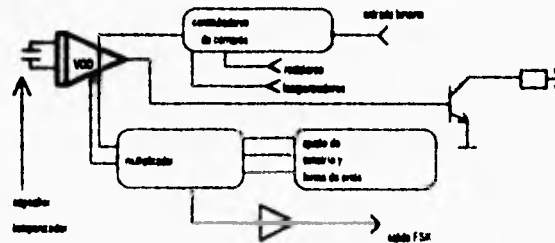


Figura 3.19. Circuito EXAR 2206

Los bloques que integran este circuito son: Un oscilador controlado por voltaje (VCO), un multiplicador analógico con ajustes de simetría y forma de onda y un conjunto de conmutadores de corriente.

El oscilador controlado por voltaje produce una frecuencia de salida proporcional a una corriente de entrada, la cual es producida por la resistencia de las terminales temporizadoras a tierra. Los conmutadores por corriente dirigen una de las terminales de los temporizadores hacia el VCO controlado por la terminal "entrada binaria", para producir una frecuencia de salida.

La configuración que se propone para efectuar la modulación FSK, utilizando el circuito integrado XR-2206, se muestra en la figura 3.20.

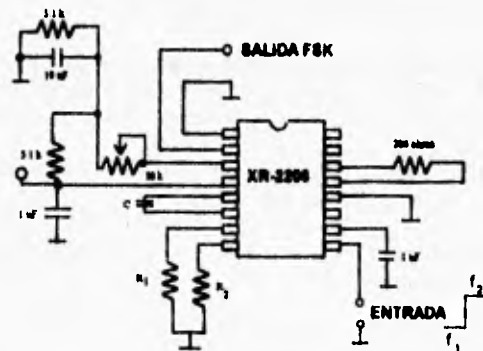


Figura 3.20. Modulador FSK.

en donde:

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C} \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C}$$

Dado que:

$$f_1 = 2200 \text{ Hz}$$

y considerando un valor de capacitancia de $C = 22 \text{ nF}$, tenemos:

$$R_1 = \frac{1}{(2200)(22 \times 10^{-9})} = 20.66 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{(1200)(22 \times 10^{-9})} = 37.87 \text{ k}\Omega$$

En donde:

C_0 y R_0 definen la frecuencia central del PLL.

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

R_1 : define el ancho de banda del sistema

C_1 : define la constante de tiempo del filtro de malla

C_F y R_F : definen un filtro para la salida de datos

La resistencia de 510 K de las terminales 7 y 8 introduce una realimentación positiva a través del comparador FSK, para facilitar la rápida transición entre los estados lógicos de salida.

Cálculos de los parámetros:

El valor de R_0 debe de estar en el rango de 10 k Ω a 100 k Ω , el valor recomendado es 20 k Ω .

Una vez seleccionado este valor se calcula el de C_0 con la ecuación

$$C_0 = \frac{1}{R_0 f_0}$$

Se calcula R_1 de tal manera que se tenga una diferencial de frecuencia igual a la desviación entre "marca" y "espacio" (uno y cero).

$$R_1 = R_0 \left[f_0 \frac{1}{f_1 - f_2} \right]$$

Posteriormente se calcula la constante de tiempo del filtro de malla por medio del capacitor C_1

$$\xi = 1 \mu \sqrt{\frac{C_0}{C_1}}$$

Normalmente se recomienda $\xi = 0.5$, entonces:

$$C_1 = \frac{C_0}{4}$$

Finalmente se calcula la capacitancia del filtro de datos C_F :

Para $R_F = 100 \text{ k}$ se recomienda

$$C_F = \frac{3}{\text{razón de bauds}} \mu\text{F}$$

Considerando lo anteriormente expuesto, procederemos a diseñar los valores de los elementos que se utilizarán en nuestro circuito, teniendo en cuenta los valores de las frecuencias f_1 y f_2 ; $f_1=2200\text{Hz}$ y $f_2=1200\text{Hz}$.

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2} = \frac{2200 + 1200}{2} = 1700 \text{ Hz}$$

Para calcular R_0 proponemos $C_0 = 0.022 \mu\text{F}$

$$R_0 = \frac{1}{(0.0022 \times 10^{-6})(1700)} = 26737 \Omega$$

Para lograr esta resistencia se tiene un arreglo en serie entre un potenciómetro de 10 k y una resistencia de 18 k.

$$C_F = 0.0022 \mu\text{F}$$

$$R_1 = R_0 \left(\frac{f_0}{f_1 - f_2} \right) \quad R_1 = 26.37 \left(\frac{1700}{2200 - 1200} \right)$$

$$R_1 = 26.37 \left(\frac{1700}{1000} \right) = 4.54 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = \frac{C_0}{4} = \frac{0.022}{4} = 0.0055 \mu\text{F}$$

Para completar el sistema de telemetría hace falta mencionar 2 cosas. Una vez que la señal ha sido modulada con el dispositivo XR-2206 es necesario un transceptor. Este dispositivo es usado para transmisión y recepción de la señal modulada y a demodular, respectivamente.

El transceptor usado es comercial y observa las siguientes características.

Marca: MAXON
Modelo: DM-0515

Especificaciones generales:

Voltaje de alimentación:	10.8 Volts DC
Impedancia de la antena	50 ohms, no balanceada
Humedad	90% , no condensada
Rango de frecuencias	148 MHz a 168 MHz, banda VHF

Especificaciones de recepción:

Sensibilidad	0.35 μV
Tiempo de recuperación después de haber liberado PTT	18 ms

Ancho de banda	7 kHz
Rechazo a la intermodulación	-60 dB
Selectividad	al menos -75 dB
Salida de audio	200 mV
Respuesta en frecuencia	-4 dB máximo
Distorsión armónica	4% o menor
Corriente de consumo	20 mA máximo

Especificaciones de transmisión:

Potencia de salida de la portadora	2 W
Distorsión armónica en audio	No más de 5 % para tono modulado en 1 KHz
Nivel de entrada	de 250 a 350 mV RMS
Corriente de entrada	no más de 600 mA con potencia de salida promedio de 2 Watts con 10.8 volts de alimentación
Emisión de armónicas	-60 dB
Tiempo de estabilización	50 ms.

ENTRADA PTT (PUSH TO TALK)

Para el control de la transmisión y recepción el transceptor cuenta con la terminal PTT, si ésta se encuentra "flotando", el dispositivo está en modo de recepción. Aterrizando la terminal se habilita el modo de transmisión.

El último punto a definir para el sistema de telemetría es la antena. Esta es un transductor que convierte una señal eléctrica en campos electromagnéticos (transmisión) y viceversa (recepción).

Las antenas usadas en el proyecto son comerciales y observan las siguientes características:

MARCA: YAGI
MODELO: MYA-1530K
Ganancia: 7 dB
Impedancia: 50 ohms
Frecuencia de operación: 150-174 MHz

MARCA: MAXRAD
MODELO: MBX-150
Ganancia: 3 dB
Impedancia: 50 ohms
Frecuencia de operación: 144-174 MHz

III.10 - MODULO DE ALIMENTACION

Para el diseño de módulo de alimentación para el sistema de adquisición debemos de considerar que el sistema de adquisición podrá ser alimentado a través de:

- El voltaje de la línea comercial
- Un sistema fotovoltaico.

En seguida se muestra en diagrama a bloques el módulo de alimentación:

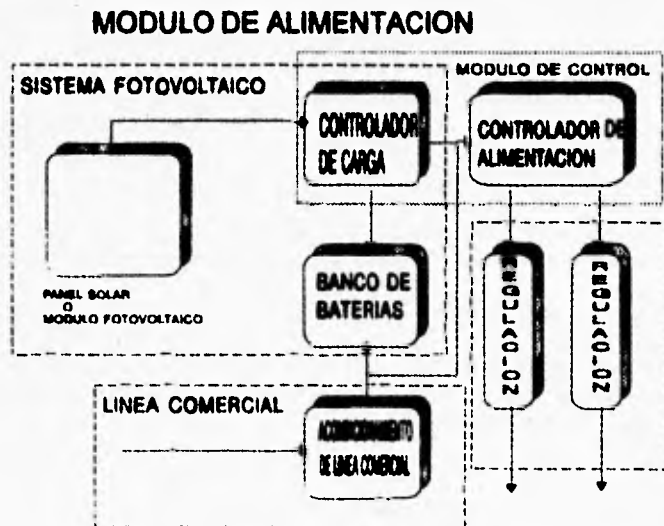


Figura 3.23. Diagrama a bloques del módulo de alimentación.

Para poder hacer el acondicionamiento de la línea comercial y realizar el diseño del sistema fotovoltaico se debe partir de los requerimientos de alimentación del sistema de adquisición:

El sistema requiere de dos fuentes de voltajes para la alimentación de sus elementos:

- i) Un nivel de 5 volts para dispositivos como:
- almacenamiento de información
 - display de cristal liquido
 - reloj de tiempo real
 - interfaz RS -232
 - memorias ROM y RAM
 - lógica de control HCMOS

ii) un nivel de 10.8 volts para dispositivos como:

Sistema de telemetría: Radio, modulador y demodulador (DM0515, XR2206 y XR2211).

Voltaje de referencia para el convertidor A/D (LM725).

Básicamente el sistema funcionará de dos maneras:

- i) El sistema se encuentra en un lugar en donde no se tiene disponible la línea comercial. En este caso la parte del módulo que alimentará el sistema de adquisición será el sistema fotovoltaico, razón por la cual tanto el sistema de alimentación como el sistema de adquisición deben de estar constituidos por elementos de alta eficiencia y bajo consumo de energía.
- ii) El sistema se encuentra en un lugar en donde se tiene acceso a la línea comercial, para este caso el acondicionamiento de la línea no requiere de elementos de bajo consumo. Este modo de alimentación tiene prioridad sobre el anterior, es decir, en el momento en que se conecte a la línea comercial el sistema fotovoltaico es desactivado.

Como se puede ver en el diagrama de bloques anterior se tiene dos reguladores de voltaje que son los que proporcionarán los dos niveles de voltaje requeridos por el sistema de adquisición.

El bloque nombrado como control de alimentación es el que determinará junto con el bloque nombrado como controlador de carga, cuál módulo es el que alimenta al sistema. El bloque de control de alimentación sólo permitirá el paso del nivel de voltaje que proporcione, ya sea el acondicionador de la línea comercial o el sistema fotovoltaico. Esto quiere decir que este bloque no contará con algún elemento regulador de voltaje.

III.10.1 - Consumo de corriente en el sistema

El consumo de corriente de una estación remota se puede determinar sumando los consumos indicados por los fabricantes de los principales elementos del sistema. De esta forma para los elementos conectados a la fuente de 5 volts:

COMPONENTE	CORRIENTE MAXIMA	UNIDADES
DISPLAY	2.0	mA
LM725CN	12.5	mA
MC14011B	3.8	mA
TC4078	3.6	mA
74HC138	180	µA
74HC373	180	µA
74HC00	1	µA

MCM8084	10	mA
LM35	60	μA
MAX232	10	mA
TCRAM	150	mA
27C64	10	mA
MMS8274	10	mA
80C852	30	mA
74HC244	300	μA
CONSUMO TOTAL	242.38	mA

Mediciones hechas en el equipo funcionando con todos sus elementos, en la fuente de 5 volts indicaron lo siguiente:

	- Tarjeta TCRAM no presente - Sin conexión con la PC	- Tarjeta TCRAM presente - Sin conexión con la PC	- Tarjeta TCRAM presente - Conexión con la PC
1) Al encenderse el sistema	95.0 mA	97.5 mA	100.0 mA
2) Al accionarse una tecla	104.8 mA	109.0 mA	
3) Al operar el convertidor A/D	97.0 mA	100.0 mA	
4) Al mostrar el reloj en el display	96.9 mA	98.0 mA	99.2 mA
5) Mostrando mensaje momentáneo en el display		98.0 mA	
6) Al inicializar la TC RAM		99.0 mA	
7) En comunicación con la PC			99.5 mA
8) Mandando frecuencia de muestreo a la PC			100.0 mA
9) Interrumpiendo el medidor de precipitación			99.0 mA
10) Siendo programado para interrupciones			99.0 mA
11) Cuando interrumpe el reloj de tiempo real			99.0 mA

Para el caso de la fuente de 10.8 volts el radio empleado consume 20 mA en modo de recepción y 650 mA en transmisión, siendo éste el mayor consumo para esta fuente, ya que los demás elementos como son el modulador, el demodulador, el voltaje de referencia y algunas etapas de adecuación para los sensores, todos ellos en conjunto no consumen más de 100 mA.

Considerando este análisis se llegó a la conclusión de diseñar la fuente de alimentación de 5 volts para un consumo de 300 mA y la fuente de 10.8 volts para un consumo de 750 mA.

III.10.2 - Diseño del módulo de alimentación

Tomando en cuenta los puntos mencionados sobre el consumo y requerimientos, el circuito de alimentación de energía que se propone es el siguiente:

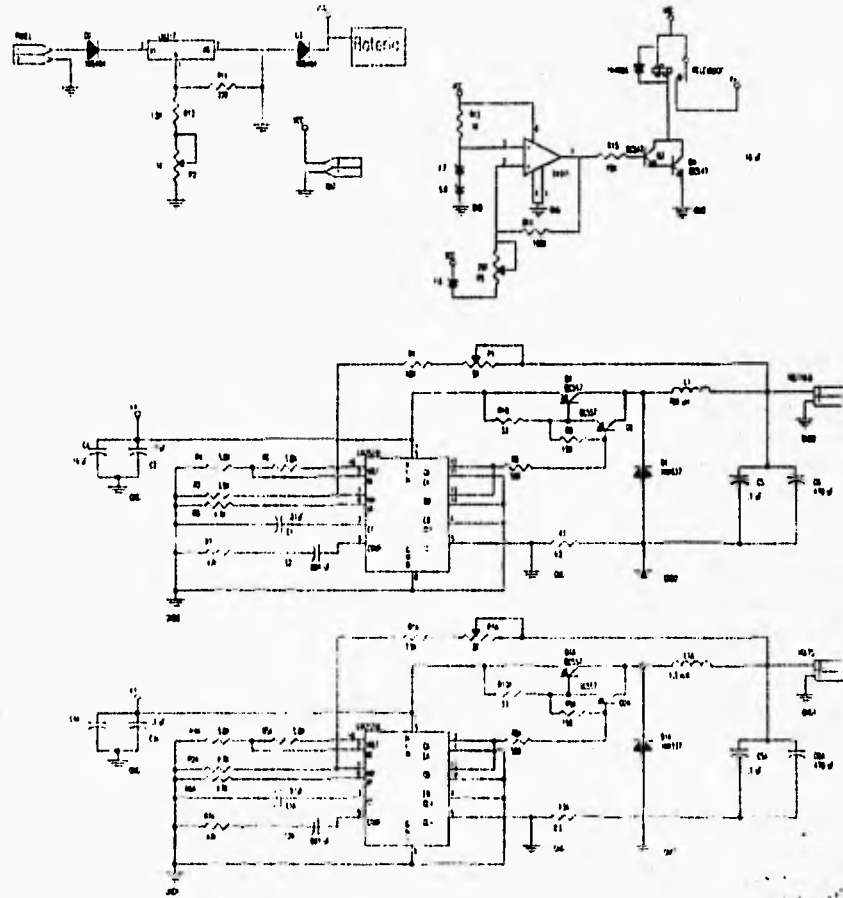


Figura 3.24. Diagrama del módulo de alimentación.

En este circuito se tienen básicamente 4 módulos: un regulador LM317, un comparador de ventana con el LM311 y dos fuentes conmutadas con el LM3524. A continuación se describe cada uno de estos módulos.

Regulador lineal de voltaje

Este regulador es alimentado por los paneles solares, su función es adecuar el voltaje que va a entrar en las fuentes conmutadas y cargar la batería que se encontrará en su salida Vcc. Cuenta con diodos para evitar el regreso de corriente hacia las celdas solares. Con los valores de resistores mostrados se tiene un rango de voltaje, ajustable con el potenciómetro P2, desde 9.92 Volts hasta 15.7 volts. Las ecuaciones de diseño para este regulador son las siguientes:

$$V_o = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{quies} R_2$$

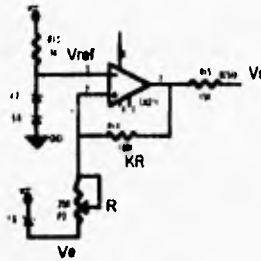
Con valores típicos de:

$$V_{ref} = 1.25V \quad y \quad I_{quies} = 100\mu A$$

El control para seleccionar que parte va a alimentar al sistema (la batería o el panel solar) se hace por diferencia de voltajes en el punto Vcc después del diodo D3: Si en dicho punto el voltaje de la batería es mayor al proporcionado por el regulador, entonces la batería alimentará al sistema, pero no circulará corriente hacia los paneles debido al diodo D3; si el voltaje mayor es el de los paneles solares, entonces éstos alimentarán tanto al sistema como a la batería que se recargará.

Comparador de ventana

El comparador de ventana tiene como función desconectar la alimentación del sistema cuando ésta sea menor a 11.2 volts y reconectarla cuando el voltaje sea mayor a 12.2 volts. El nivel inferior de desconexión está determinado por dos causas: Voltaje mínimo de operación del sistema de transmisión y por el nivel permitido de descarga de la batería. El voltaje mínimo de operación del radio DM0515 es de 10.5 volts, y el voltaje máximo de descarga de la batería es usualmente de 10.32 Volts. Por lo tanto, desconectando a 11.2 Volts se protege tanto al radio como a la batería. En las fuentes conmutadas se tiene como mínimo una caída de voltaje de unos 0.7 volts, por lo que 10.5 del radio más 0.7 dan los 11.2 volts como límite inferior en el comparador de ventana. Al reconectarse el sistema se tiene una caída de voltaje, la cual si no es considerada el sistema se volverá a desconectar inmediatamente. Para prever esto el sistema se debe reconectar a un voltaje mayor que el límite de desconexión. En este caso se reconecta a 12.2 Volts teniéndose un margen de 1 volt.



El comparador utilizado se muestra en la figura. Las ecuaciones empleadas para el cálculo de las resistencias son las siguientes:

$$V_o < \left[V_{REF} - \frac{1}{K+1}(V_{CC}) \right] \frac{K+1}{K} \quad \text{Voltaje Limite inferior}$$

$$V_o > \frac{K+1}{K} V_{REF} + \frac{1}{K}(V_{CC}) \quad \text{Voltaje Limite superior}$$

Donde:

$$K = \frac{R_2}{R_1}$$

$$K = \frac{2}{V_{TH}}(V_{CC})$$

$$V_{MSP} = \frac{K}{K+1} V_M$$

$V_{CC} = 11$ Volts

$V_{LS} =$ Voltaje Limite superior = 12.2 Volts

$V_{LI} =$ Voltaje Limite inferior = 11.2 Volts

$V_M =$ Voltaje medio = 11.7 Volts

$V_H =$ Voltaje de Histéresis = 1 Volts

Con estas fórmulas resultan $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$ y $R_1 = 4.7 \text{ K}\Omega$.

Fuentes conmutadas

Para las fuentes de alimentación de 10.8 y 5 Volts se optó por poner fuentes conmutadas empleando para ello el circuito integrado SG-3524. Este circuito contiene toda la circuitería necesaria para implementar reguladores conmutados de cualquier polaridad. Este circuito incluye un regulador de 5 V (capaz de proporcionar arriba de 50 mA hacia la circuitería externa), un amplificador, un oscilador, un modulador por ancho de pulso, un flip-flop divisor de fase, doble salida con transistores de conmutación, un limitador de corriente y circuitería de protección.

A continuación se muestran las especificaciones del circuito integrado SG-3524:

- Temperatura de operación	0°C - 70 0°C
- Voltaje máximo de entrada	40 Volts
- Voltaje de referencia	6 Volts
- Corriente de referencia	50 mA
- Corriente de salida	100 mA
- Disipación interna de potencia	1 W
- Frecuencia máxima de operación	100 kHz
- Estabilidad de frecuencia con la temperatura	2%

Los requerimientos que se consideraron para las fuentes conmutadas fueron:

PARAMETRO	Valor (fuente de 10.8V)	Valor (fuente de 5V)
- Voltaje de Entrada V_i	14 Volts	14 Volts
- Voltaje de salida V_o	10.8 Volts	5 Volts
- Corriente de salida I_o	750 mA	300 mA
- Voltaje de Rizo ΔV_o	5 %	5%
- Frecuencia de conmutación F_{osc}	20 kHz	20kHz

Para el cálculo de los valores de los elementos que constituyen cada fuente se emplearon las siguientes expresiones:

- Voltaje de salida (V_o):
$$V_o = V_{NI} \left(1 + \frac{R_F}{R_2} \right)$$

donde: $R_F = R_1 + R_2$
 R_1 y R_2 son las resistencias de retroalimentación que determinan el voltaje de salida
 V_{NI} es el voltaje aplicado en la entrada no inversora (normalmente 2.5 V).

- Resistencia de retroalimentación (R_F):
$$R_F = 5.6K\Omega \left(\frac{V_o}{2.5} - 1 \right)$$

- Resistencia limitadora de corriente (R_3):
$$R_3 = \frac{200mV}{I_o(máx)}$$
, donde I_o (máx) es la corriente consumida por la carga.

- Frecuencia de oscilación (F_{osc}):
$$F_{osc} = \frac{1}{R_6 C_1}$$

- Inductancia (L_1):
$$L_1 = \frac{2.5V_o(V_i - V_o)}{I_o V_o F_{osc}}$$
, donde V_i es el voltaje de entrada.

- Capacitor de salida (C_5):
$$C_5 = \frac{(V_i - V_o)V_o T^2}{8\Delta V_o V_i L_1}$$
, donde ΔV_o es el voltaje de rizo.

- Período (T):
$$T = \frac{1}{F_{osc}}$$

Paneles solares

Los paneles solares propuestos son los siguientes:

Módulo M 75 de CONDUMEX

Los cuales observan las siguientes características:

Potencia	47 Wp
Corriente típica con carga	2.94 A
Voltaje típico con carga	16.0 Volts
Corriente en corto circuito	3.27 Amp
Voltaje en circuito abierto	19.9 Volts

Las especificaciones de potencia están hechas bajo las siguientes condiciones: 1000 W/m² de radiación solar y 25° de temperatura en la superficie de las celdas.

Tamaño de los módulos 121.9 cm X 33 cm.

Se propone poner diodos de protección como se mencionó en el capítulo II.

Batería

Los acumuladores de Plomo y antimonio pueden ser descargados en forma repetida, del 50 al 80 por ciento de su capacidad por lo que resultan idóneos para los sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, aunque su diseño les permita fuertes descargas, su vida puede prolongarse con un sistema adecuado, que les evite descargas de más del 50 por ciento de su capacidad.

Un factor importante para la selección de la batería es la capacidad que ésta ofrezca. La capacidad expresada en Amperes-hora (AH), es la cantidad total de energía eléctrica disponible de una celda totalmente cargada. Este valor depende de la corriente de descarga, la temperatura durante la descarga, el voltaje de corte, y la historia de la batería. En el mercado se tienen baterías con rangos de 20 horas de descarga constante a un voltaje de corte de 1.72 V/celda. Por ejemplo una batería de 6 volts con rango de 20 horas y capacidad de 1 AH entrega 50 mA (1/20 de 1 AH o 0.05C) por 20 horas antes de que su voltaje caiga a 5.16 V.

Para el sistema necesitamos una batería de 12 Volts que entregue unos 1000 mA por 20 horas antes de que su voltaje caiga a 10.32 volts.

Con lo anterior podemos proponer una batería de 12 volts con un rango de 20 horas y con capacidad de 20 AH. De la marca Power Sonic el modelo PS-12200 es el que cumple con los requerimientos mencionados. Se podría usar una de mayor capacidad para tener un rango mayor de seguridad, por ejemplo una de 24 AH (PS-12240) o una de 26 AH (PS-12260).

CAPITULO IV

SOFTWARE DEL SISTEMA

En este apartado se explica el software del sistema. Dado que se desarrolló un software para la estación remota (en ensamblador) y otro software para la estación central (en el lenguaje de programación C), el Capítulo se ha dividido en dos partes, explicando primero el software de la estación remota y posteriormente el software desarrollado para la estación central.

IV.1 - SOFTWARE DE LA ESTACION REMOTA

La función principal de las estaciones remotas es recabar datos, almacenarlos y enviarlos a la estación central.

El software de la estación remota está hecho en lenguaje ensamblador y se encuentra almacenado en memoria EPROM.

El software realiza las siguientes funciones:

- Efectúa la inicialización del sistema: Registros, *Display*, Apuntadores, y Reloj.
- Establece la comunicación con la estación central.
- Permite la calibración de los instrumentos.
- Maneja las interrupciones para la toma de lecturas de los sensores.
- Proporciona una interfase con el usuario para que éste pueda actualizar algunos parámetros, tales como: fecha, hora, etc.

El programa está conformado de la siguiente manera:

- Inicialización del Sistema
 - Inicialización de registros
 - Inicialización de apuntadores
 - Inicialización de dispositivos periféricos
 - Inicialización del Reloj de Tiempo Real
 - Inicialización del *Display*
 - Inicialización de TC RAM
- Lógica de comunicación con la estación central
 - Claves de programación de parámetros
 - Claves de transmisión de información
- Subrutinas de chequeo de dispositivos periféricos

- Proceso de calibración de instrumentos
- Manejo de Interrupciones del reloj de tiempo real

IV.1.1 - Inicialización del sistema

La subrutina de inicialización del sistema tiene como objetivo inicializar algunos dispositivos y determinar si es la primera vez que el sistema va a ser inicializado. La diferenciación es necesaria debido a que la memoria RAM está organizada de tal manera que se va almacenando información por medio de un apuntador, y si al reiniciarse el sistema (de manera no deseada) este apuntador se pone en cero, entonces los datos se escribirán desde la dirección cero encimándose en los anteriores, los cuales no podrían ser recuperados.

Si se registra un *RESET* no deseado, no se deben de inicializar los apuntadores de la TC RAM, ya que se perderían los datos anteriores. En caso de ser la primera vez que el sistema va a ser inicializado si es necesario borrar los apuntadores y asignarles la dirección desde la cual empezarán a registrar.

El funcionamiento de la subrutina de inicialización se muestra en la figura 4.1.

Siempre que el microcontrolador registra una señal de *RESET* inicializa sus registros internos, por lo tanto los registros de los apuntadores deben ser asignados independientemente, ya sea que se registre un *RESET* deseado o no deseado.

En lo que se refiere a la inicialización de los dispositivos periféricos, es necesario inicializar el *DISPLAY* cada vez que se registre un *RESET*. Para el caso del reloj de tiempo real no es necesario inicializarlo ya que éste se encuentra respaldado con una batería.

Para poder distinguir entre una inicialización deseada y una no deseada se realizó la siguiente subrutina:

Al encender el sistema se inicializan los registros internos, después se inicializan los dispositivos periféricos que lo requieran, posteriormente se checa el contenido de algunos lugares específicos de la memoria RAM. Si el sistema ya había sido inicializado entonces estas localidades específicas de memoria RAM tendrán como contenido unos números claves. Si el sistema no tiene en las localidades específicas de memoria RAM los números claves, entonces quiere decir que no había sido inicializado, en este caso lo primero que se hace es mandar los números clave a las localidades específicas de RAM para que en una señal posterior de *RESET* ya se encuentren los números claves en su localidad de RAM correspondiente y se pueda detectar que el sistema ya había sido inicializado. Sólo en el caso en que se esté dando la inicialización por primera vez es cuando se inicializan también los apuntadores. En la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina descrita.

Debido a que es por medio de la RAM por la que se detectará si el sistema había sido inicializado o no, es necesario que en un *reset* (el cual puede ser provocado por falta de energía momentánea) los datos contenidos en memoria RAM no se pierdan. Para poder hacer esto es necesario respaldar con una batería la memoria RAM. Esto se hace por medio de un dispositivo que sirve como base para el circuito integrado de memoria. Esta base tiene integrada una batería que mantendrá los datos de la RAM en caso de la alimentación del sistema se interrumpa. La operación de este respaldo es totalmente transparente al usuario.

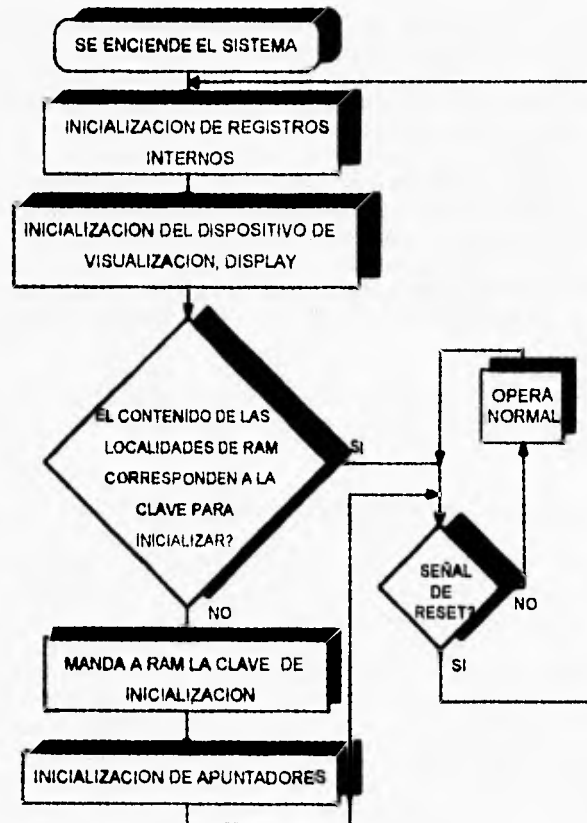


Figura 4.1. Inicialización del Sistema.

Cuando los datos contenidos en la memoria TC RAM hayan sido descargados hacia la estación central, puede inicializarse el apuntador de la TC RAM para empezar a grabar los datos

desde el inicio de la memoria y así tener la mayor capacidad. Esta actualización del apuntador puede realizarse por medio del teclado de la estación remota y con apoyo de su *display*. Tomando en cuenta que la actualización del apuntador de la TC RAM es una acción completamente consciente (ya que implica almacenar datos sobre algunos anteriores, los cuales no podrán ser recuperados), se diseñó una subrutina que tuviera muy poca probabilidad de ser accionada en forma accidental. Como se puede ver en el diagrama de flujo de la Figura 4.2 se tiene una bandera guardada en memoria RAM la cual determina si está permitida la actualización de la memoria.

Para poder activar la bandera se deben de oprimir simultáneamente las teclas de dirección hacia arriba y hacia abajo. Una vez que se opriman dichas teclas se despliega el mensaje "Reseteo a TC RAM??". Se presentan signos de interrogación como símbolo de precaución. En este momento se encuentra activa la bandera que permite la actualización, por lo tanto si se oprime la tecla "R" se presentará el mensaje "RESETEO A TC RAM !!". Se presentan los signos de admiración como símbolo de que se ha realizado la acción. Puede darse el caso en que se opriman simultáneamente las teclas de dirección hacia arriba y hacia abajo quedando de esta manera habilitada la bandera de actualización del apuntador; si después es activada otra tecla que no sea la "R" (de *Reset*) entonces se desactiva la bandera de actualización, de manera que si a continuación oprimimos la tecla "R" no se dará la actualización porque la bandera ya se había desactivado. Cuando la bandera de actualización se encuentra desactivada, la tecla "R" tiene otra función que es la de mostrar la capacidad de la memoria TC RAM y la parte de dicha capacidad que ha sido ocupada.

Una vez que el sistema ha sido inicializado en su totalidad, el programa entra a una subrutina en la cual espera una clave para poder ejecutar algún comando.

IV.1.2 - Lógica de comunicación con la estación central.

El programa de la estación central se encuentra normalmente (la mayor parte del tiempo) dentro de una subrutina en la cual espera una clave, llamada clave de activación. Cada una de las estaciones es identificada con una clave de activación.

Para poder hacer la comunicación de la estación remota con la estación central, ésta última manda hacia todas las estaciones remotas la clave de activación correspondiente a la estación con la cual quiere establecer el enlace. Solamente la estación remota a la que le corresponda la clave de activación es la que entrará en comunicación con la estación central y las demás entrarán a una subrutina en la cual esperarán una clave de liberación. Cuando la estación central ha terminado de comunicarse con alguna estación y ahora desea comunicarse con otra o simplemente desea terminar la sesión, entonces manda la clave de liberación, la cual llega a todas las estaciones y las libera para que queden en la subrutina de espera de clave de activación. En el momento que la estación central ha mandado la clave de desactivación puede comunicarse nuevamente con alguna otra estación mandando la clave de activación correspondiente.

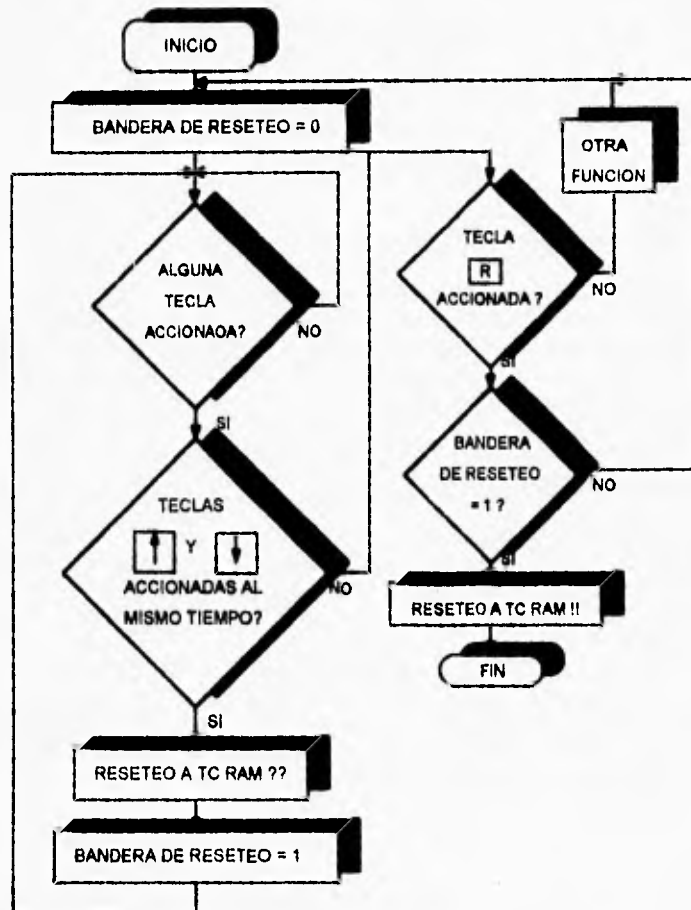


Figura 4.2. Reset al apuntador de TC RAM.

Una vez establecida la comunicacion, desde la estacion central se envian comandos hacia la estacion remota para que esta realice alguna funcion. Los comandos corresponden a:

- a) Mandar fecha y hora a la estacion central.
- b) Se va a recibir actualizacion de fecha y hora desde la estacion central.
- c) Mandar frecuencia de muestreo hacia la estacion central.
- d) Se va a recibir actualizacion de la frecuencia de muestreo.

- e) Mandar el muestreo de las ocho variables a la estación central.
- f) Mandar el porcentaje de memoria RAM que ha sido ocupado
- g) Se va a recibir señal de inicialización del apuntador de la TC RAM.

En la figura 4.3 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina descrita.

IV.1.3 - Verificación de dispositivos periféricos.

Básicamente la verificación de dispositivos periféricos se centra sobre el dispositivo de almacenamiento masivo (TC RAM), debido a que la presencia y el estado de este dispositivo son esenciales para el funcionamiento de la estación remota. Si la TC RAM no se detecta físicamente en el sistema no tiene sentido programar a la estación para hacer muestreo ya que los datos sensados no podrán ser almacenados.

Si la TC RAM es detectada físicamente - Mediante dos terminales que son enviados a tierra - es necesario verificar dos cosas:

a) que se encuentre habilitada para almacenar datos: Esto es necesario porque la memoria TC RAM utilizada tiene físicamente un seguro para protección contra escritura. El seguro debe de encontrarse en la posición de "desprotegida". La posición en la que se encuentre dicho seguro puede detectarse por medio de una de las terminales de la TC RAM.

b) que la batería de la TC RAM se encuentre en buen estado. Es muy importante conocer el estado de la batería, ya que de esto dependerá que la TC RAM pueda o no ser extraída de su base. El estado de la batería puede detectarse por medio de dos de sus terminales, cada una de las cuales presentará un "0" ó un "1" lógico en base a voltajes de umbral. Para cada una de las dos terminales se tienen los siguientes voltajes de umbral.

Nombre de la terminal	Descripción	Condición	Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
BVD1	Detección del voltaje de la batería (1)	V _{BB} -->0 V	2.27	2.37	2.47	Volts
BVD2	Detección del voltaje de la batería (2)	V _{BB} -->0 V	2.55	2.65	2.75	Volts

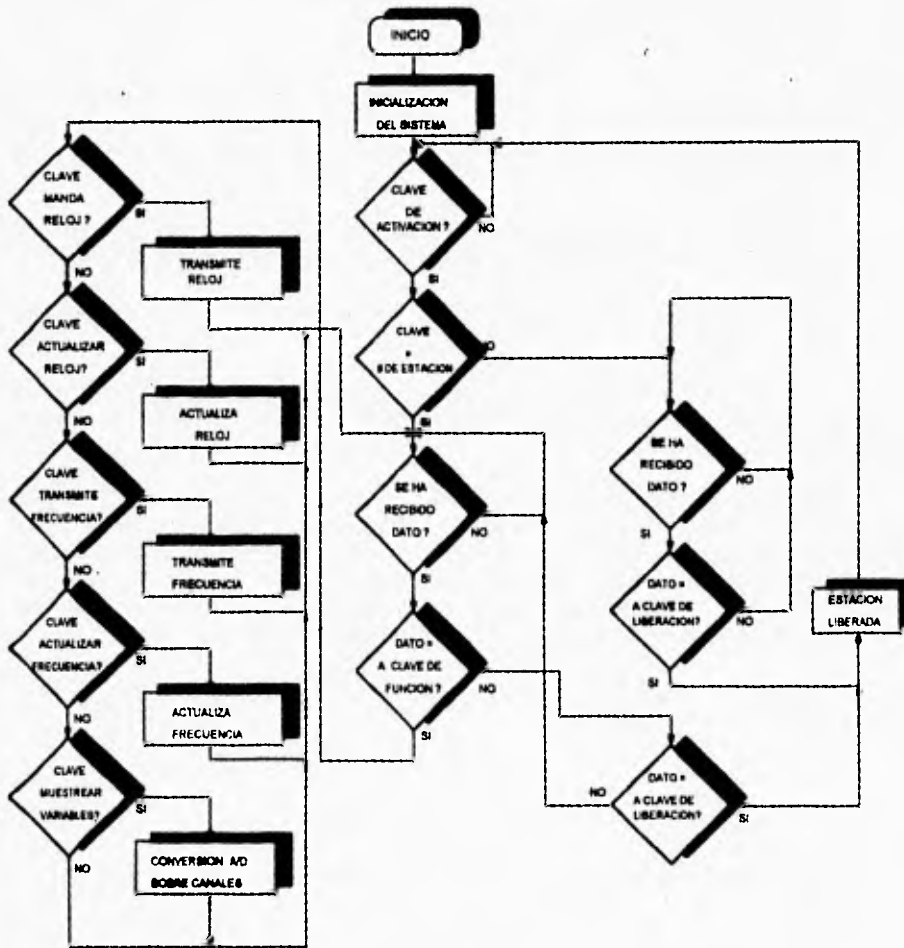


Figura 4.3. Diagrama de flujo de la comunicación entre estación remota y central.

Esta tabla de los voltajes de umbral nos indica que cuando la batería tenga un voltaje de 2.27 o menor, en la terminal BVD1 se detectará un "0" lógico y cuando la batería tenga un voltaje de 2.47 V o mayor, en la terminal BVD1 se detectará un "1" lógico.

En el caso que se detecte que el voltaje de la batería es bajo no debe de extraerse la TC RAM de su base hasta que la pila sea reemplazada. Aun cuando la pila haya sido reemplazada debe de hacerse nuevamente el chequeo para determinar si la pila nueva se encuentra en condiciones de retener los datos de la TC RAM.

Para hacer el chequeo de "Presencia de TC RAM", condición del seguro de "Protección contra escritura" y el estado de la batería, se desarrollo la subrutina mostrada en la fig. 5.4 .

El sistema cuenta con una tecla llamada TC. Al accionar esta tecla se está solicitando un chequeo de la TC RAM.

Al accionar la tecla lo primero que se verifica es la presencia de la memoria. En el caso de que no se detecte físicamente se manda un mensaje al *display* que indica "¡NO HAY RAM!" y en ese momento termina la verificación.

En caso de detectarse físicamente la memoria, se despliega el mensaje "RAM PRESENTE" y se procede a detectar el estado de la batería. Si se detecta que la batería se encuentra en buen estado se despliega "BATERIA OK"; en caso contrario se despliega "BATERIA BAJA". Independientemente del estado de la batería se procede a detectar el estado del seguro de protección contra escritura, en caso de que la memoria se encuentre protegida se despliega el mensaje "RAM PROTEGIDA", en caso contrario se despliega "RAM DESPROTEGIDA".

Cuando el sistema se va a instalar, el estado normal y correcto de la verificación de la TC RAM deberá mostrar los mensajes :

RAM PRESENTE
¡BAT OK!
RAM DESPROTEGIDA

Los mensajes son mostrados durante un par de segundos.

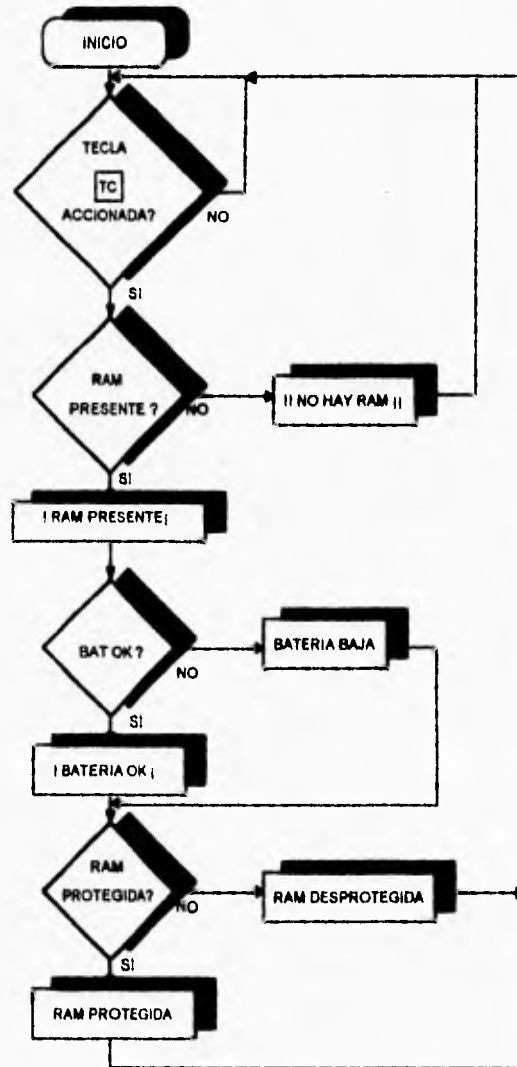


Figura 4.4. Verificación de la TC RAM.

IV.1.4 - Calibración de los instrumentos.

La estación remota cuenta con la capacidad de hacer la calibración de algunos de los instrumentos de medición. El proceso de calibración se da utilizando el teclado del sistema.

Es importante mencionar que durante el proceso de calibración no puede darse la comunicación con la estación central.

Los instrumentos sobre los cuales pueda hacer la calibración dependerá básicamente de la condición de los mismos y de su etapa de acondicionamiento.

Para el procedimiento de calibración de instrumentos deben de conocerse varias cosas:

a) La relación que guarda la salida proporcionada por el instrumento y la salida proporcionada por su etapa de acondicionamiento.

b) Deben de conocerse las ecuaciones que determinan el valor real mostrado en la pantalla de la estación central ya que el proceso de calibración muestrea cada una de las variables y muestra en el *display* el valor en hexadecimal de la variable correspondiente al canal muestreado.

c) Debe de tomarse en cuenta la resolución del instrumento.

En la figura 4.5 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al proceso de calibración.

Como se puede observar en el diagrama de flujo, el procedimiento de calibración es activado con la tecla "C". Al oprimir esta tecla se muestra en el *display* el nombre de la variable que está siendo muestreada así como el resultado de la conversión analógica digital y sus unidades.

Por medio de las teclas de dirección hacia arriba y hacia abajo se irán mostrando las demás variables junto con el resultado de su conversión.

Como se puede observar en el diagrama de flujo de la figura 4.5, las variables tienen un lugar fijo (variable 1 = evaporación, variable 2 = humedad, etc.) por lo que al activar la tecla de dirección hacia arriba se irán mostrando primero la variable 1, después la variable 2 y así sucesivamente; al llegar a la variable 8 (la última) la siguiente en ser presentada será nuevamente la uno, de manera que se tiene un despliegue cíclico. De igual manera se puede activar la tecla de dirección hacia abajo con lo cual se desplegará la variable 8, al activar nuevamente la tecla de dirección hacia abajo se desplegará la variable 7 y así sucesivamente; al llegar a la variable 1 (la última) si se oprime nuevamente la tecla de dirección hacia abajo, se desplegará la variable 8 realizándose un despliegue cíclico.

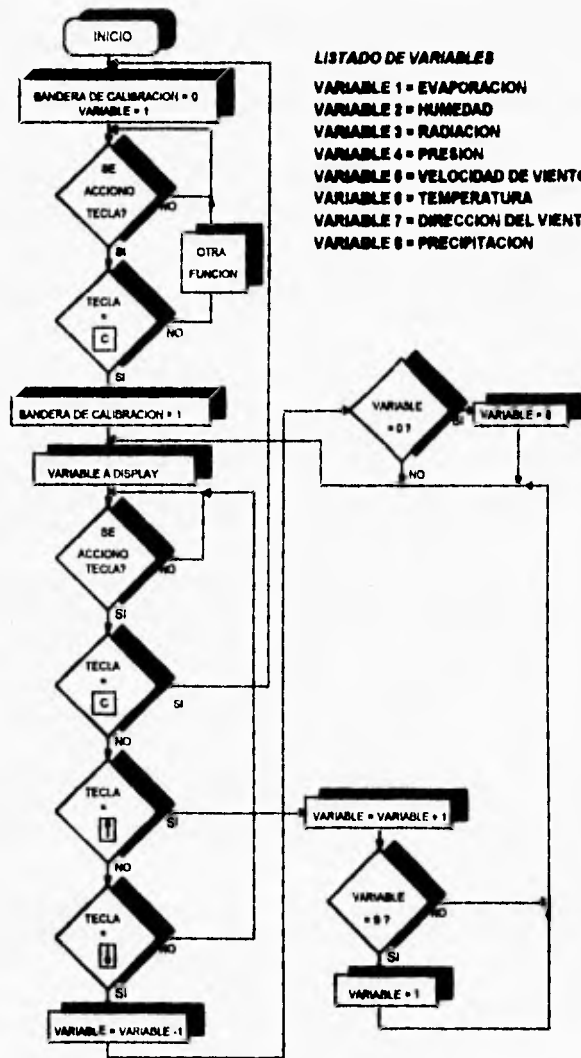


Figura 4.5. Subrutina de Calibración.

Para dar por terminado el proceso de calibración se debe de oprimir nuevamente la tecla "C" con lo cual se limpia el *display* como indicación de que el proceso de calibración ha finalizado.

IV.1.5 - Manejo de interrupciones del Reloj de tiempo real.

Uno de los procesos más importantes de la estación remota es el manejo de las interrupciones del reloj de tiempo real, ya que es por medio de éstas que se indica al microcontrolador que debe de hacer un muestreo sobre las ocho variables y almacenar la conversión en el dispositivo de registro masivo (TC RAM).

El reloj es programado por medio de la estación central para que genere un interrupción cada determinado tiempo, lo cual se define como la frecuencia de muestreo.

El reloj de tiempo real tiene la capacidad de generar interrupciones que van desde cada 0.1 segundos hasta cada 60 segundos.

Puesto que las frecuencias definidas por la estación central van desde cada 5 minutos hasta cada 4 horas, debe de contemplarse un arreglo para poder determinar el número de veces que debe de interrumpir el reloj de tiempo real antes de hacer un registro de la conversión de cada uno de los canales.

La frecuencia de muestreo nos indica cada cuanto tiempo se deben tomar las lecturas. Por ejemplo, en el caso en el que se tiene un frecuencia de muestreo de 1 hora, esto quiere decir que se deben de tener datos de un día a intervalos de 1 hora empezando desde la 00 horas y terminando hasta las 23 horas.

Para poder hacer el muestreo cada hora se debe de programar que el reloj de tiempo real interrumpa a su máximo intervalo de interrupción que es de 1 minuto. Cada vez que se presente una interrupción se debe de incrementar un contador el cual indica el número de minutos que han pasado. Para el caso en cuestión se deben de registrar 60 interrupciones (una interrupción por minuto) para poder detectar que ha pasado una hora y entonces realizar la conversión A/D y almacenar los datos en la TC RAM.

De la misma manera para todos los demás casos debe de determinarse el número de interrupciones (una interrupción cada minuto) que deben de registrarse antes de mandar a la TC RAM el resultado de la conversión de los canales. De esta manera se tendrá:

Intervalo de muestreo	# de interrupciones que deben de ocurrir antes de tomar lecturas (Una interrupción cada minuto)
5 min.	5
10 min.	10
30 min.	30
1 hora	60

2 horas	120
3 horas	180
4 horas	240

Por lo tanto en la subrutina de interrupción que corresponde al reloj de tiempo real debe de contarse con un procedimiento de comparación entre el número de interrupciones registradas y el número de interrupciones esperadas.

Cuando se desea cambiar la frecuencia de muestreo debe considerarse lo siguiente:

La frecuencia de muestreo con la que se registre el primer muestreo de un día (a partir de las 00:00 horas) es la misma frecuencia de muestreo con la que se registrará el resto del día. Es decir, si se comienza un día (00:00 horas) con una frecuencia de muestreo de 1 hora, entonces habrá 24 muestras de ese día, no se puede activar otra frecuencia de muestreo a la mitad del día ni en ningún otro momento del mismo.

Desde la estación central puede mandarse una nueva frecuencia de muestreo, pero ésta entrará en operación hasta las 00:00 horas del día siguiente.

Por ejemplo: Se empieza el registro de lecturas de un día (00:00 horas) con una frecuencia de muestreo de 1 hora. Si durante ese día se programa una nueva frecuencia de muestreo de 2 horas, se finalizará el resto del día con la antigua frecuencia de muestreo (1 hora) por lo que se tendrán 24 muestras para ese día. A las 00:00 horas del día siguiente entra en operación la nueva frecuencia de muestreo de 2 horas por lo que se forzaría a que el nuevo día tenga 12 muestras (frecuencia de muestreo de 2 horas).

La figura 4.6 muestra el diagrama de flujo que representa la atención de una interrupción del reloj de tiempo real.

Como se puede ver en el diagrama de flujo, a las 00:00 horas de cada día se guardan los datos de :

- Hora y Fecha de muestreo.
- Frecuencia de muestreo
- Muestreo de las variables.

Posteriormente cuando se detecte una interrupción en la que se tenga que registrar el muestreo, ya no se almacenará la fecha y hora, ni la frecuencia de muestreo, ya que estos datos se almacenaron al principio y son los mismos para todo el muestreo del día en cuestión.

Además, cada vez que se hace un registro sobre la TC RAM, se almacena el apuntador de la misma sobre sus primeras 3 localidades. Es decir, las direcciones 0000, 0001 y 0002 contienen la parte más alta, la parte media y la parte baja, respectivamente, del apuntador de la TC RAM.

Esto es con el fin de saber que porcentaje de la máxima capacidad de memoria ha sido almacenado.

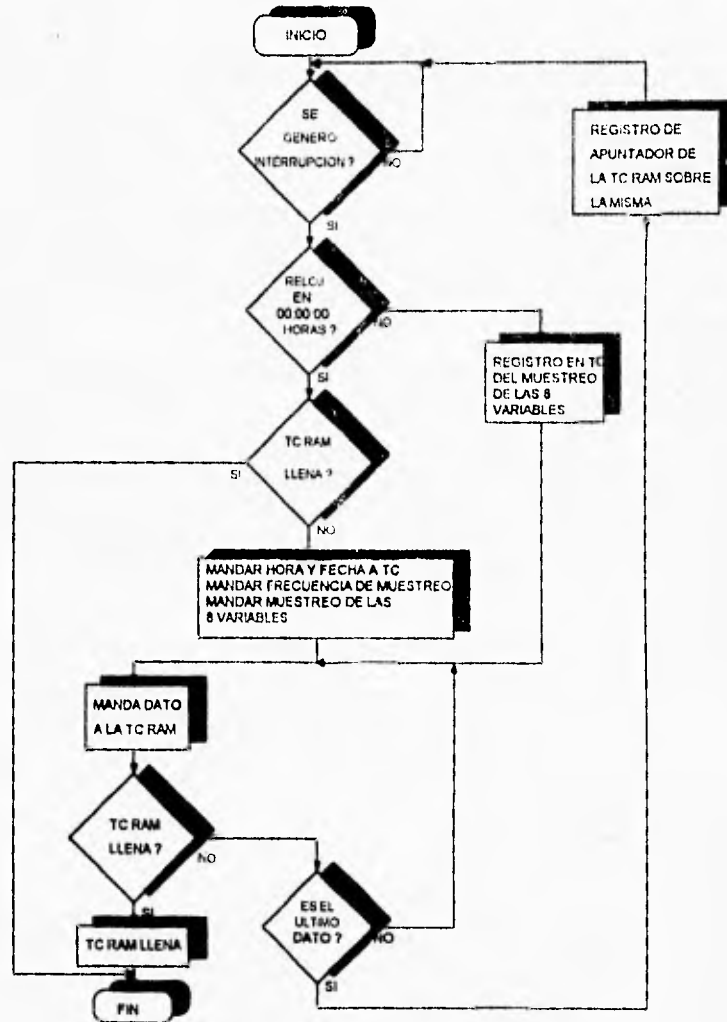


Figura 4.6. Atención de interrupción del Reloj.

IV.2 - SOFTWARE DE LA ESTACION CENTRAL

La función principal de la estación central es el procesamiento de los datos recabados y la administración de las estaciones remotas.

El software de la estación central está hecho en el lenguaje de programación C++; el cual fue elegido por las herramientas que proporciona, por su disponibilidad, y porque ya se había empleado antes.

El software desarrollado realiza las siguientes funciones:

- El establecimiento de la comunicación entre la estación central y alguna estación remota.
- El despliegue instantáneo de las mediciones en alguna estación.
- El despliegue de gráficas de las observaciones almacenadas, incluyendo opciones para desplegar valores máximos, promedios, mínimos, múltiples gráficas, gráficas por día, mes, año, etc.
- La programación y/o lectura del intervalo de muestreo en alguna estación, la lectura y/o establecimiento de la hora en alguna estación.

A continuación se hace una descripción del funcionamiento del software.

IV.2.1 - Menú principal

La figura 4.7 muestra la pantalla principal del programa en la cual se pueden observar las funciones que se pueden desarrollar: Archivos, Gráficas, Comandos, Comunicaciones, Tablas, y Ayuda.

Para poder acceder a alguna de estas funciones es necesario presionar la tecla **Alt** y la letra en color rojo de la función deseada, el accionamiento de las teclas debe hacerse en forma simultánea.

En caso de encontrarse en la pantalla principal puede accederse el menú con la tecla **Enter** ó con **F10**. Al accionarse cualquiera de estas dos teclas se desplegará la ventana de "Archivos", en la cual se pueden observar las opciones: "Leer", "Crear" y "Salir", como se puede observar en la figura 4.8.

Para posicionarse sobre alguna de estas dos opciones puede hacerse por medio de las teclas de dirección (flechas arriba y abajo).

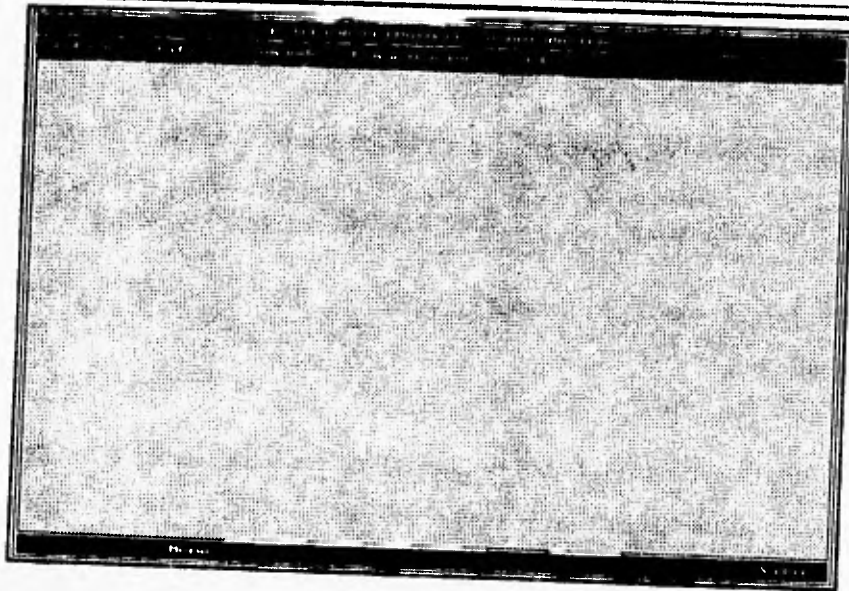


Figura 4.7. Pantalla principal.

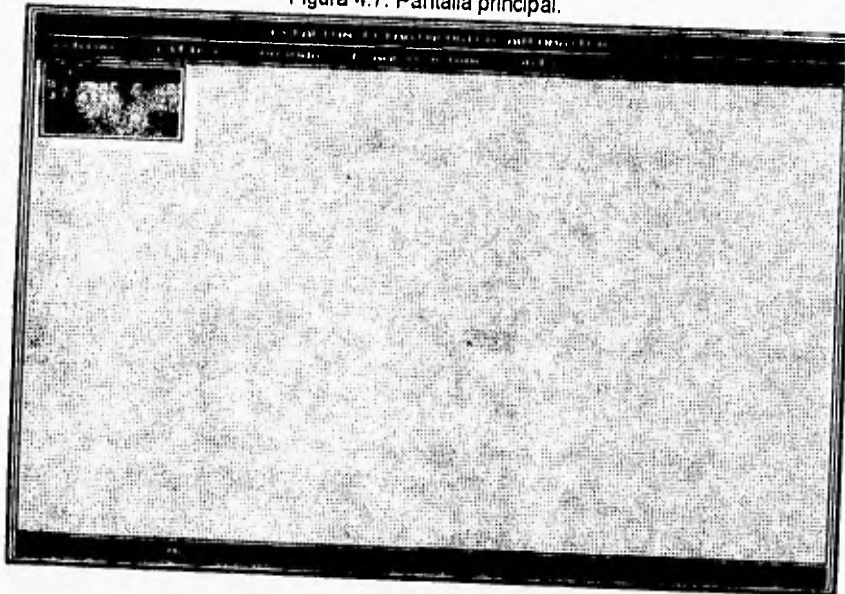


Figura 4.8. Ventana de Archivos

Al accionar las flechas se irá desplazando una barra roja que se posicionará encima de las opciones a las que se puede tener acceso. Una vez que la barra roja se encuentra en la posición deseada se puede dar *ENTER*. También se puede observar que una letra de cada una de las opciones de un menú se encuentra resaltada (en otro color) esto indica que puede accionarse directamente la tecla de la letra que se encuentre resaltada para poder acceder a la opción asociada a dicha letra.

Cuando se ha accedido alguna de las ventanas del menú principal (por ejemplo Archivos) se puede accionar las flechas hacia la izquierda y hacia la derecha para irse desplazando sobre las demás opciones del menú principal. Al irse moviendo en cualquiera de estas dos direcciones se irá desplegando la ventana del menú al que se ha accedido.

IV.2.2 - Ventana de Archivos

En esta sección y en las siguientes se describen comandos que se pueden efectuar sobre alguna estación remota. Es muy importante que antes de ejecutar cualquiera de estos comandos se seleccione primero la estación remota con la que se desea entablar la comunicación. Esta selección se hace en la Ventana de Comandos.

Dentro de la ventana de "Archivos" del menú principal se encuentran las opciones: "Leer", "Crear", y "Salir".

Crear : Esta opción es la encargada de transmitir a la estación remota una clave para que mande todo el contenido de la TC RAM, es decir que con esta función se hace el descargado de todos los datos recabados por la estación remota. Con todos estos datos se genera un archivo que es almacenado para su posterior procesamiento.

Leer : Por medio de esta opción se generan un conjunto de archivos que corresponden a la fragmentación del archivo principal generado con la opción "Crear". Cada uno de los archivos generados con la opción "Leer" contiene los datos de las ocho variables en un día. Se recomienda hacer esta función inmediatamente después de haber seleccionado la función "Crear", de esta manera se habrán leído todos los datos contenidos en la estación remota y se encontrarán listos en archivos pequeños en la estación central.

Salir: Esta opción dará por terminada la sesión y regresará al usuario al sistema operativo.

IV.2.3 - Ventana de Gráficas

Al entrar en esta opción se desplegará una ventana que contiene las opciones "Unigráfica" y "Poligráfica".

Unigráfica: Al seleccionar esta opción se ha dicho al programa que se desea graficar una variable contra un tiempo determinado. Por ejemplo la graficación de la temperatura en el mes de febrero del año 1994.

Poligráfica: Con la selección de esta opción se está diciendo al programa que se desea graficar varios periodos de una variable, por ejemplo la graficación de la humedad en enero, además la humedad en abril, y la humedad en diciembre, sobre una sola gráfica y con distinción de cada una de las curvas (Varios colores).

Una vez que se ha seleccionado alguna de las dos opciones anteriores se desplegará una ventana con el nombre de cada una de las variables sobre las cuales se puede hacer la graficación. Basta con accionar la tecla de la letra resaltada de la variable descada o posicionar la barra roja sobre la variable por medio de las flechas y presionar **Enter**.

Habiendo seleccionado la variable a graficar se desplegará una ventana con las opciones que muestran el período a graficar: Diaria, Semanal, Mensual, Anual.

Diaria: Al seleccionar esta opción se estará diciendo al programa que se desean graficar los datos registrados en un día. Dependiendo de los datos disponibles puede graficarse en lapsos de 5 minutos (288 muestras) hasta lapsos de 4 horas (6 muestras).

Semanal: Al seleccionar esta opción se estará diciendo al programa que se desean graficar los datos que se registraron en una semana. La gráfica mostrará en el eje del tiempo los 7 días de la semana.

Mensual: Al seleccionar esta opción se estará diciendo al programa que se desean graficar los datos registrados durante un mes. En el eje del tiempo se mostrará un mínimo de 28 días y un máximo de 31 días.

Anual: Al seleccionar esta opción se estará diciendo al programa que se desean graficar los datos recopilados durante un año. El eje del tiempo mostrará los 12 meses del año.

Una vez que ha sido seleccionado el período a graficar se desplegará una ventana en la que se pregunta por el tipo de dato a graficar. Este tipo de dato puede seleccionarse de 3 opciones: Máximos, Mínimos, y Promedios. Por ejemplo, si se ha seleccionado un período Mensual se presentará información de 28, 29, 30 ó 31 días; tomando en cuenta que en un día pudieron registrarse hasta 288 lecturas es necesario seleccionar entre un máximo un mínimo o un promedio de estas 288 lecturas, en el caso de seleccionar promedio se obtendrá éste y será el dato que se muestre en la gráfica, en el caso de seleccionar máximos, se obtendrá las lecturas máximas registradas por cada día y serán las que se muestren en la graficación.

Habiendo seleccionado el tipo de dato a graficar se desplegará una ventana en la que se pide la fecha que se desea graficar:

Para el caso en que se haya seleccionado un período Diario de graficación, en esta ventana se pide el día, mes y año que se desea graficar; para el caso que se haya seleccionado un período semanal, se pregunta el día, mes y año a partir del cual se tomarán los datos de 7 días (1 semana); para el caso en que se haya seleccionado un período mensual se pide mes y año que se desea graficar, el día por *default* es 1º; para el caso en que se haya seleccionado un período anual, se pide únicamente el año que se desea graficar, quedando por *default* día 1º y mes 1º.

Una vez que se ha proporcionado la fecha, se desplegará la gráfica correspondiente a los parámetros seleccionados.

El despliegue de las ventanas hasta la lectura de la fecha puede verse en la figura 4.9.

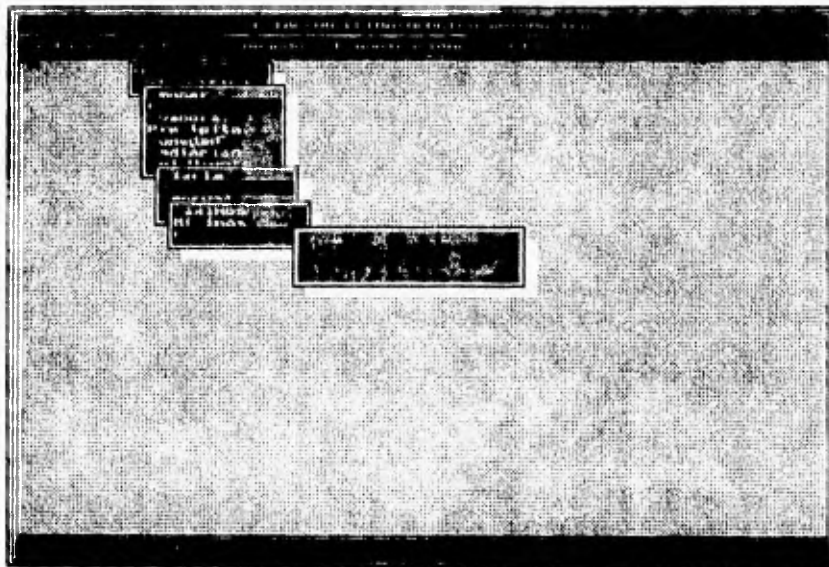


Figura 4.9. Ventana de Gráficas.

Una vez que se ha desplegado una gráfica, si se desea graficar otra por medio de la opción unigráfica la primera se borrará, pero si se hace por medio de la opción poligráfica no se pedirá la variable ni el período ya que se asumen iguales a los de la gráfica anterior, sólo se pedirá el tipo y la fecha a partir de la cual se graficará. La nueva gráfica se mostrará sobre la anterior, pero con un color diferente para distinguirlas. Se pueden tener hasta 4 gráficas, este límite se debe a cuestiones

prácticas de visualización: con más de 4 no se distinguen las gráficas entre sí y no se podría indicar la escala en el eje X (periodo).

En la figura 4.10 se muestra una pantalla con 4 gráficas.

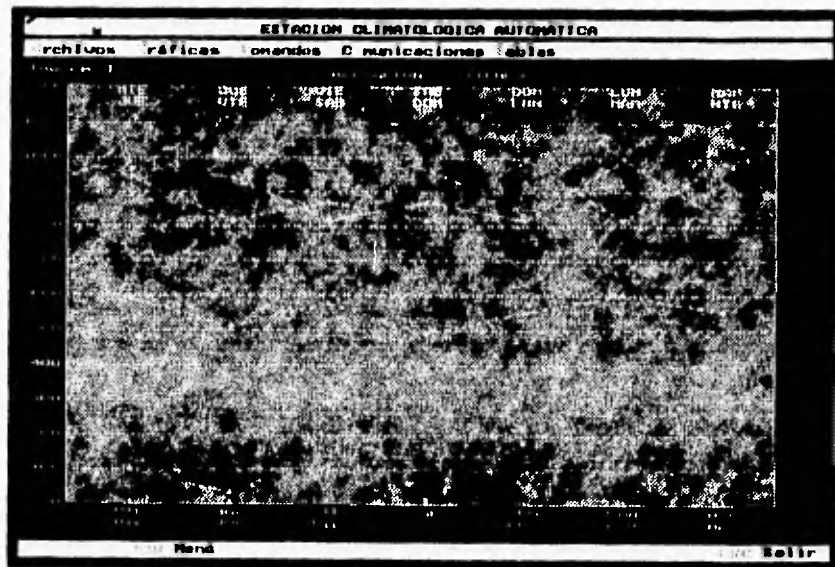


Figura 4.10. Ventana de Poligráficas.

IV.2.4 - Ventana de Comandos

La tercer opción del menú principal es "Comandos". Al seleccionar esta opción se desplegará una ventana con los nombres de los lugares en donde se encuentran localizadas las estaciones remotas de la red. Es por medio de esta ventana que se elige la estación remota con la cual se desea establecer el enlace (Ver figura 4.11).

Los nombres de las estaciones remotas que aparecen en la figura están predeterminados y para modificarlos se tiene que editar el archivo fuente. En la figura mencionada aparecen los nombres de Instituto de Ingeniería, Museo de las ciencias, mesa vibradora, etc., pero en la versión final aparecerán los nombres de Estación remota 1, Estación remota 2, etc., para que no sean tan específicos. En una versión posterior se puede permitir al usuario personalizar los nombres de las estaciones remotas.

Una vez que ha sido seleccionada la estación remota se desplegará un ventana con las siguientes funciones (Ver figura 4.11): "Leer reloj", "Actualizarlo", "Leer frecuencia", "Actualizarla", "Mediciones", "Ram ocupada", "Reset a Ram", "Salir".

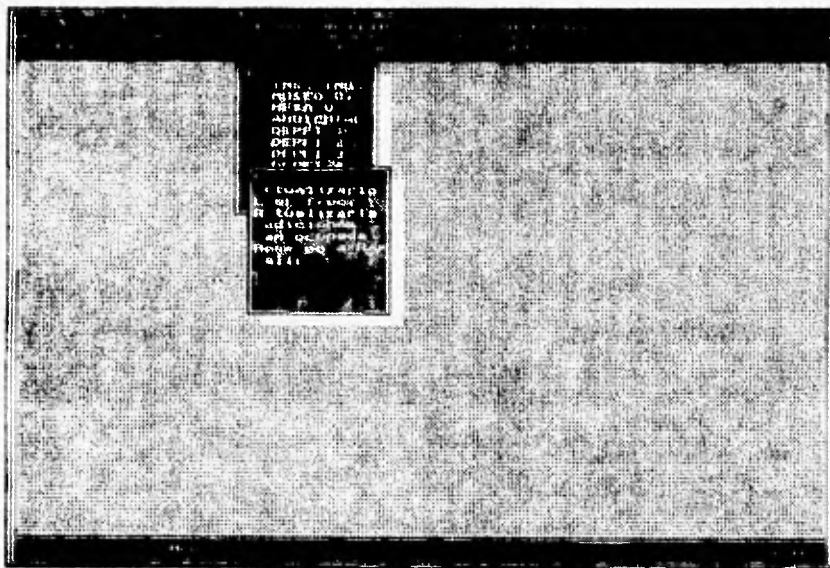


Figura 4.11. Ventana de Comandos.

Leer reloj: Al seleccionar esta función la estación central manda a la estación remota la clave correspondiente para que le transmita la hora y fecha de su reloj, en este momento entran en comunicación la estación central y la remota. Una vez que la estación central ha recibido los datos de fecha y hora, los despliega en la pantalla (Ver figura 4.12).

Actualizarlo: Al seleccionar esta opción se estará diciendo al programa que se desea cambiar la hora y fecha que tiene la estación remota, por lo tanto se desplegará un ventana en la cual se pide hora y fecha con la que se desea actualizar la estación remota. Al terminar de dar fecha y hora se mandará esta información a la estación remota y el reloj de la misma comenzará la cuenta a partir de los datos de actualización.

Con esta característica se puede tener la misma hora de la estación central en todas las estaciones remotas ó se puede tener la hora a tiempo GMT (*Greenwich Mean Time*) que es en el cual se debe basar la toma de las lecturas de acuerdo a las normas de la OMM.

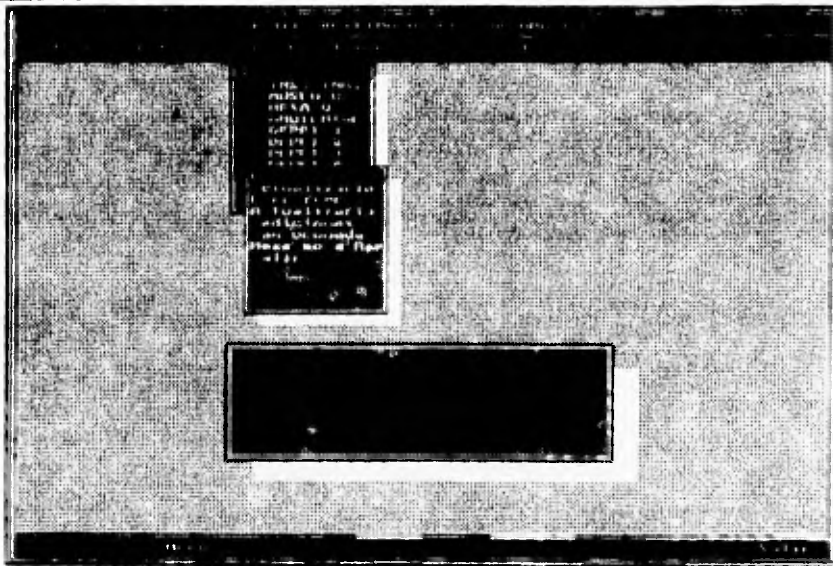


Figura 4.12. Lectura del reloj de una estación remota.

Leer frec: Al seleccionar esta opción se está pidiendo a la estación remota que mande la frecuencia de muestreo a la estación central, es decir, por medio de esta función puede conocerse el intervalo con el que la estación en cuestión está haciendo el registro de las variables. Cuando la estación remota ha mandado la frecuencia de muestreo, se despliega una ventana que tiene todas las posibles frecuencias, una de estas frecuencias estará seleccionada con la barra roja indicando que ésta es la frecuencia de muestreo de dicha estación.

Actualizarla: Por medio de esta opción se manda a la estación remota la frecuencia de muestreo que se desea para la misma. Al seleccionar esta opción se despliega una ventana que contiene todas las posibles frecuencias de muestreo, por medio de las flechas se puede seleccionar la frecuencia deseada, también puede hacerse accionando el carácter asociado que se encuentra en la primer columna de dicha ventana. Por ejemplo, la frecuencia de muestreo de 1 hora tiene asociado el número 9 (Ver figura 4.13), por lo que accionando el número 9 se estará seleccionando una frecuencia de muestreo de 1 hora.

Las frecuencias de 1 segundo hasta 1 minuto no pueden ser seleccionadas por un usuario normal, ya que éstas son para pruebas del sistema. Normalmente la toma de lecturas se hacen cada hora, por lo cual las frecuencias disponibles al usuario normal son suficientes.

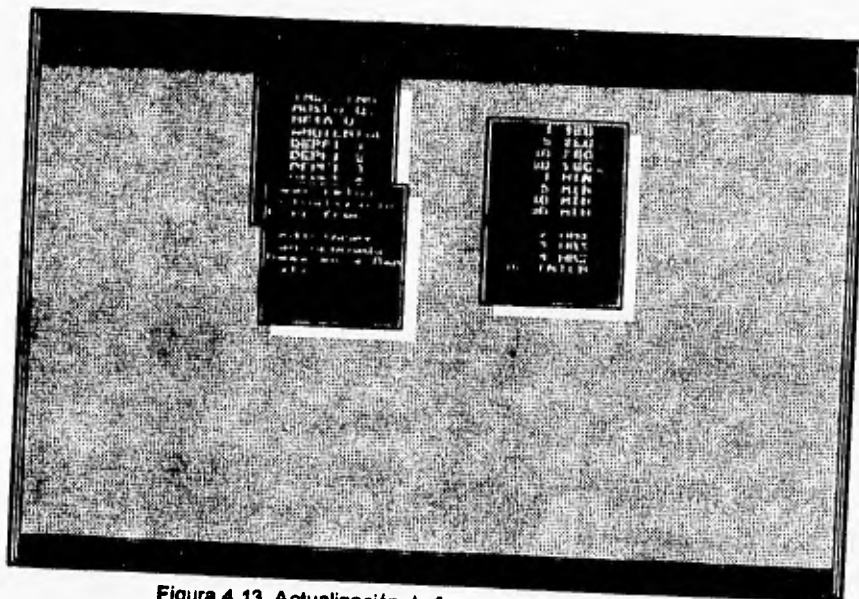


Figura 4.13. Actualización de frecuencia de una estación remota.

Mediciones: Por medio de esta opción puede establecerse la comunicación con la estación remota seleccionada. En este enlace la estación remota estará haciendo un barrido cíclico de las 8 variables y mandará los datos en forma continua a la estación central. En la figura 4.14 se puede ver la pantalla en la que se muestra la información de las ocho variables simultáneamente. Cuando el enlace es hecho por cable la información de una variable es mostrada en la pantalla 2 segundos después de que fue sensada, de manera que puede considerarse que la información observada en esta pantalla es un estado real de la estación remota.

En las mediciones de Humedad, Radiación, Presión y Velocidad se usa un semicírculo ó rebanada de color rojo para mostrar las lecturas, además se muestra en la parte superior de los círculos el valor decimal y las unidades de medición.

Los medidores de precipitación y evaporación se representan con 2 rectángulos ubicados al centro de la pantalla, la lectura se refleja por la barra roja que se encuentra dentro de los dos rectángulos oscuros. En el extremo derecho de los rectángulos se encuentra el valor decimal de las lecturas.

Para el caso de la dirección del viento la representación se hace por medio del desplazamiento de un punto blanco sobre una circunferencia que toca los bordes de la rosa de los vientos.

Para la temperatura se usó un conjunto de 4 termómetros de izquierda a derecha que representan las temperaturas máxima, mínima, promedio y actual respectivamente. Cuando se ha detectado una temperatura máxima ésta queda registrada sobre el termómetro correspondiente, lo mismo para mínima. El termómetro de promedio presenta el promedio mismo de un conjunto de lecturas, el termómetro de actual muestra la última temperatura registrada.

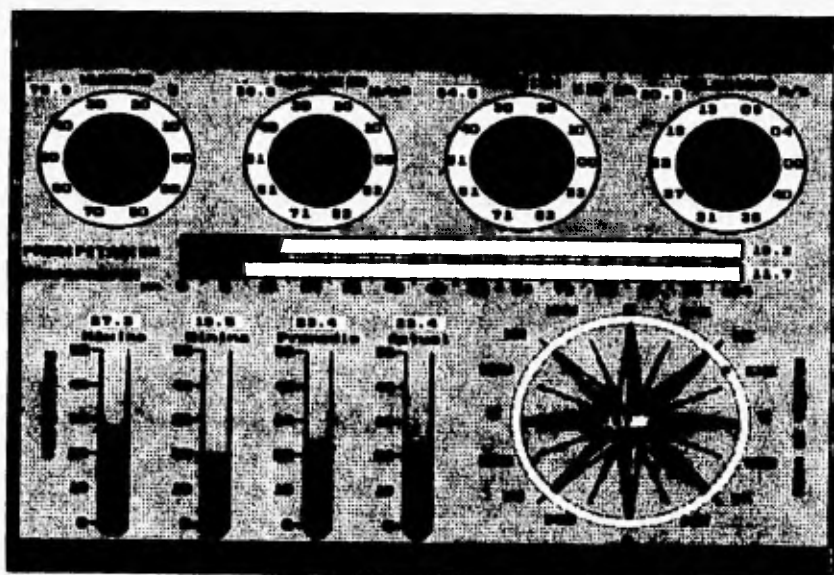


Figura 4.14. Pantalla de Mediciones.

Nota: Se recomienda que el uso de esta opción se haga de manera moderada ya que implica una transmisión continua de información entre la estación central y la estación remota. Para el caso que se desee tener activada esta opción por periodos prolongados, se recomienda que se haga sólo cuando la estación remota esté siendo alimentada por la línea comercial.

También para el caso en que la estación remota trabaja con batería y paneles solares, se recomienda que se haga cuando se sabe que la batería se encuentra en buen estado y cargada. Una última recomendación para esta opción es que se realice durante el día cuando la energía utilizada por la batería puede recuperarse a través del panel solar.

Cuando el sistema tenga algún problema para establecer la comunicación se desplegará un mensaje que dice "NO HAY COMUNICACION", cuando éste sea el caso el sistema seguirá intentando establecer el enlace a menos que se active la tecla **Esc**. Al accionar la tecla **Esc** se regresa a la ventana de los comandos.

Pudiera darse el caso de que después de un momento (Por ejemplo 1 ó 2 minutos) de estar observando el despliegue de la información sobre los medidores, por alguna razón imprevista se rompa el enlace entre las estaciones; de ser este el caso aparecerá el mensaje de "NO HAY COMUNICACION", en este momento el sistema se queda intentando restablecer la comunicación hasta que se accione la tecla **Esc**. Si el sistema logra restablecer la comunicación antes de que se presione la tecla **Esc**, desaparecerá el mensaje de "NO HAY COMUNICACION" y se tendrá el despliegue de la información sobre los medidores.

Ram ocupada: Por medio de esta opción se puede conocer el porcentaje de memoria que se ha ocupado para registrar información en la estación remota. Esto es con el fin de saber si la tarjeta TC Ram de la estación remota puede quedar más tiempo registrando información o es necesario vaciarla en archivos para inicializar el apuntador de la memoria TC Ram y ampliar la memoria disponible. Esta opción se muestra en la figura 4.15.

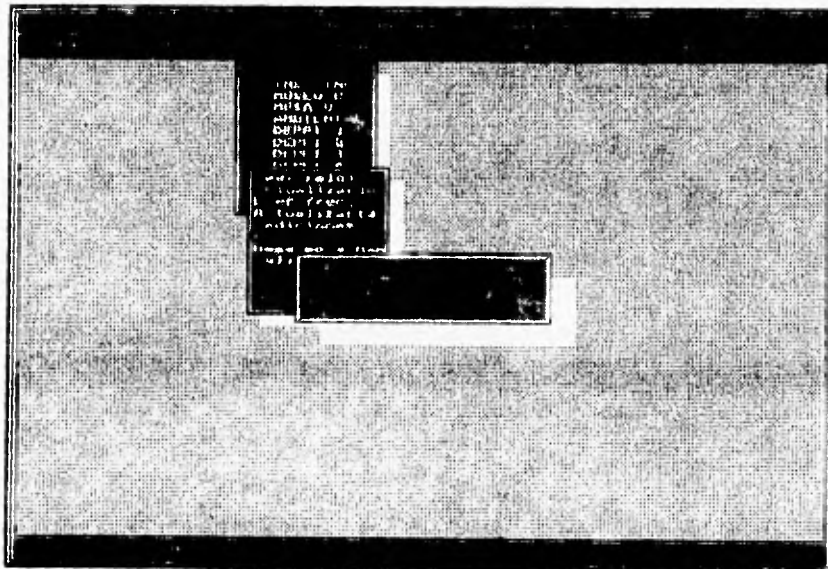


Figura 4.15. Cantidad de memoria ocupada.

Reset a TC Ram: Por medio de esta opción se reinicializa el apuntador de la memoria RAM de la estación remota para que pueda guardar la información desde sus primeras localidades. Esta opción debe darse cuando se ha vaciado la información contenida en la RAM hacia archivos. Al seleccionar esta opción aparecerá un mensaje de confirmación: CONFIRME S/N. Este mensaje aparece porque debe de tomarse en cuenta que una vez reseteado el apuntador se registrarán las lecturas sobre la información anterior la cual se perderá. Si los datos no habían sido guardados y se resetea el apuntador de la TC RAM, no habrá manera de recuperar la información anterior ya que se sobrescribirá (Ver figura 4.16).

Salir: Por medio de esta opción se termina el enlace con la estación remota seleccionada y se accesa la ventana anterior en la cual se puede seleccionar otra estación o salir del menú de comandos con la tecla Esc.

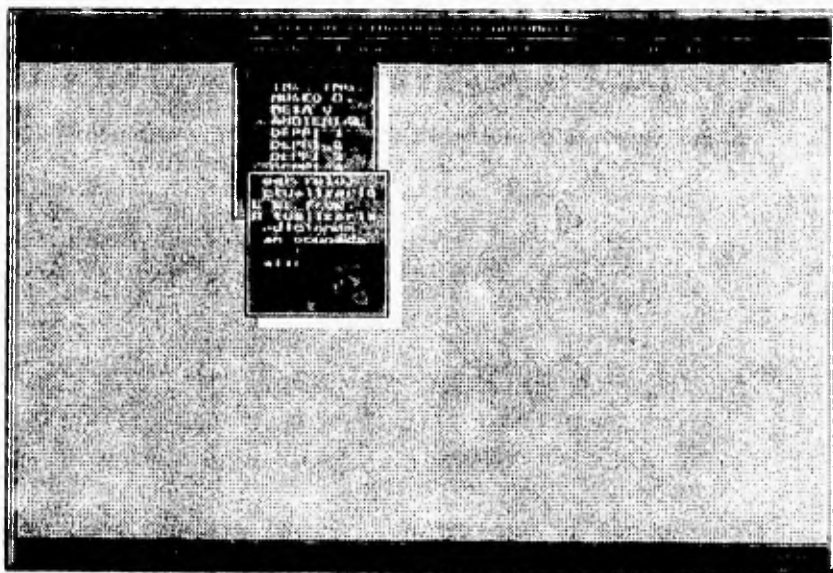


Figura 4.16. Reset a memoria TC RAM.

IV.2.5 - Ventana de Comunicaciones

La cuarta opción del menú principal es la ventana de comunicaciones. En esta ventana se pueden observar los parámetros con los que se establece la comunicación.

Como se puede observar en la figura 4.17, los parámetros son: COM1, COM2, 1200 bauds, No prior, No bit stop, Dato 8 bits, y Salvar conf.

Por medio de las opciones "COM1" y "COM2" se puede seleccionar el puerto por medio del cual se establecerá el enlace. En la parte inferior de la ventana de comunicaciones se observa el puerto que se encuentra activo: "ACTIVO COM 1" (Ver fig. 4.17). Los demás parámetros sólo son de lectura para el usuario, para poder ser cambiados tiene que accesarse el archivo fuente. Todos estos parámetros son almacenados en un archivo (comini.sys) de manera que se presenta la opción de salvar configuración. En el caso en que se cambie el Com (puerto serial) y se desee registrar el cambio, se puede dar la opción "Salvar Config" y cada vez que se corra el programa aparecerá como puerto serie activo el que se haya salvado.

Para poder hacer algún cambio para los demás parámetros es necesario que las estaciones remotas tengan la posibilidad de trabajar con los mismos parámetros.

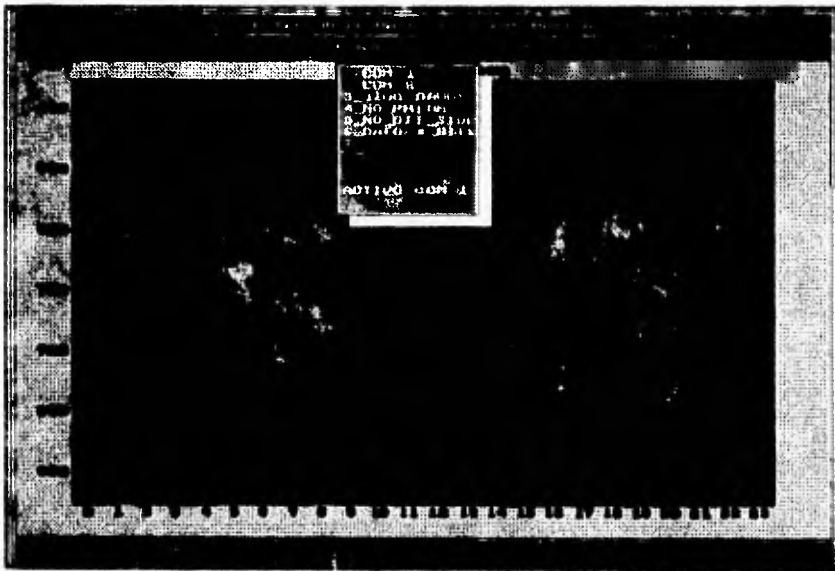


Figura 4.17. Ventana de comunicaciones.

IV.2.6 - Ventana de Tablas

La quinta opción del menú principal es la de "Tablas". Al seleccionar esta opción se desplegará la ventana de "Periodo" en la que se pregunta si se desea hacer las tablas en forma "Diaria", "Semanal", "Mensual" o "Anual". Una vez escogido el periodo se despliega una ventana en la que se pregunta por la fecha de la cual se desea obtener la información. En el caso de haber seleccionado un periodo diario, se pregunta por día, mes y año del cual se desea obtener información de las ocho variables. Para el caso de haber seleccionado un periodo semanal se

pregunta por día, mes y año a partir del cual se tomarán 7 días (1 semana). Para mostrar la información en el caso de haber seleccionado un periodo mensual se pregunta por el mes y año quedando por *default* día 1°. En el caso de haber seleccionado un periodo anual se pedirá únicamente el año del que se desea obtener la información de las 8 variables, quedando por *default* día 1° y mes 1°.

En el caso de ser un periodo diario se mostrará la información disponible de un día, la cual puede ir desde 6 lecturas (muestreo cada 4 horas) hasta 288 lecturas (muestreo cada 5 minutos), en el caso de ser un periodo semanal se mostrarán los 7 días de la semana, en el caso de ser un periodo mensual se mostrará información de 28, 29 ó 31 días como máximo, para el caso de un periodo anual se mostrará información de los 12 meses del año.

Cuando no se tenga información disponible se mostrará en la localidad correspondiente un par de guiones "--", como se puede ver en la figura 4.18.

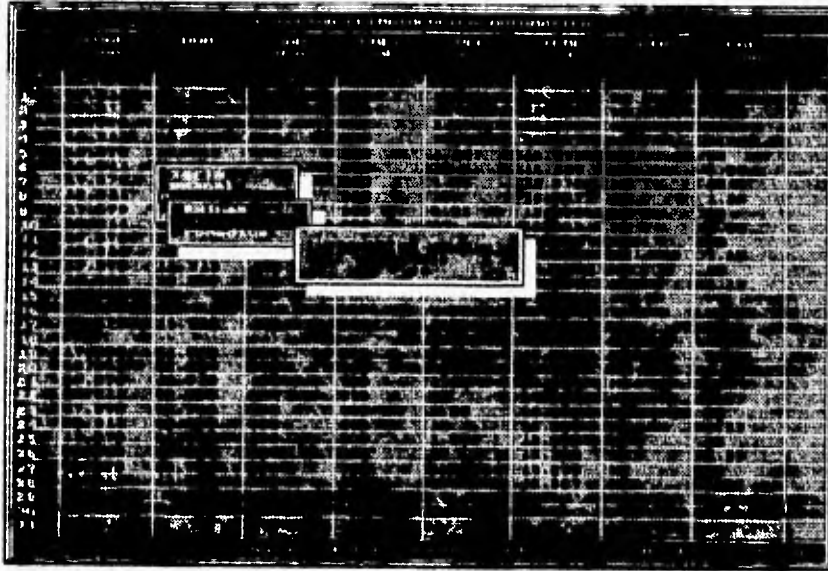


Figura 4.18. Ventana de Tablas.

La graficación de la dirección del viento tiene un trato diferente a las demás variables ya que no se manejan promedios máximos o mínimos, en este caso el valor de mayor interés es el viento dominante. Debido a esto se optó por una gráfica de 3 dimensiones como la que se muestra en la figura 4.19 para hacer una representación sencilla de los vientos dominantes de una semana.

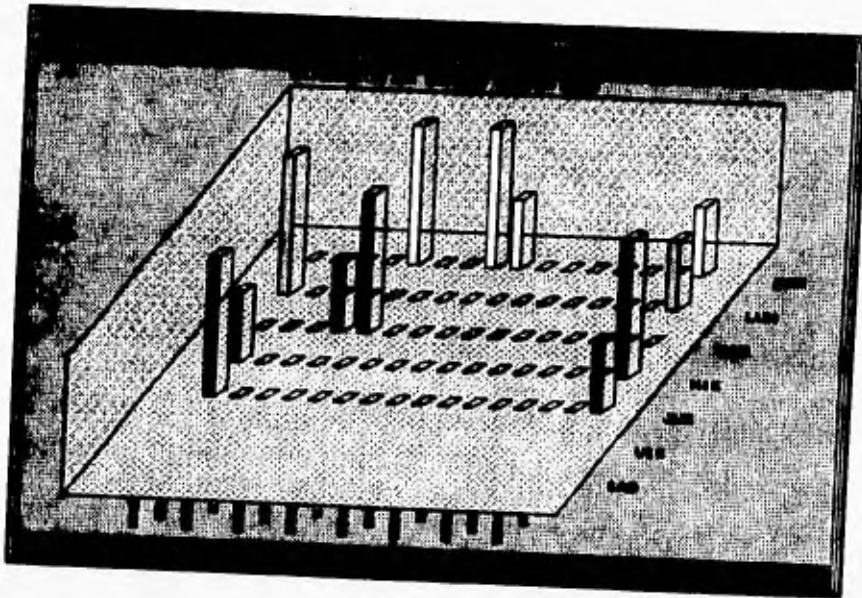


Figura 4.19. Gráfica de la dirección del viento durante una semana.

CAPITULO V

SENSORES

En este capítulo se describen los factores que se tomaron en cuenta para la selección de los sensores. También se describen las etapas de acondicionamiento que se propusieron para cada uno de ellos. En el último apartado se muestra una tabla comparativa de las exactitudes obtenidas con los sensores propuestos.

V.1 - SELECCION DE SENSORES

Para hacer la selección de los sensores se tomaron en cuenta varios puntos:

- 1) Los sensores deben de cumplir con las normas de la Organización Meteorológica Mundial.

Las principales características que se deben cumplir de acuerdo a las normas y de manera general por cada uno de los sensores son:

- a) Sensibilidad
 - b) Linealidad
 - c) Rango de medición
 - d) Temperatura de operación
 - e) Localidad (Lugar que ocupe con respecto a los demás sensores)
- 2) Deben poder encontrarse en el mercado.
 - 3) Deben ser de instalación sencilla.
 - 4) Su mantenimiento debe ser mínimo.
 - 5) Para los sensores que necesiten ser energizados su voltaje de alimentación no deberá ser mayor a 12 Volts, ya que este es el voltaje máximo que se tiene en el sistema.
 - 6) La salida de los sensores debe estar entre 0 y 5 Volts de DC, de lo contrario se hará necesaria una etapa de acondicionamiento que lo limite:

El convertidor analógico-digital del microcontrolador utilizado acepta un voltaje máximo de 5 volts. Este voltaje puede ser limitado por medio de una terminal (Vref) que indica el voltaje de referencia contra el cual se está haciendo la conversión A/D. Para tener el mayor rango de medición, el voltaje de referencia se ha fijado a 5 volts. El voltaje de entrada al convertidor no puede ser mayor que el voltaje de referencia, razón por la cual ningún sensor o su etapa de acondicionamiento puede tener como salida un valor mayor a 5 volts.

- 7) Deben seleccionarse sensores que cuenten con una linealidad intrínseca, que cumpla con las normas de la OMM, de lo contrario se hará necesaria una etapa de acondicionamiento (por hardware o software) para lograr la linealidad.

- 8) Los sensores deben ser tan económicos como el cumplimiento de las normas lo permita (A mayor resolución, linealidad y rango de medición, mayor costo).

Dadas las condiciones para la selección de los sensores se propusieron los siguientes:

El apéndice A muestra la descripción general y las características eléctricas de los sensores propuestos.

V.1.1 - Sensor de Velocidad del Viento

El sensor de velocidad del viento que se propone es del tipo de 3 copas (como el que se describió en el capítulo I), diseñado para medir desde velocidades de viento muy bajas (umbral de 0.45 mph) hasta muy elevadas.

Como se puede observar en las características correspondientes al anemómetro, Apéndice A (Micro response anemometer, mod 2031), éste tiene como transductor un generador de DC, el cual proporciona un voltaje de 7 mV/mph. Para proporcionar la velocidad del viento en m/s se deberá efectuar la siguiente conversión:

Considerando que 1 milla equivale a 1609 m y que 1 hora equivale a 3600 segs,

tenemos:

$$\frac{1\text{milla}}{\text{hora}} \cdot \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} \cdot \frac{1609\text{m}}{1\text{milla}} = \frac{1609\text{m}}{3600\text{seg}} = 0.44694 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\frac{1\text{milla}}{\text{hora}} = 0.44694 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \quad ; \quad 1\text{mph} = 0.44694 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$\frac{7\text{mV}}{\text{mph}} \cdot \frac{1\text{mph}}{0.44694 \text{m/seg}} \Rightarrow \frac{1\text{mV}}{\text{mph}} = 15.662 \frac{\text{mV}}{\text{m/seg}}$$

Por lo tanto el sensor de velocidad proporciona 15.662 mV por cada m/s que registre.

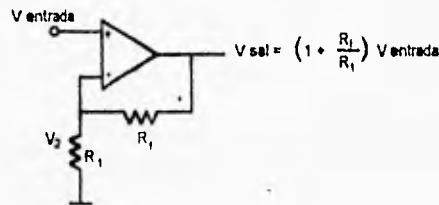
Recordando que el convertidor analógico-digital es de 10 bits y que mide dentro de un rango de 0 a 5 Volts, tenemos que:

$$\frac{5 \text{ volts}}{1024 \text{ bits}} = 0.0048828 \text{ Volts/bit} \quad \text{ó} \quad 4.8828 \text{ mVolts/bit} \quad \text{que es el voltaje mínimo que puede ser convertido}$$

El sensor da una exactitud de ± 0.15 mph (0.06704 m/s), para no perderla y no aumentar el error, debemos sensar al menos a este rango o menos, si es posible. Por simplicidad de cálculos, proponemos sensar a 0.05 m/s (0.11 mph), por lo tanto debemos sensar el siguiente voltaje:

$$0.05 \text{ m/s} \times 15.662 \text{ mV/m/seg} = 0.783 \text{ mV}$$

Como el convertidor A/D requiere al menos de 4.88 mV, debemos amplificar este voltaje. Se propone una etapa de acondicionamiento compuesta de un amplificador operacional que dada una entrada de 0.783 mV proporcione 4.88 mV



$$\frac{V \text{ salida}}{V \text{ entrada}} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad \text{Sustituyendo:} \quad \frac{4.88}{0.783} - 1 = \frac{R_f}{R_1}$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 5.23527 \quad , \quad R_f = R_1 (5.23527)$$

Proponemos $R_1 = 10k$

Por lo tanto $R_f = 52.35k$ (50k + Potenciómetro de 5k)

La salida será de 0.05 m/s por bit, por lo tanto para obtener la velocidad en m/seg se dividirá el número de bits por 20.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{bits registrados}}{20} \left[\frac{m}{s} \right]$$

El voltaje máximo será a 45 m/seg :

$$\frac{45}{0.05} \times 4.88 \text{ mV} = 4.392 \text{ Volts}$$

V.1.2 - Sensor de Dirección del Viento

Las características del sensor de dirección del viento se pueden observar en el Apéndice A (microresponse vane, mod 2020).

La veleta tiene como transductor un potenciómetro de 5 Kohms con excelente linealidad, el sensor tiene un umbral muy bajo (0.5 mph). Al potenciómetro se le puede alimentar directamente un nivel de 5 volts y tierra en sus extremos, de esta manera se tendrá un divisor de voltaje que se registrará en el cursor del potenciómetro. Dados los niveles de referencia en los extremos del potenciómetro, en el cursor tendremos un rango de voltaje de 0 a 5 Volts. El rango de medición del sensor va de 0° a 360° geométricos con lo cual se obtiene la dirección del viento.

Puesto que el voltaje que se aplicará al transductor (5V) es regulado y es el mismo que alimenta al μc y algunos componentes, no es necesaria una etapa de acondicionamiento por hardware, aunque por software se tiene que tomar la consideración de la conversión de volts a dirección en grados.

Dadas las características del convertidor analógico-digital se tendrá:

Rango de medición del transductor	0° a 360°
Rango de voltaje de salida del transductor	0 a 5 Volts
Bits del microcontrolador	0 a 1024

Por lo tanto:

$$\text{Dirección en grados} = \frac{\text{Num. bits registrados}}{1024 \text{ bits}} \cdot 360^\circ$$

V.1.3 - Sensor de Radiación Solar (Piranómetro estrella)

El sensor de radiación solar propuesto es del tipo piranómetro estrella (como el que se describió en el Capítulo I), empleado para medir la radiación solar directa y difusa (global). Las características y descripción general del sensor se encuentran en el Apéndice A (Star Pyranometer, mod 3020).

El elemento sensor es un conjunto de 6 segmentos blancos y 6 segmentos negros en pares. Tiene seis termocoplaadores entre cada segmento, formando de esta manera una termopila de 72 uniones de cromo.

Como se puede observar en las especificaciones (Apéndice A) la sensibilidad del sensor es muy pequeña: de $15 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$.

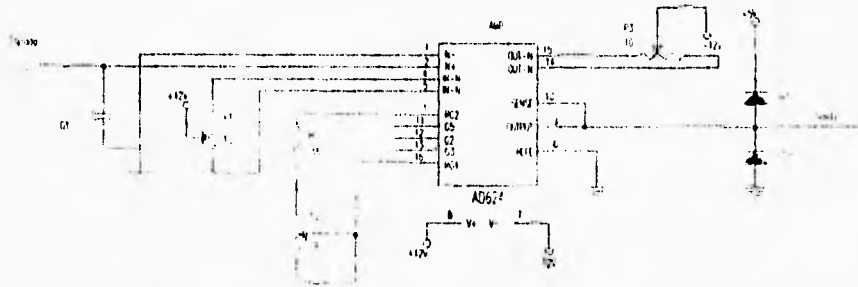
Las unidades de la radiación solar son mW/m^2 ó W/m^2 .

Dado que el orden de la sensibilidad es de μV se propone una etapa de acondicionamiento compuesta por un amplificador operacional. Con el fin de hacer más simple el manejo del número proporcionado por el convertidor A/D, se puede hacer la amplificación, considerando que el convertidor registra un bit cada cambio de 4.88 mV. Si el sensor proporciona $15 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ se propone una etapa de acondicionamiento que amplifique $15 \mu\text{V}$ a 4.88 mV, con esto se conseguirá tener 4.88 mV por cada W/m^2 . De esta manera se tendrá una relación directa entre el número de bits registrados por el convertidor A/D y el valor de radiación solar sentido:

$$\text{Radiación Solar} = (\text{Núm. bits registrados}) \frac{1 \text{ W}/\text{m}^2}{1 \text{ bit}}$$

Dada la condición de linealidad del sensor (Ver apéndice A) y considerando como aceptable dadas las normas, el rango de medición del sensor para dicha linealidad va de 80 a $1340 \text{ W}/\text{m}^2$; pero dadas las condiciones del convertidor A/D y tomando en cuenta la relación resultante entre el número de bits registrados y radiación solar asociada se tendrá una disminución en el límite superior del rango de medición. Por esto el rango ira de 80 a $1024 \text{ W}/\text{m}^2$. Esta disminución del límite superior no afecta de manera substancial puesto que valores de radiación solar mayores a $1024 \text{ W}/\text{m}^2$ no son muy comunes de registrar.

La etapa de acondicionamiento propuesta es la siguiente:



V.1.4 - Sensor de Temperatura

El sensor propuesto para la medición de la temperatura es un alambre de platino de 100 ohms (Ver Apéndice A, Air Temperature Probe, Mod. 4470-A). Debido a las características del elemento sensor, el valor de la temperatura debe de obtenerse por medio de la relación que existe entre la temperatura y la resistencia del cable de platino.

La resistencia de un conductor a una temperatura T_2 está dada por la ecuación:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)] \dots \dots \dots (5.1)$$

en donde:

R_2 y T_2 : son la resistencia y temperatura a calcular.

R_1 y T_1 : son la resistencia y temperatura de referencia proporcionadas por el fabricante, en este caso corresponden a 100 ohms para una temperatura de 0°C.

α : es el coeficiente térmico de resistencia (dato que se encuentra en gráficas o formularios, para el platino es de 0.00392 °C⁻¹).

Con la ecuación 5.1 podemos encontrar la temperatura dada la resistencia y los parámetros del conductor. Como lo que estamos midiendo es una resistencia, para poder evaluar esta variable, utilizando el convertidor A/D del microcontrolador, es necesario acondicionarla. Para lograr esto es necesario construir una fuente de corriente, de tal manera de que cuando la corriente pase por el elemento sensor se tendrá un voltaje proporcional a la resistencia y por lo tanto a la temperatura.

Despejando la temperatura a calcular (T_2) de la ecuación 5.1:

$$T_2 = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \alpha} + T_1 \dots \dots \dots (5.2)$$

R_1 la proporciona el fabricante y corresponde a 100 Ω para una temperatura T_1 de 0°C (Ver Apéndice A), por lo tanto:

$$T_2 = \frac{R_2 - 100\Omega}{100\Omega (0.00392^\circ C^{-1})} + 0^\circ C$$

$$T_2 = \frac{R_2 - 100\Omega}{0.392 \Omega/^\circ C} \dots \dots \dots (5.3)$$

El rango de medición que proporciona el sensor va de -50 a 100 °C, y considerando que alcanza una resolución de 0.1 de grado se tiene lo siguiente:

$$\frac{\text{Volts}}{(100^{\circ}\text{C} - (-50^{\circ}\text{C})) / 0.1} = 3.33\text{mV} / 0.1^{\circ}\text{C}$$

Estos 3.33 mV/0.1°C no pueden ser medidos por el convertidor A/D ya que el voltaje más pequeño que puede medir es de 4.88 mV. Debido a esta limitante se debe reducir el rango de medición; proponiéndose un rango de -30 a 60 °C, el cual es adecuado para la mayoría de las aplicaciones reales. En este rango se tiene:

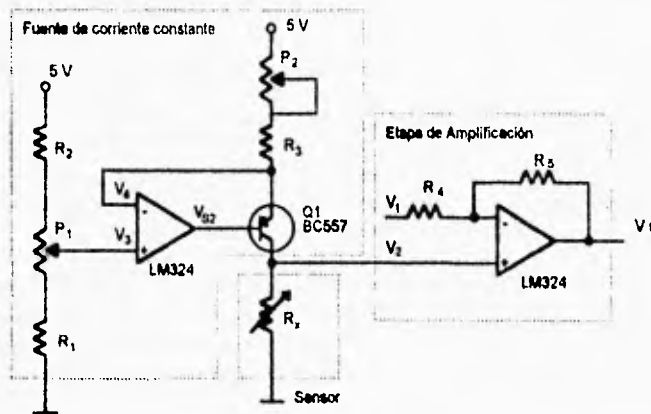
$$\frac{\text{Volts}}{(60^{\circ}\text{C} - (-30^{\circ}\text{C})) / 0.1} = 5.55\text{mV} / 0.1^{\circ}\text{C}$$

Con este voltaje si se puede medir 0.1 °C con el convertidor A/D.

De acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante, los valores de resistencia para -50, -30, 60 y 100°C son:

Para -50°C	R ₂ = 79.97Ω
Para -30°C	R ₂ = 88.02Ω
Para 60°C	R ₂ = 123.64Ω
Para 100°C	R ₂ = 139.16Ω

La etapa de acondicionamiento que se propone se muestra en la figura siguiente, como se mencionó dicha etapa debe constar de una fuente de corriente que alimente al sensor para obtener un voltaje que pueda ser medido por el convertidor A/D. En este caso como la corriente debe ser pequeña para no aumentar el error del sensor (debido a calentamiento del propio sensor) y para no tener un consumo de potencia alto, el voltaje obtenido es pequeño por lo cual debe ser amplificado para que pueda ser medido por el convertidor A/D.



En este circuito la fuente de corriente constante alimenta al sensor de temperatura con una corriente fija de 1mA (El fabricante sugiere corrientes menores a 4 mA y voltajes menores a 0.4 VDC para evitar el aumento de error debido a calentamiento del propio sensor), de tal forma que al variar la temperatura (y por lo tanto la resistencia) se tendrá una variación proporcional en el voltaje V_2 . En una segunda etapa este voltaje es amplificado para que pueda ser medido por el convertidor A/D. El amplificador empleado está configurado como amplificador diferenciador (Se utilizo esta configuración para poder restar el voltaje resultante en V_2 cuando la temperatura es la más baja y de esta forma iniciar las lecturas del convertidor A/D desde 0 volts para aprovechar el mayor rango de medición posible: de 0 a 5 volts).

El valor de la fuente de corriente constante se obtiene de la diferencia de voltaje entre V_{CC} y V_4 dividida entre la resistencia formada por R_3 y P_2 debe dar 1 mA. Se propone una diferencia de voltaje de 2 volts, por lo tanto el voltaje V_4 debe de ser 3 volts. Con un divisor de voltaje formado por R_1 , R_2 y P_1 se ajusta V_3 a 3 volts ($V_4=V_3$). Proponiendo $R_1 = 2.7k\Omega$, $R_2 = 1.8k\Omega$ y $P_1 = 500 \Omega$, se tiene:

$$V_3 = \left(\frac{R_1 + P_1 - X}{R_1 + R_2 + P_1} \right) 5 \text{Volts} = \left(\frac{2.7K + 300}{2.7K + 1.8K + 500} \right) 5 = 3 \text{ volts}$$

Con la resistencia R_3 y el potenciómetro P_2 se ajusta un valor de 2 k Ω . Se propone el valor de R_3 a 1.8 k Ω y el valor del potenciómetro P_2 de 500 Ω .

En el amplificador restador se tiene:

$$V_{salida} = \left(1 + \frac{R_5}{R_3} \right) V_2 - \frac{R_5}{R_4} V_1 \dots \dots \dots (5.4)$$

Con una corriente constante de 1 mA para -30° y 60° se tendrá :

Para -30°C	$R_x = 88.02\Omega$	$V_2 = 88.02 \text{ mV}$
Para 60°C	$R_x = 123.64\Omega$	$V_2 = 123.64 \text{ mV}$

Con estos voltajes el rango de variación es de .03562 Volts (123 mV-88.02 mV), que divididos entre 900 (para tener una resolución de 0.1 °C) da 39.5777 μ volts por 0.1°C.

El rango de medición abarca prácticamente todo el rango del convertidor A/D, ya que debemos poder medir 900 valores (-30°C a 60°C en incrementos de 0.1) y el sensor puede medir hasta 1024 valores, debido a esto el voltaje que proporcione el amplificador debe de ser de 0 Volts para el rango inferior de temperatura (-30°C con $R_x = 88.02 \text{ o}\Omega$) y tener incrementos de 4.88 mV

por cada incremento de 0.1°C. De esta forma para el rango superior de temperatura (60°C con $R_x = 123.64 \Omega$) tendremos un voltaje de 4.392 Volts.

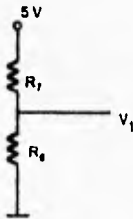
A la salida de la fuente de corriente constante (punto V_2) tenemos 39.57 μ volts por 0.1°C, por lo tanto para tener incrementos de 4.88 mV por cada incremento de 0.1 °C la amplificación debe de ser de $4.88 \text{ mV} / 39.577 \mu\text{volts} = 123.301$. Para tener esta amplificación ajustamos los valores de resistencias de la ecuación 5.4:

$$1 + \frac{R_3}{R_4} = 123.301$$

$$R_4 = \frac{R_3}{123.301 - 1}, \quad \text{Proponemos } R_3 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Por lo tanto } R_4 = \frac{100\text{k}}{123.301 - 1} = 817.654 \Omega \quad (\text{Resistencia de } 640\Omega + \text{Pot } 500\Omega)$$

Para ajustar el voltaje de salida a cero para cuando $V_2 = 88.02 \text{ mV}$ se propone colocar un divisor de tensión en la entrada V_1 .



La fórmula en esta condición queda de la siguiente forma:

$$V_{\text{salida}} = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) V_2 - \frac{R_3}{R_4} V_1 = 123.301(88.02 \text{ mV}) - 122.301 V_1$$

Igualando la fórmula a cero, $V_s = 0$:

$$V_1 = \frac{123.301(88.02 \text{ mV})}{122.301} = 88.7396 \text{ mV}$$

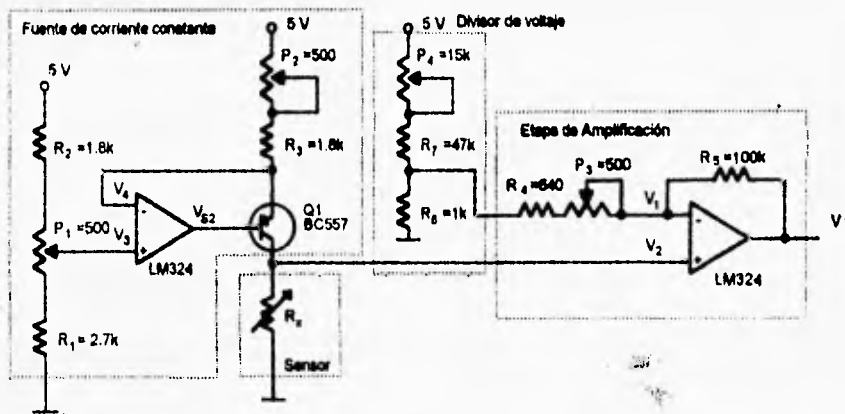
$$\frac{R_6}{R_7 + R_6} 5V = V_1; \text{ y considerando } V_1 = 0.0887396 \text{ V}$$

$$R_7 = (55.3446) R_6$$

$$\text{Proponemos } R_6 = 1 \text{ k}\Omega$$

Por lo tanto $R_7=55.34 \text{ k}\Omega$ (Resistencia $47 \text{ k}\Omega$ + Potenciómetro de $15 \text{ k}\Omega$)

El circuito completo queda como sigue:



Teniendo el valor del voltaje de salida se puede obtener el valor de la resistencia R_x :

$$V_{salida} = \left(1 + \frac{R_1}{R_4}\right) V_2 - \frac{R_1}{R_4} V_1 = 123.301(V_2) - 10.853$$

$$V_2 = \frac{\frac{\text{Núm bits} \times 5}{1024} + 10.853}{123.301} \dots \dots \dots (5.5)$$

$$R_x = \frac{\frac{\text{Núm bits} \times 5}{1024} + 10.853}{123.301} \left(\frac{1}{1\text{mA}}\right) \dots \dots \dots (5.6)$$

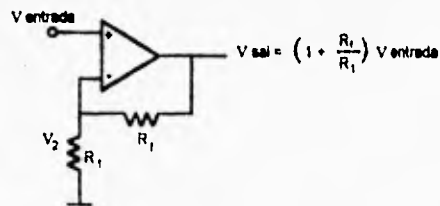
Teniendo el valor de R_x se puede obtener la temperatura con la formula (5.3):

$$T_2 = \frac{R_x - 100\Omega}{0.392 \Omega/\%C} \dots \dots \dots (5.3)$$

V.1.5 - Sensor de Humedad Relativa

El sensor que se utilizará para la medición de la humedad relativa es de tipo capacitivo. Como se puede observar en el Apéndice A (Humidity Probes Mod. 5120 E) el sensor necesita ser alimentado con 5 volts de DC y tiene como salida un voltaje de DC que va de 0 a 100 mV. Dada la condición de linealidad y considerándola como aceptable al estar dentro de las normas de la OMM, la relación entre porcentaje de humedad relativa y voltaje es directa, es decir, 0 mV corresponde a 0% de humedad y 100 mV corresponde a 100% de humedad. Con esto se tiene 1 mV por 1% de humedad relativa. Dado que el convertidor A/D sólo detecta cambios cada 4.88 mV (4.88mV/bit) se hace necesaria una etapa de acondicionamiento, que constará básicamente de un amplificador operacional.

El amplificador tendrá como finalidad proporcionar 5V (límite máximo en la entrada del convertidor) cuando se esté midiendo el 100% de humedad relativa, es decir, amplificar de 100mV a 5000mV. El circuito propuesto es el siguiente:



dada la relación de amplificación se determinan las resistencias involucradas:

$$\begin{aligned} V_{\text{entrada}} &= 100\text{mV} \\ V_{\text{salida}} &= 5000\text{ mV} \end{aligned}$$

$$\frac{V_{\text{salida}}}{V_{\text{entrada}}} - 1 = \frac{R_f}{R_1} \quad \text{Sustituyendo:} \quad \frac{5000}{100} - 1 = \frac{R_f}{R_1}$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 49 \quad , \quad R_f = R_1(49)$$

$$\text{Proponemos} \quad R_1 = 4.7\text{k}$$

$$\text{Por lo tanto} \quad R_f = 230.3\text{k} \quad (220\text{k} + \text{Potenciómetro de } 25\text{k})$$

Dada la etapa de acondicionamiento propuesta, la relación entre porcentaje de humedad y el número de bits (registrados por el convertidor A/D) será la siguiente:

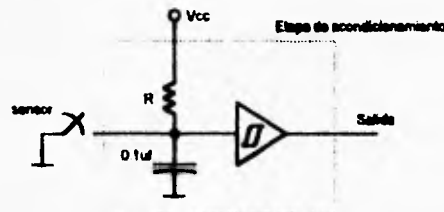
$$\%HR = \frac{\text{Número de bits}}{1024} 100 \%$$

V.1.6 - Sensor de Precipitación

El sensor de precipitación propuesto es del tipo balancín (Ver Capítulo I). Básicamente este sensor está formado por dos copas que colectan la precipitación. Se cierra un contacto cada vez que se ha llenado una de las copas. Este pulso se debe ir registrando en memoria para tener la relación de la cantidad de precipitación ocurrida. Como se puede ver en las especificaciones del sensor (Ver Apéndice A, Tipping bucket rain gauge, Mod. 6018 B) se producirá un pulso cada 0.25 mm de precipitación, teniendo de esta manera una relación proporcional entre el número de pulsos (bits) registrados y la cantidad de precipitación:

$$\text{Precipitación} = (0.25 \text{ mm/bit}) (\text{número de bits registrados})$$

Dado que el pulso se da por medio del contacto entre unas terminales de alambre y una gota de mercurio, se propone una etapa de acondicionamiento que pueda eliminar los posibles rebotes producidos por el balanceo.

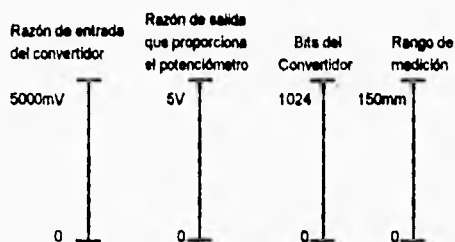


Como se puede observar se tendrán sólo dos niveles de voltaje a la salida de la etapa de acondicionamiento, y debido a que la compuerta de disparo es alimentada con 5 volts el voltaje máximo de salida será de 5 volts, razón por la cual no es necesario otro elemento limitador de voltaje.

V.1.7 - Sensor de Evaporación

El sensor de evaporación tiene como transductor un potenciómetro de 5 kohms. Tiene un rango de medición de 0 a 150 mm. Dadas las condiciones de linealidad (Ver Apéndice A, Evaporation Gauge, Mod. 6844-A) no es necesario hacer ajustes para cumplir con las normas de la organización meteorológica mundial.

Dado que el elemento transductor es un potenciómetro de 5Kohms, se puede poner directamente entre 0 y 5 Volts. De esta manera se tiene un divisor de voltaje que tendrá un rango de 0 a 5V. En base al rango de medición (Ver Apéndice A) se tendrá una relación directamente entre evaporación y el número de bits registrados por el convertidor A/D.



Por lo tanto:

$$\text{Evaporación} = \frac{\text{Número de bits registrados}}{1024 \text{ bits}} 150\text{mm}$$

La exactitud del sensor es 0.0015" (0,381 mm), se tienen hasta 400 divisiones (6"/.015"), por lo tanto las 1024 divisiones del convertidor A/D son suficientes para mantener la exactitud proporcionada por el sensor.

Al igual que el sensor de dirección de viento se considera no necesaria alguna etapa de acondicionamiento.

V.1.8 - Sensor de Presión

El elemento transductor en el sensor de presión propuesto es del tipo diafragma piezoresistivo. El sensor tiene un rango de 600 a 1100 mb y de acuerdo a las especificaciones del fabricante (Ver Apéndice A, Analog Output Barometer, Mod. 7105-A) se tiene un rango de salida de 2.9008 a 5.3167 Vdc. La sensibilidad del sensor es de 4.83 mV/mb. Como se puede observar se hace necesaria una etapa de amplificación puesto que el convertidor detecta cambios de 4.88 mV, y si se hiciera la relación directa se estaría aumentando el error en las mediciones.

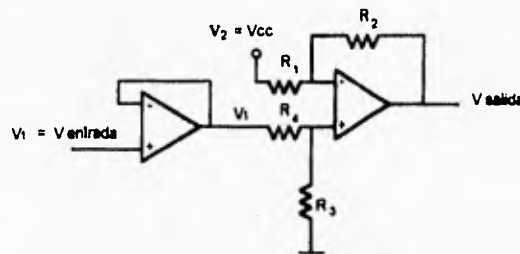
Para proponer una etapa de acondicionamiento para este sensor, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) El sensor proporciona un voltaje de salida máximo de 5.3167, el cual excede el voltaje máximo permitido en la entrada del convertidor.

2) La sensibilidad es de 4.83 mV/mb y el convertidor sólo detecta cambios hasta 4.88mV.

3 El sensor debe ser alimentado mínimo con 10.5 volts.

La etapa de acondicionamiento debe de restar, al voltaje proporcionado por el sensor, unos dos volts para no exceder el límite superior y debe de amplificar el voltaje de entrada. La etapa de acondicionamiento propuesta es la siguiente:



La impedancia de entrada en el segundo amplificador es baja por lo cual primero se utiliza un amplificador seguidor para acoplar impedancias. En este circuito:

$$V_S = \left(\frac{R_2 R_1}{R_3 + R_1} \right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2 R_1} \right) V_1 - \frac{R_2}{R_1} V_2$$

Para restarle a la entrada unos 2 Volts:

$$\frac{R_2}{R_1} 5 = 2 \quad R_2 = 0.4 R_1$$

Proponemos $R_1 = 3.3k$

Por lo tanto $R_2 = 1.32k\Omega$ (Potenciómetro de 1.5k Ω)

Para dar la amplificación requerida:

$$V_S = \left(\frac{R_2 R_1}{R_3 + R_1} \right) \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2 R_1} \right) V_1 \quad \rightarrow \quad \frac{V_S}{V_1} = \left(\frac{R_1}{R_3 + R_1} \right) (1.4)$$

$$\frac{4.88}{4.83} = \left(\frac{R_1}{R_3 + R_1} \right) (1.4) \quad \rightarrow \quad R_1 = R_3 \left(\frac{1 - 0.72209}{0.72209} \right)$$

Finalmente : $R_2 = 0.38485 R_1$
 Proponemos $R_2 = 1.5k\Omega$
 Por lo tanto $R_1 = 3.8975k\Omega$ (3.3k + Potenciometro de 1K)

Exactitudes de los sensores y normas de la OMM

En la tabla siguiente se muestra la exactitud obtenida con cada sensor propuesto y se compara con la exactitud que pide la OMM para mediciones terrenas y para estaciones automáticas (Ver Capítulo I):

Variable	Sensor propuesto	Exactitud Proporcionada	Exactitud requerida para mediciones terrenas	Exactitud requerida para estaciones automáticas
Velocidad del viento	Anemómetro	± 0.06704 m/s	± 0.5 m/s	± 2 m/s
Dirección del viento	Veleta	$\pm 2^\circ$	$\pm 10^\circ$	$\pm 20^\circ$
Radiación	Piranómetro	No obtenida		
Temperatura	Resistencia de Platino	± 0.1 °C	± 0.5 °C	± 1 °C
Humedad	Sensor de Humedad	$\pm 3\%$	$\pm 3\%$	$\pm 5\%$
Precipitación	Pluviómetro	$\pm 0.5\%$ a 5"/hr	$\pm 2\%$ para más de 10mm	$\pm 10\%$ para más de 5mm
Evaporación	Evaporímetro	± 0.38 mm	± 0.1 mm hasta 10mm	± 0.4 mm hasta 10mm
Presión	Barómetro	± 0.88 mb	± 0.3 mb	± 1 mb

Como se puede ver en la tabla anterior los sensores propuestos cumplen los requerimientos de una estación automática y también algunos requerimientos de una estación terrena donde la exactitud debe de ser mayor.

CAPITULO VI

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CAPITULO VI RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se llevaron a cabo varias etapas de desarrollo. Como primera parte se realizó un proceso de investigación sobre climatología y meteorología. En dicho proceso se encontraron los requerimientos que debe cumplir una estación climatológica automática tanto en las variables a medir como en los procedimientos de instalación y mantenimiento que se deben de tomar en cuenta. La mayor parte de la información obtenida fue de estaciones mecánicas, la información sobre estaciones automatizadas fue un poco menor.

Como segunda parte del desarrollo se visitaron instalaciones que cuentan con estaciones climatológicas o meteorológicas: Observatorio meteorológico nacional (Estaciones meteorológicas, climatológicas y un sistema automático integrado a una computadora), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan e instalaciones en la UNAM.

Una vez que se terminó la investigación sobre meteorología y climatología se realizó una investigación sobre los dispositivos electrónicos más adecuados para esta aplicación. Se investigaron microcontroladores, memorias de almacenamiento masivo, fotoceldas, baterías recargables, sistemas de comunicaciones a distancia y sensores de climatología.

Con la información recabada se decidió que el sistema estuviera formado por un módulo central y un módulo remoto (o más), esto con el propósito de poder implementar una red de estaciones climatológicas controladas por un nodo central. El nodo remoto es el encargado de recabar la información de las variables climatológicas y de enviar dicha información al nodo central, el nodo central es el encargado de procesar la información recibida.

En la tercera etapa se definió el hardware necesario, asimismo se definió cuales partes se iban a desarrollar, a comprar y a utilizar de desarrollos previos en el Instituto de Ingeniería. El hardware desarrollado fue la parte de control, se decidió utilizar un sistema basado en microcontrolador que contara con un medio de almacenamiento, un medio de comunicación serial, y una interfaz sencilla con el usuario (una pantalla y un teclado). Los sensores utilizados son del tipo comercial. El sistema de comunicación (radio o módem) empleado fue tomado de un proyecto previo del Instituto de Ingeniería, en ambos casos (los sensores y el radio) solamente se desarrollo el acoplamiento necesario para su integración con el sistema. Para el almacenamiento de la información se decidió comprar una memoria del tipo de tarjeta de crédito, para la cual se desarrolló la interfase de acoplamiento hacia el microcontrolador.

En el sistema de comunicaciones se propusieron tres opciones: la primera utiliza el puerto RS-232 del microcontrolador, necesitando solamente un circuito integrado para manejar los voltajes del estándar RS-232, la segunda opción emplea un módem para aumentar la distancia de transmisión, por lo cual se agregan un par de circuitos integrados uno para modular y el otro para demodular, la tercera opción emplea un radio con la finalidad de obtener grandes distancias y de prescindir de un cable físico entre las dos estaciones, en este caso se decidió utilizar un radio que ya había sido probado en un proyecto anterior del Instituto de Ingeniería y solamente se hizo la etapa de adecuación necesaria para emplear el radio.

La estación remota fue equipada con un teclado y una pantalla LCD con el fin de que el usuario pueda interactuar con el sistema (tomar las lecturas, calibrar los sensores, ajustar la fecha, la hora, etc.) sin que sea necesario emplear la estación central.

Para el sistema de alimentación de la estación remota se tiene como posibilidad la alimentación por línea comercial, por batería y por panel solar. Se diseñó un cargador de batería y una etapa de control para manejar los paneles solares. Se diseñaron dos fuentes conmutadas de bajo consumo, encontrándose que el ruido que generan podría causar problemas al sensor de radiación: El voltaje que genera este sensor es de microvolts y el ruido de las fuentes puede afectar las mediciones.

Paralelamente al hardware se desarrolló el software de control en la estación remota y el software de la estación central.

En la estación central se empleó una computadora compatible IBM, en la cual se agregó un drive comercial para la lectura de la memoria de almacenamiento tipo tarjeta de crédito. Se desarrolló el software con capacidad de comunicarse con las estaciones remotas, leer la memoria tipo tarjeta de crédito y realizar el procesamiento de la información obtenida.

Una vez finalizadas las pruebas con el hardware y el software de la estación remota, se procedió al diseño y fabricación del circuito impreso.

Como parte final se realizaron pruebas simulando fallas como la ruptura de la comunicación entre la estación central y la estación remota, la ocurrencia de un reset en la estación remota, la ausencia de la memoria de almacenamiento en la estación central, etc.

Se sugiere agregar en un futuro un editor de las ecuaciones empleadas para hacer más fácil la adaptación de otros sensores.

Una estación climatológica automática será aceptada en la medida en la que no tan sólo se tenga un eficiente sistema de adquisición de datos sino que además se tenga un eficiente procesamiento de los mismos para llegar a la información.

CONCLUSIONES

Basándonos en el trabajo de investigación realizado, se puede decir que el sistema cumple con los requerimientos planteados en los objetivos del mismo, pero debe ir evolucionando para hacerse más confiable, amigable y útil en las aplicaciones de climatología.

Tiene la característica de que está hecha a la medida para la aplicación meteorológica, con la gran ventaja de que al ser un desarrollo con tecnología mexicana puede ser adaptada para otras aplicaciones, diferentes de la meteorología.

Comparada con otros sistemas de tipo comercial la estación climatológica desarrollada es de un costo menor, lo que la hace competitiva en el mercado mexicano.

La estación climatológica incorpora técnicas novedosas de registro de datos en tarjetas de memoria RAM de estado sólido, comparables en tamaño a una tarjeta de crédito, de gran capacidad de almacenamiento de datos.

Es una estación que con un costo relativamente bajo puede ser utilizada tanto como estación fija o como estación móvil, lo que aumenta de manera significativa su utilidad.

Es una estación que puede trabajar de manera automática por largos periodos, requiriéndose un mantenimiento mínimo. Proporcionando un procesamiento más rápido, más seguro y económico.

La estación cuenta con un software completo para el procesamiento de la información y "amigable" para el usuario.

Se sugiere poner el sistema a trabajar durante varios meses para validar las mediciones obtenidas y para encontrar los puntos donde sea necesario reforzar el sistema.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Atkinson, Lee y Atkinson, Mark.- *Using Borland C++ 3*. Editorial QUE.
 - Barkakati, Naba.- *Turbo C++ The Bible*. The waite group's. SAMS.
 - Ferrel G. Stremier.- *Sistemas de Comunicación*. Edit. Alfa Omega/Fondo Educativo Interamericano.
 - Gómez Morales S., Benjamin y Arteaga Ramírez, Ramón.- *Elementos Básicos para el Manejo de Instrumental Meteorológico*. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México.
 - González Sainz, Nestor.- *Comunicaciones y redes de procesamiento de datos*. McGraw Hill
 - Lasnier, France y Gan Ang, Tony.- *Photovoltaic Engineering Handbook*. Edit. Adam Hilger, Bristol and New York.
 - Spragins, Hammond.- *Telecommunications protocols and design*. Edit. Addison-Wesley.
 - Wayne Tomasi.- *Electronic Communication System, Fundamentals through Advanced*. Edit. Regents/Prentice Hall.
 - Williams, Arthur B.- *Microprocesadores, dispositivos periféricos, optoelectrónicos y de interfaz*. Edit McGrawHill.
 - *AND, LED and LCD Products*. Display Products Catalog 1990. William J. Rurdy Company.
 - *Data Transmisión and Control circuits, Peripheral. Drivers/Power Actuators Display Drivers*. Data Book. Interface Circuits. Texas Instrument.
 - *Interconexión de periféricos a microprocesadores*. Serie Mundo Electrónico. Publicaciones Marcombo S.A.
 - *Guide to Meteorological Instrument and observing practices*. WMO (World Meteorological Organization). No 8, T.P.-3.
-

APENDICE A

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS
SENSORES PROPUESTOS**

MICRO RESPONSE ANEMOMETER



The Model 2030 Micro Response Anemometer is a highly responsive and rugged 3-cup anemometer designed to measure very low wind speeds (0.5 mph threshold). It is constructed entirely of stainless steel and anodized aluminum to resist corrosive environments. Like its wind vane counterpart, the micro response anemometer has an aerodynamically shaped body and utilizes a labyrinth to prevent dust and water from

reaching the bearings.

Rotation of the main shaft by the cup assembly moves a slotted disc through a photon beam, which is generated by a long-life infrared LED. The interruption of the beam causes a pulse output with a frequency proportional to wind speed. The photon-coupled chopper is mounted on the connector and can be removed from the body simply by removing the connector.

Two other types of micro response anemometers are similar in construction but utilize different transducers. The Model 2031 utilizes a DC generator to produce a DC voltage proportional to wind speed. The main shaft couples the cup assembly directly to the generator. Output is approximately 7.0 mV/mph. The Model 2032 employs a normally open reed switch. A bar magnet attached to the main shaft causes two closures of a reed switch per revolution. The frequency of closures is thus proportional to wind speed.

HEATERS

Optional heaters are available for use in cold climates to minimize freezing of vane and anemometer shafts. The heater assembly, Model 20201, mounts between the top and bottom sections of the sensor body. It consists of a solid block of aluminum with a machined cavity containing a 20-watt heater. The block acts as a heat sink, and the heater raises the block's temperature 20°C above the ambient temperature. Environmental connectors are supplied with the heater. An optional thermostat is available.

SPECIFICATIONS

MICRO RESPONSE ANEMOMETER

SENSOR: 3-cup assembly, stainless steel, 2" diameter cups

TRANSDUCER: Model 2030, light chopper
Model 2031, DC generator
Model 2032, reed switch

EXCITATION, MODEL 2030: 25 mA, ± 12 VDC

LIGHT SOURCE, MODEL 2030: LED

OUTPUT: Model 2030, 30 pulses/revolution, 900 Hz at 88.8 mph
Model 2031, approx. 7.0 mV/imp
Model 2032, 2 contacts/revolution, 60 Hz at 88.8 mph

RANGE: 0-100 mph (0-45 m/s)

ACCURACY: ± 0.15 mph or $\pm 1\%$

THRESHOLD: Models 2030, 2032, 0.5 mph (0.22 m/s)
Model 2031, 1 mph (0.45 m/s)

DISTANCE CONSTANT: 5' (1.5 m)

OPERATING TEMPERATURE: -40° to $+60^{\circ}$ C

MATERIALS: Stainless steel and anodized aluminum

SIZE: Body: 12" H x 2.75" dia (305 x 70 mm)
Turning radius: 2.8" (97 mm)

MOUNTING: direct to 2023 crossarms or with adapter to 1" (25 mm) O.D. mast

WEIGHT/SHIPPING: 2.5 lbs / 1.1 kg / 3.2 kg

HEATER

HEATING CAPABILITY: To approx. 20°C above ambient temperature at 0 wind speed

CONTROL: Optional Model 1068 thermostat

INPUT VOLTAGE: Model 20201, 115 Vac, 50-60 Hz
Model 20201-A, 230 Vac, 50-60 Hz

SIZE: 2.64" dia. x 1.5" H (67 x 38 mm)

WEIGHT/SHIPPING: 1 lb / 2 lbs (0.4 kg / 0.9 kg)

MICRO RESPONSE ANEMOMETER

ORDERING INFORMATION

2030 MICRO RESPONSE ANEMOMETER, light chopper

2031 MICRO RESPONSE ANEMOMETER, DC generator

2032 MICRO RESPONSE ANEMOMETER, reed switch

2023 CROSSARM for mounting two micro response wind sensors to 1" (25 mm) O.D. mast

20231 MAST ADAPTER to mount one micro response wind sensor to 1" (25 mm) O.D. mast

20201 SENSOR HEATER ASSEMBLY, 115 Vac

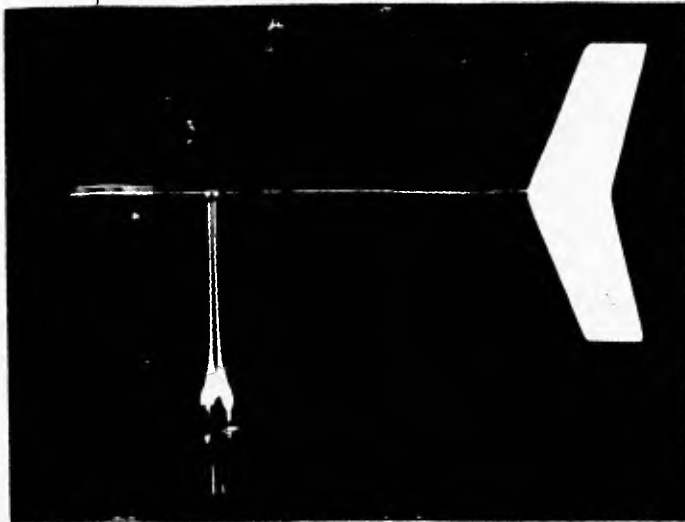
20201-A SENSOR HEATER ASSEMBLY, 230 Vac

1068-1 THERMOSTAT CONTROL for sensor heater: one thermostat required for any number of heaters; requires junction box

1600502 CABLE, 2-conductor, 20 AWG shielded for 2031 or 2032

1600504 CABLE, 4-conductor, 20 AWG shielded for 2030

MICRO RESPONSE VANE



The Model 2020 Micro Response Vane is a highly reliable, low threshold wind direction sensor. It responds to winds as low as 0.5 MPH. The machined aluminum body is aerodynamically shaped to combat sensor-induced turbulence. A labyrinth beneath the vane assembly prevents water and dust particles from reaching the sealed bearings at the top of the shaft. The reinforced, lightweight foam tail has a butyrate skin and a stainless steel counterweight.

As the vane turns, it rotates a stainless steel shaft held in place with instrument-grade bearings. A waterproof conductive plastic potentiometer is coupled to the base of the shaft.

This potentiometer has excellent linearity. Very low torque (0.15 inch ounces) is required to move the wiper. The use of a single wiper doubles the life expectancy of the potentiometer compared to the dual-wiper potentiometers. Electronic switching inside the signal conditioning module provides an output range of 0° to 540°.

The Model 2023 crossarm is recommended for mounting the vane in conjunction with the micro response anemometer. A mast adapter is available for mounting either sensor alone on a 1-inch (25mm) O.D. mast. Fixed keying of the sensor bodies makes orientation necessary one time only.

SPECIFICATIONS

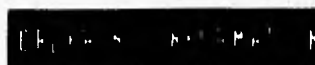
MICRO RESPONSE VANE

MICRO RESPONSE VANE

SENSOR: Counterbalanced tail
TRANSDUCER: 5K-ohm potentiometer, single wiper
EXCITATION: 1 mA @ 5VDC
RANGE: 0-360° or 0-540°
ACCURACY: ± 2°, 5° deadband at North
RESOLUTION: <1°
POTENTIOMETER LINEARITY: 0.5%
THRESHOLD: 0.5 mph (0.22 m/s)
DAMPING RATIO: 0.4
DELAY DISTANCE: 3.5' (1.1m)
OPERATING TEMPERATURE: -40° to +60°C
MATERIALS: Aluminum body with foam tail
SIZE: Body: 12" H x 2.75" dia (305 x 70 mm)
Turning radius: 18" (457 mm)
MOUNTING: Direct to 2023 crossarm or with adapter to 1" (25 mm) O.D. mast
WEIGHT/SHIPPING: 2.5 lbs/7lbs (1.1 kg/3.2 kg)

CROSS ARM

SIZE: 48" W x 6" H x 1" square (1219 x 152 x 25mm)
MOUNTING: 1" (25mm) O.D. mast
WEIGHT/SHIPPING: 3.5 lbs/5 lbs (1.6 kg/2.3 kg)



- 2020** MICRO RESPONSE VANE
- 2023** CROSS ARM for mounting Two Micro Response Wind Sensors to 1" (25mm) O.D. Mast
- 2-231** MAST ADAPTOR to mount one Micro Response Wind Sensor to 1" (25mm) O.D. Mast
- 2-201** SENSOR HEATER ASSEMBLY, 230 Vac
- 2-001** SENSOR HEATER ASSEMBLY, 230 Vac
- 1068** THERMOSTAT CONTROL FOR SENSOR HEATER One Thermostat required for any number of Heaters required junction box
- T600503** CABLE, 3 Conductor, 20 AWG

STAR PYRANOMETER



The Model 3020 Star Pyranometer is a basic instrument for measuring direct and diffuse solar radiation (global radiation). The sensing element is composed of 12 wedge-shaped, thin copper sectors arranged radially, 6 white alternating with 6 black. Six chromel-constantan thermocouples are embedded in

each sector to produce a 72-junction thermopile. Output from the thermopile is approximately $15 \mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$.

The white sectors of the sensing area are painted with a Kodak paint that yields an almost perfect reflective surface. The black sectors are painted a highly absorbent flat black. When the sensor is exposed to solar radiation, a temperature difference is created between the black and white sectors. This temperature difference is proportional to the radiation intensity.

The windshield protecting the sensor is a 2.75" diameter, polished crystal glass dome which admits electromagnetic radiation between 0.3 and 3 microns. The highly reflective outer surface, along with the mass of the case, keeps the case interior at ambient temperature. Instrument leveling is accomplished by means of a bull's-eye level and three leveling feet.

SPECIFICATIONS

STAR PYRANOMETER

SPECTRAL RANGE: 0.3 to 3 microns
SENSITIVITY: Approx 15 μ V/W/m² (10.5 mV/lj/min)
SENSING ELEMENT: 6 black and 6 white copper segments with 6 thermocouples each
THERMOPILE: 72-junction chromel-constantan
IMPEDANCE: Approx 30 ohms
LINEARITY: \pm 1% between approx 80 and 1340 W/m²
TIME CONSTANT: 4 seconds
COSINE RESPONSE: \pm 1% from 0° to 60° zenith angle, \pm 3% from 60° to 80°
TEMPERATURE COEFFICIENT: \pm 0.03%/°C
DOMES: Schott glass
DOMES THICKNESS: 2mm, \pm 0.1 mm
LEVELING: Bull's-eye level and 3 adjustable feet
SIZE: 6.25" dia x 3.6" H (159 x 90 mm)
WEIGHT/SHIPPING: 1.9 lbs/6 lbs (0.8 kg/2.7 kg)



- 1020 **STAR PYRANOMETER**
- 1017b **MAST ADAPTER** with 6' boom for mounting 3020 to Model 8500 tripod tower
- 10318 A **MAST ADAPTER** without boom for mounting 3020 to 1.05" O.D. mounting stub
- 10110 **MAST, 5'** with Mounting Adapter
- 10116 **SHADOW RING**
- 1038804 **SPARE PARTS KIT**, including O-ring and 4 oz. silica gel
- 100091 **CABLE**, 2-conductor, 20 AWG shielded

TEMPERATURE PROBES



Several different types of Temperature Probes are available for air temperature measurements. The most commonly used probe, Model 4480-A incorporates a precision composite thermistor that produces a linear output voltage which is proportional to the range of temperature. The Model 4480 features a 3-element composite, with a measuring range of -50° to $+50^{\circ}$ C. The Model 4470-A probe utilizes a platinum element. It has an accuracy of $\pm 0.1^{\circ}$ C and a measuring range of -50° to $+100^{\circ}$ C. Other probes are available for special measurements. Model 4485 includes water-proofing features for underwater and soil temperature use. Model 4482 incorporates the same probe, but it also includes hardware to mount it in a Model 6821 evaporation pan.

SPECIFICATIONS

SENSOR ELEMENT: Model 4470-A: 100-ohm platinum wire, (American curve, $\alpha = 0.00392$)

MODELS 4480, 4482, 4485: 3-element composite thermistor

RANGE: Model 4470-A: -50° to +100° C

MODELS 4480, 4482, 4485: -50° to +50° C

ACCURACY: Model 4470-A: $\pm 0.1^\circ\text{C}$
Models 4480, 4482, 4485: $\pm 0.2^\circ\text{C}$

TIME CONSTANT:

Model 4470-A: 15 seconds

Models 4480, 4482, 4485: 15 seconds

SIZE: Model 4470-A: 0.4" dia x 6" L (10 x 152 mm)

Models 4480: 0.43" dia x 5.25" L (11 x 133 mm)

Model 4482: 2" W x 8.5" L (51 x 216 mm)

Model 4485: 0.5" dia x 3.2" L (13 x 80 mm)

* Maximum sensor error at any temperature is the sum of the thermistor accuracy and interchangeability, the linearity deviation, and the uncertainty due to fixed resistor tolerance.

TEMPERATURE PROBES

ORDERING INFORMATION

4470-A

AIR TEMPERATURE PROBE, platinum resistance element includes 5' cable

4480-A

AIR TEMPERATURE PROBE, 3-element thermistor; includes 5' cable

4480-C

AIR TEMPERATURE PROBE, same as 4480-A except includes 30' cable

4482

UNDERWATER TEMPERATURE PROBE, includes mounting hardware for evaporation pan and 50' cable

4485

SOIL/WATER TEMPERATURE PROBE, includes 50' cable

T800504

CABLE for Model 4480, as well as Model 4470-A when connected to a signal conditioning module, 4-conductor, 20 AWG shielded

T800754

CABLE for Models 4482 and 4485, 4-conductor, 18 AWG neoprene

HUMIDITY PROBES



The Qualimetrics Humidity Probes feature an improved design to provide highly accurate and rapid measurements. The humidity sensor is a thin film capacitor element. A dielectric polymer layer absorbs water molecules from the air through a thin metal electrode, and this causes a capacitance change proportional to relative humidity. The response is essentially linear and independent of temperature. A sintered filter is provided with each probe to protect the sensor element against dirt, atmospheric pollutants, and water condensation. The element has a plug-in construction, so it may be easily replaced when necessary.

A solid state electronic circuit is built into each probe to produce a 0 to 100 mV output signal corresponding to relative humidity values of 0 to 100%. The output is single-ended, eliminating the differential amplifier required by other humidity probes. The electronics include a clamping circuit to prevent readings of greater than 100% RH. Accuracy is $\pm 2\%$ be-

tween 0 and 80% RH. Probe response time is 10 seconds. The operating temperature range is -40° to $+80^{\circ}$ C.

These versatile, portable probes are most commonly used to measure ambient humidity for input to a data acquisition system. Mounting is provided by a radiation shield. Two probe types are available. The Model 5120-D requires a precisely regulated 3.6 Vdc input voltage for sensor excitation. (This is provided by standard Qualimetrics signal conditioning modules.) The Model 5120-E accepts a wider range of excitation voltages, from 5 to 20 Vdc. A 6-foot length of signal cable is included with each probe.

Two combination humidity/temperature probes are available. The Model 5129-D requires a precisely regulated 3.6 Vdc input voltage for sensor excitation. The Model 5129-E accepts a wider range of excitation voltages from 5-20 Vdc. A 6-foot length of signal cable is included with each probe.

SPECIFICATIONS

HUMIDITY PROBES

MODELS 5120-D AND 5120-E

SENSING ELEMENT: Thin film capacitor

MEASURING RANGE: 0-100% RH

OUTPUT: 0-100 mV

ACCURACY (AT 20°C): ±2% between 0% and 80% RH; ±3% between 80% and 100% RH

RESPONSE TIME: 10 seconds between 5 and 90% RH

LINEARITY: ±2%

HYSTERESIS: < ±1% between 5 and 90% RH

TEMPERATURE COEFFICIENT: approx 0.05% RH per °C

OPERATING TEMPERATURE: 40° to +80°C

EXCITATION VOLTAGE: Model 5120-D: 3.6 Vdc regulated
Model 5120-E: 5-20 Vdc

POWER CONSUMPTION: Nominal: 15 mW

SIZE: 0.75" dia x 8.5" L (19 x 216 mm)

WEIGHT/SHIPPING: 0.5 lb/1 lb (0.2 kg/0.4 kg)

MODELS 5129-D AND 5129-E

(Humidity specifications same as above)

TEMPERATURE COEFFICIENT: Element composite: near thermistor

MEASURING RANGE: 50° to +50°C

ACCURACY: ±0.10°C

LINEARITY DEVIATION: ±0.08°C

INPUT VOLTAGE: Model 5129-D: 3.60 Vdc regulated
Model 5129-E requires 5-20 Vdc

SIZE: 0.75" dia x 8.5" L (19 x 216 mm)

WEIGHT/SHIPPING: 0.5 lb/1 lb

ORDERING INFORMATION

5120-D

PORTABLE HUMIDITY PROBE. 3.6 Vdc regulated input voltage; includes 51140 sintered filter and 6' cable

5120-E

PORTABLE HUMIDITY PROBE. 5-20 Vdc input voltage; includes 51140 sintered filter and 6' cable

5129-D

HUMIDITY/TEMPERATURE PROBE. 3.6 Vdc regulated input voltage; includes 51140 sintered filter and 6' cable

5129-E

HUMIDITY/TEMPERATURE PROBE. 5-20 Vdc input voltage; includes 51140 sintered filter and 6' cable

51140

SINTERED FILTER. 40 micron

TIPPING BUCKET RAIN GAUGE



Tipping Bucket Rain Gauges from Qualimetrics are standard precision instruments for measuring rainfall volume and/or rate. Rain enters the gauge through a large funnel, the rim of which is protected by a metal ring to prevent distortion. Collected water passes through a debris-filtering screen and is funnelled into one of two tipping buckets inside the gauge. The bucket tips

when a given amount of water has been collected; the amount is determined by gauge calibration. As the bucket tips, it causes a 0.1-second switch closure. The tip also brings a second bucket into position under the funnel, ready to fill and repeat the cycle. After the rain water is measured, it drains out through tubes in the base of the gauge; the drain holes are covered by screens to prevent insect entry.

Two types of gauges are available. The 6011 Series gauges have an orifice diameter of approximately 8 inches and a resolution of either 0.01 inch (Model 6011-A) or 0.1 mm (Model 6011-B). The 6018 Series gauges feature a collection funnel 12 inches in diameter. This size provides the maximum sampling area, resulting in improved catch. These gauges can be calibrated to a resolution of 0.01 inch (Model 6018-A), 0.25mm (Model 6018-B), or 1 mm (Model 6018-C). Both gauge types utilize a mercury-wetted reed switch. The mercury wetting prevents the arcing that is common with reed switches and provides a better electrical contact.

All Qualimetrics rain gauges are designed for many years of accurate, trouble-free operation. They utilize all metal construction, including aluminum, nickel-plated brass, and stainless steel. The built-in level and pre-drilled feet aid in proper installation. Measurement accuracy is $\pm 0.5\%$ at a precipitation rate of 0.5 inch per hour. A Model 6410 wind screen is highly recommended to improve the catch in windy areas.

SPECIFICATIONS

SENSOR TYPE: Tipping bucket
OUTPUT: 0.1-second switch closure
SWITCH: Form A reed, mercury-wetted
SENSITIVITY: Model 6011-A: 1 tip per 0.01"
Model 6011-B: 1 tip per 0.1 mm
ACCURACY: $\pm 0.5\%$ at 0.5"/hr
COLLECTOR ORIFICE: 8.214" diameter (209 mm)
SIZE: 8.25" dia x 17.5" H (210 x 445 mm)
WEIGHT/SHIPPING: 8 lbs/15 lbs (3.6 kg/6.8 kg)

TIPPING BUCKET RAIN GAUGE

6011 A

TIPPING BUCKET RAIN GAUGE.
0.01"/tip

6011 B

TIPPING BUCKET RAIN GAUGE.
same as 6011-A except 0.1 mm/tip

6011 C

12" TIPPING BUCKET RAIN GAUGE.
0.01" tip

6018 B

12" TIPPING BUCKET RAIN GAUGE.
same as 6018-A except 0.25mm tip

6018 C

12" TIPPING BUCKET RAIN GAUGE.
same as 6018-A except 1mm tip

6410

**PRECIPITATION GAUGE WIND
SCREEN**

1600507

CABLE to connect rain gauge to
output device; 2-conductor, 20
AWG shielded

64101

EXTENDED LEGS for 6410

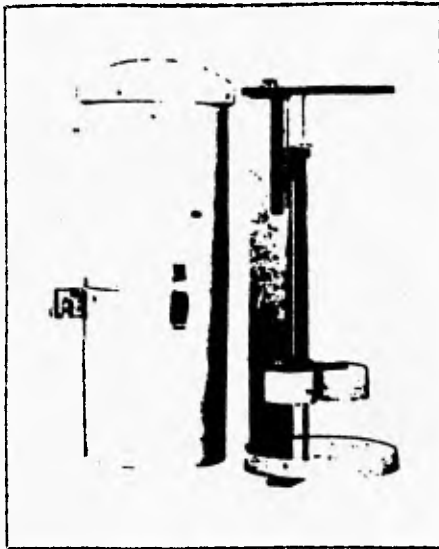
64102

FLANGE MOUNTING FEET for 6410

EVAPORATION



Evaporation Gauge



- ✓ High accuracy and resolution
- ✓ Analog output
- ✓ Corrosion-resistant materials

The Model 6844-A Evaporation Gauge measures the water level in a standard evaporation pan and provides an output proportional to that level. The gauge employs a unique balanced sensor assembly to allow high resolution and simple data collection without tedious hook gauge readings and time-consuming, frequent visits to the evaporation site.

The sensor assembly includes three polypropylene floats which rise and fall with the water level in the evaporation pan. The movement of the floats is transferred to a 5K-ohm potentiometer by means of a rack and gear assembly. The mechanism is designed to eliminate backlash. The output range is 0 to 6 inches (0 to 150 mm), with a measuring accuracy of ± 0.015 inches. Movement of the float assembly also moves a pointer over an indicating scale for convenient water level checks and comparison to output device readings. The scale is graduated in english units on one side and metric units on the other.

The 6844-A is built completely from corrosion resistant materials. The base and main support are stainless steel. The float carrier is guided by teflon bearings on stainless steel shafts. Rotation of the carrier is prevented by two teflon rollers. No part of the moving mechanism, with the exception of the three floats, contacts the water at any time. A stainless steel stillwell with an ABS plastic cap covers the entire sensor assembly, protecting it and preventing false readings due to wind or rain. The stillwell includes a stainless steel clamp to attach the gauge to the side of the evaporation pan. The gauge also has a bubble level and two leveling screws to assist in proper installation.

The potentiometer output can be input directly to a data acquisition system. Alternatively, it can be input to a signal conditioning module. If redundant recording is required, a gauge that includes both a potentiometer and a recorder is available. In this version, Model 6848-A, the scale and pointer are supplemented by a clock drum and pen arm. See page 84.

Specifications

- Sensor: 3-float assembly on vertical guide rods
- Transducer: 5K-ohm potentiometer
- Range: 0-6" (0-150 mm)
- Resolution: infinite
- Accuracy: ± 0.015" (with clean guide rods)
- Potentiometer linearity: ± 0.5%
- Cable: 3-conductor shielded, 50' provided
- Size:
 - Sensor assembly: 7.75" dia x 21" H (197 x 533 mm)
 - Stillwell: 9" dia x 24" H (229 x 610 mm)
- Weight/shipping: 15 lbs/20 lbs (6.8 kg/9.1 kg)

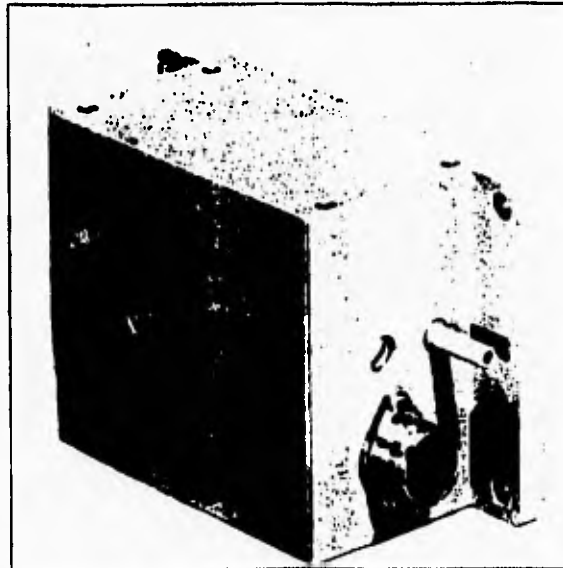
Note: Signal conditioning available for standard voltage and current outputs.

Ordering Information

- 6844-A Evaporation Gauge; includes 50' of cable
- T0892A3 Additional Cable, 3-conductor, 20 AWG shielded

PRESSURE

Analog Output Barometer



- ✓ Wide measurement range
- ✓ Solid-state sensor
- ✓ Continuous or periodic operation
- ✓ Rugged case

The Model 7105-A Analog Output Barometer uses a piezoresistive sensor element to measure atmospheric pressure. A diaphragm with implanted resistors responds to the pressure, and built-in integrated circuits provide signal conditioning, amplification, temperature compensation, and voltage regulation. The sensor output is a linear voltage (2.9008 to 5.3167 Vdc) proportional to pressure. Laser trimming of the sensor components provides close control of important parameters, including hysteresis, repeatability, and long-term stability. The measuring range of the 7105-A is from 600 to 1100 mb. This wide range allows it to be used from sea level to 14,000 feet elevation.

The sensor requires dc voltage excitation, and it is well-suited to remote applications such as automatic weather stations. Continuous or periodic operation may be selected by a jumper wire. In the periodic mode, designed for automatic weather station use, the data acquisition system is programmed to turn on the power to the sensor (via a control line) just before measurement, thus conserving system power.

The 7105-A features a rugged aluminum case. It is designed to be bolted onto a panel or surface and includes mounting hardware. The barometer is not sensitive to direction and can be mounted in any position. If the unit is installed outdoors, it should be installed in

an enclosure and the operating temperature of -10° to 50°C needs to be noted. A hose barb is provided for remote sensing of outdoor pressure if the sensor is installed in a tightly sealed building. The maximum cable length cannot exceed 25 feet. No maintenance is required.

Specifications

Sensor: piezoresistive diaphragm
 Range: 600 to 1100 mb
 Output: 2.9008 to 5.3167 Vdc
 Sensitivity: 4.83 mV/mb
 Accuracy: ± 0.88 mb
 Resolution: infinite
 Operating elevation: sea level to 14,000' (4,267 m)
 Operating temperature: -10° to +50°C
 Input voltage: nominal 12 Vdc (10.5 to 24 Vdc)
 Power consumption: 0.18 VA
 Size: 4.5" L x 3.1" W x 2.1" D (114 x 79 x 54 mm)
 Weight/shipping: 0.5 lbs/1.5 lbs (0.2 kg/0.7 kg)

Ordering Information

7105-A Analog Output Barometer; includes 10' of cable
 T000003 Cable, 3-conductor, 20 AWG shielded; to connect 7105-A to signal conditioning module (25' max)
 T000004 Cable, 4-conductor, 20 AWG shielded; to connect 7105-A to data acquisition system (25' max)
 T700000 Vinyl Tubing, 0.25" i.d.; for remote pressure sensing

APENDICE B

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE LOS
CIRCUITOS:**

MAX232

DISPLAY AND491

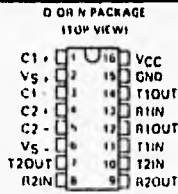
RTC MM58274

MICROCONTROLADOR MC80C552

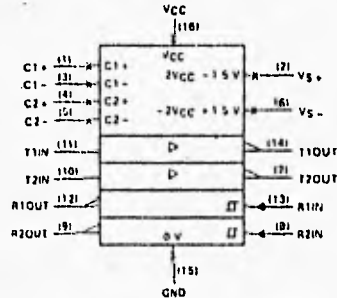
MAX232
DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

D3120 (FEBRUARY 1989) REVISED JUNE 1989

- Operates with Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typ
- Meets ANSI/EIA-232-D-1986 Specifications (Revision of EIA Standard RS-232-C)
- Designed to be Interchangeable with Maxim MAX232
- Applications
 - EIA-232 Interface
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers



logic symbol



*This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

description

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Input supply voltage, VCC (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage, VS+	VCC -0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage, VS-	0.3 V to -15 V
Input voltage range: Driver	-0.3 V to VCC + 0.3 V
Receiver	±30 V
Output voltage range: T1OUT, T2OUT	VS- - 0.3 V to VS+ + 0.3 V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to VCC + 0.3 V
Short-circuit duration: VS+	30 s
VS-	30 s
T1OUT, T2OUT	unlimited
Operating free-air temperature range	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA documents contain information concerning the product's status. Products subject to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



Copyright © 1989, Texas Instruments Incorporated

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232
DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

recommended operating conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH} (T1IN, T2IN)	2			V
Low-level input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)			0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN			±30	V
Operating free-air temperature, T_A	0		70	°C

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ¹	MAX	UNIT
V_{OH} High-level output voltage	T1OUT, T2OUT $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to GND	5	7		V
	R1OUT, R2OUT $I_{OH} = -1 \text{ mA}$	3.5			V
V_{OL} Low-level output voltage ²	T1OUT, T2OUT $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to GND		-7	-5	V
	R1OUT, R2OUT $I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$			0.4	V
V_{T+} Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		1.7	2.4	V
V_{T-} Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		0.8	1.2	V
V_{HY} Input hysteresis	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}$	0.2	0.5	1	k Ω
r_i Receiver input resistance	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	3	5	7	k Ω
r_o Output resistance	T1OUT, T2OUT $V_S = V_S - 0, V_O = \pm 2 \text{ V}$		300		Ω
I_{OC}^3 Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT $V_{CC} = 5.5 \text{ V}, V_O = 0$		± 10		mA
I_{SQ}^3 Short-circuit input current	T1IN, T2IN $V_I = 0$			200	mA
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5.5 \text{ V}$, All outputs open, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8	10	mA

¹All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.
²The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
³Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{PLH(R)}$ Receiver propagation delay time, low to high-level output	See Figure 2		500		ns
$t_{PHL(R)}$ Receiver propagation delay time, high to low-level output	See Figure 2		500		ns
S_R Driver slew rate	$R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to 7 k Ω ; See Figure 3			30	V/ μs
$S_{P(T)}$ Driver transition region slew rate	See Figure 4		3		V/ μs

MAX232
DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

TYPICAL APPLICATION DATA

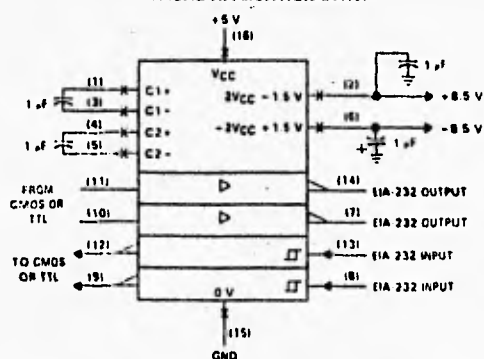


FIGURE 1. TYPICAL OPERATING CIRCUIT

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

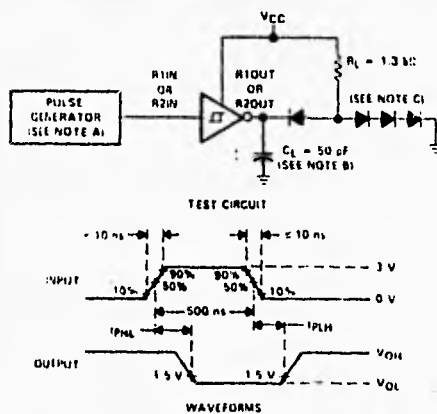
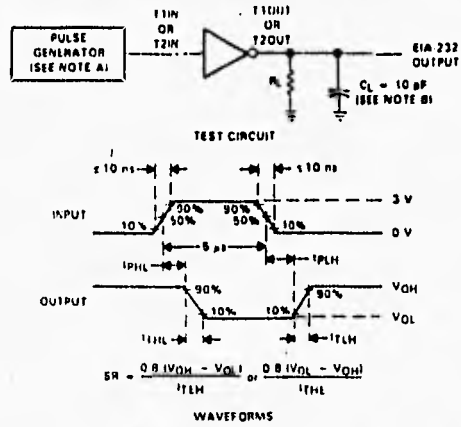


FIGURE 2. RECEIVER TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS FOR tPHL AND tPLH MEASUREMENT

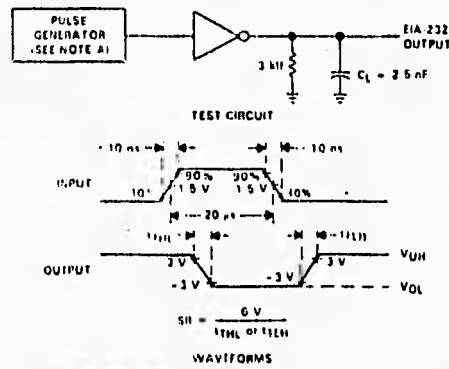
MAX232
DUAL EIA-232 DRIVER/RECEIVER

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_{OUT} = 50 \Omega$; Duty Cycle $\leq 50\%$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

FIGURE 3. DRIVER TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS FOR I_{PHL} AND I_{PLH} MEASUREMENT (5- μ s INPUT)



NOTE: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_{OUT} = 50 \Omega$; Duty Cycle $\leq 50\%$.

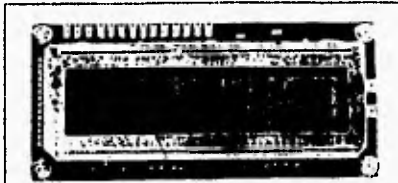
FIGURE 4. TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS FOR t_{THL} AND t_{TLH} MEASUREMENT (20- μ s INPUT)



LCD Dot Matrix Modules

16 CHARACTERS x 2 LINES

AND491

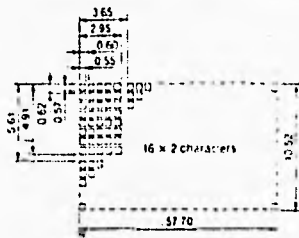


The AND491 is a compact LCD module having a dot matrix LCD panel, a controller and driver circuit. This module can display 160 kinds of alphabets, numerals, symbols and "Kana" letters, as well as 8 custom characters.

FEATURES

- Compact, integrated display module.
- High contrast, clear display with large characters
- Low voltage, +5V single power supply
- Wide operating temperature range (0°C to +50°C)
- 5 x 7 dot character format and cursor line.
- Built-in control LSI with display RAM and character generator ROM
- Direct interface to 4 or 8 bit CPU
- 11 commands for control
- EL backlightable module is available as an option

Dot Matrix Dimensions (in millimeters)



Mechanical Characteristics

Item	Specification	Unit
Outline Dimension	80W x 36H x 12D	mm
Character Size	2.95W x 0.62H	mm
Number of Characters	16 x 2 (32) Characters (5 x 7 font - cursor)	—
Viewing Area	64.5W x 15H	mm
Bezel Opening	64.5W x 15H	mm
Dot Size	0.55W x 0.57H	mm
Dot Pitch	0.6W x 0.62H	mm
Viewing	40° to 70°	°/mm

Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	V _{DD}	7	V
Input Voltage	V _{IN}	0 ≤ V _{IN} ≤ V _{DD}	V
Operating Temperature	T _{OP}	0 to +50	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-20 to +70	°C

Electrical Characteristics (T_A = 25°C)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	V _{DD}	4.75	5.0	5.25	V
	GND	—	0	—	—
"H" Level Input Voltage (V _{IN} = 5.0V)	V _{IH}	2.2	—	—	V
"L" Level Input Voltage (I _{IN} = 0.2 mA)	V _{IL}	—	—	0.6	V
"H" Level Output Voltage (I _{OH} = 1.2 mA)	V _{OH}	—	—	0.4	V
Power Consumption	P _D	—	10	—	mW

Optical Characteristics (T_A = 25°C, θ = 25°C, θ = 0°)

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing Angle	θ	10	25	40	degree
Contrast	K	—	3.0	—	—
Turn On Time	t _{ON}	—	200	400	ms
Turn Off Time	t _{OFF}	—	250	400	ms

Note: Refer to Applications Section for the following definitions: (a) & (b) Viewing Angle, (c) Contrast, (d) Turn On and Turn Off Time

Connector Pin Assignment

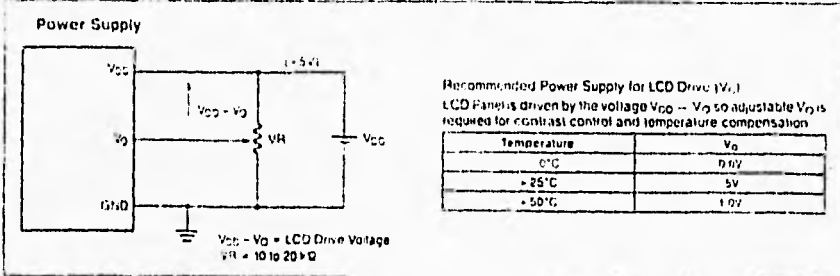
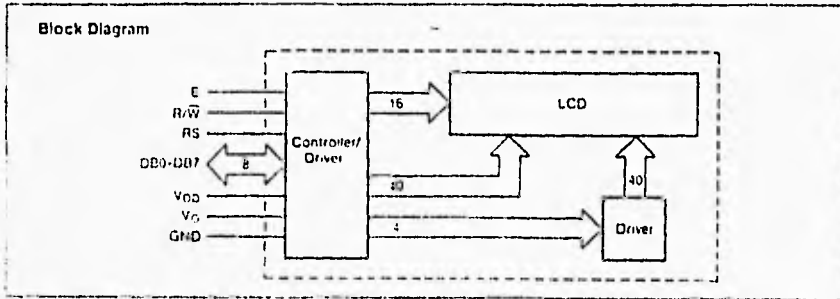
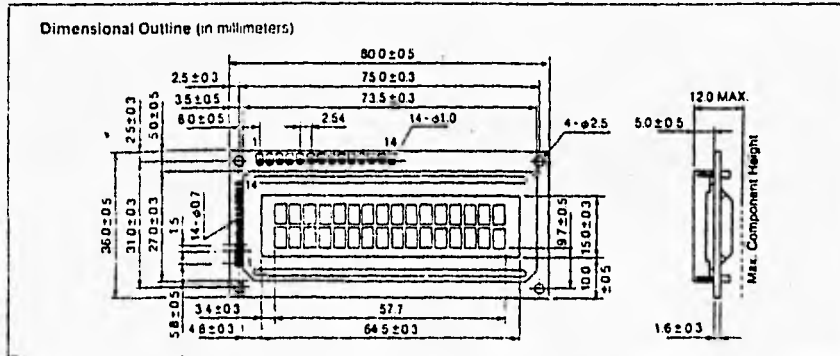
Pin No.	Signal	Function
1	GND	0V
2	V _{DD}	5V Power Supply
3	V _O	LCD Drive Voltage (0V to V _{DD})
4	RS	"H" Data Input "L" Command Input
5	R/W	"H" Data Read (Module - CPU) "L" Data Write (CPU - Module)
6	E	Enable Signal
7	DB0	Data Bus 8-bit Use
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	4-bit Use



LCD Dot Matrix Modules

16 CHARACTERS x 2 LINES

AND491



Apéndice B. Características eléctricas

RTC Family Comparison Guide

Features	MM58167A	MM58174A	MM58274C
Timekeeping			
Mode	24 Hour	24 Hour	12 or 24 Hour
Range	0.01 sec thru Months	0.1 sec thru Months	0.1 sec thru Years
Leap Year	No	Yes	Yes
Rollover	Status Bit	Data = F	Status Bit
Bus			
Mode	Parallel	Parallel	Parallel
Address (# Bits)	5	4	4
Data (# Bits)	8	4	4
Max Access Time (Address to Data Valid)	1050 ns	1850 ns	650 ns
RAM			
On-Chip	56 Bits (14 x 4)	No	No
Interrupts			
Programmable	0.1 sec thru Months	0.5, 5, 60 sec	0.1, 0.5, 1, 5, 10, 30 and 60 sec
Alarm Compare	Yes	No	No
Standby Mode	Yes	No	No
Status Register	Yes	No	Yes
Timebase			
Oscillator Frequency	32.768 kHz	32.768 kHz	32.768 kHz
Buffered Oscillator Output	No	No	Yes
Power Supply			
Voltage			
Operational	4.5-5.5V	4.5-5.5V	4.5-5.5V
Standby	2.2V min	2.2V min	2.2V min
Current			
Operational	5 mA	1 mA	1 mA
Standby ($I_{DD(max)}$)	20 μ A	10 μ A	10 μ A
Process Technology			
	CMOS	CMOS	CMOS
Packaging			
Pins/Type	24 DIP 28 PLCC	16* DIP	16* DIP 20 PLCC

*Same Pinouts

Signetics

S83C552/S80C552
Single-Chip 8-Bit Microcontroller
With A/D, Capture/Compare Timer,
With High-Speed Outputs, PWM

Product Specification

Microprocessor Division

DESCRIPTION

The S83C552/S80C552 Single-Chip 8-Bit Microcontroller is manufactured in an advanced CMOS process and is a derivative of the SC80C51 microcontroller family. The S83C552/S80C552 has the same instruction set as the 80C51. Two versions of the derivative exist:

- S83C552 - 8K bytes mask-programmable ROM
- S80C552 - ROMless version of the S83C552

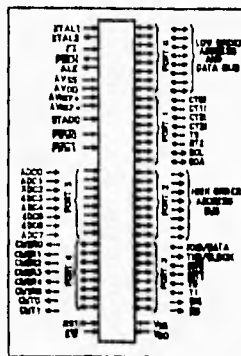
The S83C552 contains a non-volatile 8K x 8 read-only program memory, a volatile 256 x 8 read/write data memory, six 8-bit I/O ports, two 16-bit timer/event counters (identical to the timers of the SC80C51), an additional 16-bit timer coupled to capture and compare latches, a 15-source, two-priority-level, nested interrupt structure, an 8-input ADC, a dual DAC pulse width modulated interface, two serial interfaces (UART and I²C-bus), a 'watchdog' timer and on-chip oscillator and timing circuits. For systems that require extra capability, the S83C552 can be expanded using standard TTL compatible memories and logic.

The device also functions as an arithmetic processor having facilities for both binary and BCD arithmetic plus bit-handling capabilities. The instruction set consists of over 100 instructions: 49 one-byte, 45 two-byte and 17 three-byte. With a 12MHz crystal, 58% of the instructions are executed in 1µs and 40% in 2µs. Multiply and divide instructions require 4µs.

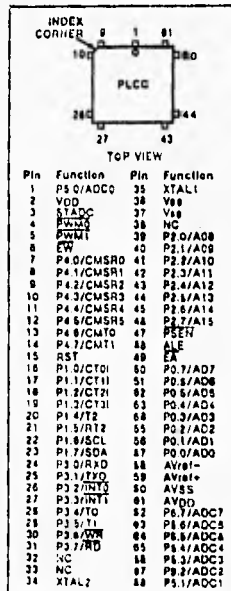
FEATURES

- SC80C51B central processing unit
- 8K x 8 ROM (S83C552), expandable externally to 64K bytes
- 256 x 8 RAM, expandable externally to 64K bytes
- Two standard 16-bit timer/counters
- An additional 16-bit timer/counter coupled to four capture registers and three compare registers
- Capable of producing 8 synchronized, timed outputs
- A 10-bit ADC with 8 multiplexed analog inputs
- Two 8-bit resolution, pulse width modulation outputs
- Five 8-bit I/O ports plus one 8-bit input port shared with analog inputs
- I²C-bus serial I/O port with byte oriented master and slave functions
- Full-duplex UART compatible with the standard 80C51
- On-chip watchdog timer

LOGIC SYMBOL



PIN CONFIGURATION



Apéndice B. Características eléctricas

Signetics Microprocessor Products

Product Specification

Single-Chip 8-Bit Microcontroller

S83C552/S80C552

PIN DESCRIPTION

MNEMONIC	PIN NO.	TYPE	NAME AND FUNCTION
VCC	2	I	Digital Power Supply: +5V power supply pin during normal operation, idle and power-down mode.
STADC	3	I	Start ADC Operation: Input starting analog to digital conversion (ADC operation can also be started by software).
PWM0	4	O	Pulse Width Modulation: Output 0.
PWM1	5	O	Pulse Width Modulation: Output 1.
EW	6	I	Enable Watchdog Timer: Enable for T3 watchdog timer and disable power-down mode.
P0.0-P0.7	57-50	I/O	Port 0: Port 0 is an 8-bit open-drain bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1s.
P1.0-P1.7	16-23	I/O	Port 1: 8-bit I/O port. Alternate functions include:
	16-21	I/O	(P1.0-P1.5): Quasi-bidirectional port pins.
	22-23	I/O	(P1.6, P1.7): Open drain port pins.
	16-19	I	CT01-CT31 (P1.0-P1.3): Capture timer input signals for timer T2
	20	I	T2 (P1.4): T2 event input
	21	I	RT2 (P1.5): T2 timer reset signal. Rising edge triggered
	22	I/O	SCL (P1.6): Serial port clock line I2C-bus
23	I/O	SDA (P1.7): Serial port data line I2C-bus	
P2.0-P2.7	39-46	I/O	Port 2: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate Function: High-order address byte for external memory (A06-A15).
P3.0-P3.7	24-31	I/O	Port 3: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include:
	24	I	RxD (P3.0): Serial input port
	25	O	TxD (P3.1): Serial output port
	26	I	INT0 (P3.2): External interrupt
	27	I	INT1 (P3.3): External interrupt
	28	I	T0 (P3.4): Timer 0 external input
	29	I	T1 (P3.6): Timer 1 external input
	30	O	WR (P3.6): External data memory write strobe
	31	O	RD (P3.7): External data memory read strobe
	P4.0-P4.7	7-14	I/O
7-12		O	CM5R0-CM5R6 (P4.0-P4.6): Timer T2 compare and set/reset outputs on a match with timer T2.
13, 14		O	CMT0, CMT1 (P4.6, P4.7): Timer T2 compare and toggle outputs on a match with timer T2.
P5.0-P5.7	68-62	I	Port 5: 8-bit input port.
	1	I	ADC0-ADC7 (P5.0-P5.7): Alternate Function: Eight input channels to ADC.
RST	15	I/O	Reset: Input to reset the S83C552. It also provides a reset pulse as output when timer T3 overflows.
XTAL1	35	I	Crystal Input 1: Input to the inverting amplifier that forms the oscillator, and input to the internal clock generator. Receives the external clock signal when an external oscillator is used.
XTAL2	34	O	Crystal Input 2: Output of the inverting amplifier that forms the oscillator. Left open-circuit when an external clock is used.
VSS	36, 37	I	Digital Ground
PSEN	47	O	Program Store Enable: Active-low read strobe to external program memory.
ALE	48	O	Address Latch Enable: Latches the low byte of the address during accesses to external memory. It is activated every six oscillator periods. During an external data memory access, one ALE pulse is skipped. ALE can drive up to eight LS TTL inputs and handles CMOS inputs without an external pull-up.
EA	49	I	External Access: When EA is held at TTL level high, the CPU executes out of the internal program ROM provided the program counter is less than 0102. When EA is held at TTL low level, the CPU executes out of external program memory. EA is not allowed to float.
AVREF-	58	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: Low-end.
AVREF+	59	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: High-end.
AVSS	60	I	Analog Ground
AVCC	61	I	Analog Power Supply

NOTE:

To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin at any time must not be higher or lower than VCC + 0.5V or VSS - 0.5V respectively.

Apéndice B. Características eléctricas

Signetics Microprocessor Products

Product Specification

Single-Chip 8-Bit Microcontroller

S83C552/S80C552

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS^{1, 2, 3}

PARAMETER	RATING	UNIT
Storage temperature range	-65 to +150	°C
Voltage on any other pin to V _{SS}	-0.5 to +6.5	V
Power dissipation (based on package heat transfer limitations, not device power consumption)	1.0	W

NOTES:

1. Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any conditions other than those described in the AC and DC Electrical Characteristics section of this specification is not implied.
2. This product includes circuitry specifically designed for the protection of its internal devices from the damaging effects of excessive static charge. Nonetheless, it is suggested that conventional precautions be taken to avoid applying voltages greater than the rated maxima.
3. Parameters are valid over operating temperature range unless otherwise specified. All voltages are with respect to V_{SS} unless otherwise noted.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS T_A = 0°C to +70°C, V_{CC}, AV_{CC} = 5V ±10%, V_{SS}, AV_{SS} = 0V

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			Min	Typical†	Max	
V _{CC}	Supply voltage		4.5		6.5	V
I _{CC}	Power supply current:	See note 5		11.5	30	mA
	Active mode @ 12MHz		1.3	7	mA	
	Idle mode @ 12MHz		3	50	µA	
Inputs						
V _{IL}	Input low voltage, except EA, P1.6/SCL, P1.7/SDA		-0.5		0.2V _{CC} -0.1	V
V _{IL1}	Input low voltage to EA		-0.5		0.2V _{CC} -0.3	V
V _{IL2}	Input low voltage to P1.6/SCL, P1.7/SDA ^a		-0.5		0.3V _{CC}	V
V _{IH}	Input high voltage, except XTAL1, RST, P1.6/SCL, P1.7/SDA		0.2V _{CC} +0.9		V _{CC} +0.5	V
V _{IH1}	Input high voltage, XTAL1, RST		0.7V _{CC}		V _{CC} +0.5	V
V _{IH2}	Input high voltage, P1.6/SCL, P1.7/SDA ^a		0.7V _{CC}		6.0	V
-I _{IL}	Logical 0 input current, ports 1, 2, 3, 4, except P1.6/SCL, P1.7/SDA	V _{IH} = 0.45V			-50	µA
-I _{TL}	Logical 1-to-0 transition current, ports 1, 2, 3, 4, except P1.6/SCL, P1.7/SDA	See note 4			-850	µA
±I _{IL1}	Input leakage current, port 0, EA, STADC, EW	0.45V < V _I < V _{CC}			10	µA
±I _{IL2}	Input leakage current, P1.6/SCL, P1.7/SDA	0V < V _I < 6V 0V < V _{CC} < 5.5V			10	µA
Outputs						
V _{OL}	Output low voltage, ports 1, 2, 3, 4 except P1.6/SCL, P1.7/SDA	I _{OL} = 1.6mA ^b			0.45	V
V _{OL1}	Output low voltage, port 0, ALE, PSEN, PWM0, PWM1	I _{OL} = 3.2mA ^b			0.45	V
V _{OL2}	Output low voltage, P1.6/SCL, P1.7/SDA	I _{OL} = 3.0mA ^b			0.4	V
V _{OH}	Output high voltage, ports 1, 2, 3, 4, except P1.6/SCL, P1.7/SDA	-I _O H = 60µA	2.4			V
		V _{CC} = 5V ±10%				V
		-I _O H = 25µA	0.75V _{CC}			V
		-I _O H = 10µA	0.9V _{CC}			V
V _{OH1}	Output high voltage (port 0 in external bus mode, ALE, PSEN, PWM0, PWM1) ^c	-I _O H = 400µA	2.4			V
		V _{CC} = 5V ±10%				V
		-I _O H = 150µA	0.75V _{CC}			V
		-I _O H = 40µA	0.9V _{CC}			V

Single-Chip 8-Bit Microcontroller

S83C552/S80C552

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			Min	Typical ¹	Max	
Outputs (Continued)						
V _{OH2}	High level output voltage (RST)	-I _{OH} = 350µA -I _{OH} = 60µA	2.4 0.75V _{CC}			V
R _{RST}	Internal reset pulldown resistor		50		150	kΩ
C _{IO}	Pin capacitance	Test freq = 1MHz, T _A = 25°C			10	pF
Analog Inputs						
AV _{CC}	Analog supply voltage ⁷	AV _{CC} = V _{CC} ± 0.2V	4.5		6.5	V
AI _{CC}	Analog supply current	Port 5 = 1.4V			1.0	mA
AI _{IO}	Operating				50	µA
AI _{PO}	Idle mode Power-down	AV _{CC} = 2-5.5V			50	µA
AV _{IN}	Analog input voltage		AV _{SS} - 0.2		AV _{CC} + 0.2	V
AV _{ref}	Reference voltage: AV _{REF-} AV _{REF+}		AV _{SS} - 0.2		AV _{CC} + 0.2	V
						V
R _{REF}	Resistance between AV _{REF+} and AV _{REF-}		10		50	kΩ
C _{IA}	Analog input capacitance				15	pF
t _{ADS}	Sampling time				81cy	µs
t _{ADC}	Conversion time (including sampling time)				601cy	µs
DL _e	Differential non-linearity ⁸		-1		+2	LSB
IL _e	Integral non-linearity ⁸				±2	LSB
OS _e	Offset error ⁸				±10	mV
G _e	Gain error ⁸				0.4	%
MCTC	Channel to channel matching				±1	LSB
C _t	Crosstalk ⁹	0-100kHz			-60	dB

NOTES:

1. Typical ratings are based on a limited number of samples taken from early manufacturing lots and are not guaranteed. The values listed are at room temperature, 25°C.
2. Capacitive loading on ports 0 and 2 may cause spurious noise to be superimposed on the V_{OL}s of ALE and ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the port 0 and port 2 pins when these pins make 1-to-0 transitions during bus operations. In the worst case (capacitive loading > 100pF), the noise pulse on the ALE pin may exceed 0.8V. In such cases, it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt trigger, or use an address latch with a Schmitt trigger STROBE input.
3. Capacitive loading on ports 0 and 2 may cause the V_{OH} on ALE and PSEN to momentarily fall below the 0.8V_{CC} specification when the address bits are stabilizing.
4. Pins of ports 1 (except P1.6, P1.7), 2, 3 and 4 source a transition current when they are being externally driven from 1 to 0. The transition current reaches its maximum value when V_{IN} is approximately 2V.
5. See Figures 8 through 11 for ICC test conditions.
6. The input threshold voltage of P1.6 and P1.7 (S-O) meets the I₂C specification, so an input voltage below 1.5V will be recognized as a logic 0 while an input voltage above 3.0V will be recognized as a logic 1.
7. The following condition must not be exceeded: V_{CC} - 0.2V < AV_{CC} < V_{CC} + 0.2V.
8. Conditions: AV_{REF-} = 0V; AV_{CC} = 5.0V; AV_{REF+} = 5.12V. ADC is monotonic with no missing codes.
9. This should be considered when both analog and digital signals are simultaneously input to port 5.

APENDICE C

**LISTADO DE PROGRAMAS DE LA ESTACION
CENTRAL Y LA ESTACION REMOTA**

Apéndice C. Programa de la estación central

```
PROGRAMA DE LA ESTACION CENTRAL

.....
/*
/*          ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA          */
/*
/*          UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO    */
/*
/*          INSTITUTO DE INGENIERIA                   */
/*
/*          RUBEN GARCIA GONZALEZ      FERNANDO SANCHEZ SALCEDO */
/*
/*          *PARTE 1/8*                                */
.....

.....
/*          LIBRERIAS UTILIZADAS EN ESTE ARCHIVO      */
.....

#include "stdio.h"
#include "graphics.h"
#include "conio.h"
#include "stdlib.h"
#include "dos.h"
#include "ctype.h"
#include "string.h"
#include "bios.h"
#include "io.h"
#include "math.h"
#include "process.h"

.....
/*          DEFINICION DE CONSTANTES PARA ESTE ARCHIVO      */
.....

#define da      5
#define dec     4
#define decimales 3
#define com1    0
#define com2    1
#define data    0x100
#define true    1
#define false   0
#define set     0x83
#define diaria  1
#define semanal 2
#define mensual 3
#define anual   4
#define anios   5
#define temperatura 1
#define presion  2
#define evaporacion 3
#define precipitacion 4
#define humedad  5
#define radiacion 6
#define velocidad 7
#define primer   0
#define archivos 1
#define graficas 2
#define comandos 3
#define tablas   4
#define comunicaciones 5
#define ayuda    6
#define instantanea 7
#define interrupciones 8
#define tipos    9
#define time     9
#define variables 10
#define maximos  1
#define minimos  2
#define promedios 3
```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

#define ventana_primer      0
#define ventana_archivos   1
#define ventana_graficas   2
#define ventana_variablas  3
#define ventana_tiempos    4
#define ventana_tipos      5
#define ventana_fecha      6
#define ventana_estacion   7
#define ventana_comandos   8
#define ventana_tablas     9
#define ventana_comunicaciones 10
#define ventana_tiempos_tablas 11
#define ventana_fecha_tablas 12
#define ventana_ayuda      13
#define ventana_subcomandos 14
#define ventana_interrupciones 15
#define promedio(a,b) ((a+b)/2)

/*.....*/
/*      DEFINICION DE VARIABLES PARA ESTE ARCHIVO      */
/*.....*/

char cero[3],var[2],nombre[40][13],dia[3],mes[3],anio[3];
char alta[3],media[3],baja[3],mue[3],numsat[4],tipo[1],periodo[1];
char diaori[3],mesori[3],anioori[3],ari[288][5],ar2[288][5];
char chi,num[5],fub[128],*copy,cadenal[6][20],str[5];
char *Dia_sem[7] = {"LUN","MAR","MIE","JUE","VIE","SAB","DOM"};
char *Mes_anio[12] = {"ENE","FEB","MAR","ABR","MAY","JUN","JUL",
"AGO","SEPT","OCT","NOV","DIC"};
FILE *archivo[31],*principal,*archi;
float maxent,maxdes,minant,mindes,proant,prodes,nmpa,mmpn,mmea,mmen;
float gradosv,gradosn,humh,humv,tempvact,tempnact,xxx3,xxx4,xxx5,xxx2;
float tempvmax,tempnmax,tempvmin,tempnmin,tempvpro,tempnpro,xxx6;
float radn,radv,psen,prev,veln,velv,ultpro,xx1,xx2,xx3,xx6,xx7,radio;
float x1x,x2x,x3x,x4x,x1,y1,z1,hasta,gy2,qy1,qx1,gx2,l2,flota[8];
int com=coml,estacion=1,psay,indven,paso=0,control=0x0c;
int driver, mode; int noctava, indicador, posicion=3, subcomando=1;
int comunica=1, archiva=1, interrupcion=1, Puntos[31], asterisco=10;
int midx, midy, kmaxima, ymaxima, entre=0, solo, discontinuo=0, borrar=0;
int en_total, co, girar=10, num_var, ya, l, j, mesInt, veces, limite, diaInt;
int hexa[288], promedio[288], encima=0, anioInt, comp, no=0;
int num_divs, comu, basura, in, st, tiempo=1, ventana, variable=1;
int maxmin=1; char ch; char var1[15], var3[15], num_gra=1, tiempos=1;
int x,y, tabla=0, registros[14], esc, no_flecha;
long int ind=0, apuntador[3], num_dias=0;
void *buf,*buf10,*buffer[18], *grimage[6];
unsigned size;
struct mlii{ float mm,nms;}milímetros;
struct arcoordatype coordenadas;
int archivo_existe(char *nombre_archivo);
div_t zz;
void *escaneando_archivo();
void determina_mes(),muestreo(),obtiene_limite(),maxi(),mini(),prom();
void abric_archivo(),interrupciones_del_relo(),generacion_semanal();
void manda_frecuencia(), convierte_frecuencia(), generacion_mensual();
void manda_clave_de_estacion(),generacion_anual(), existe_archivo();
void manda_liberacion(), muestra_apuntador(), generacion_diaInt();
void obtiene_var();

/*.....*/
/* SUBROUTINA QUE ENCUENTRA EL DIA DE LA SEMANA A PARTIR DE LA FECHA*/
/*.....*/

void dia_de_la_semana(
{
int aniobase=91;
num_dias=0;
for(int i=aniobase; i<anioInt; i=i+1; i++)
{
zz=div(aniobase,i);
if (zz.rem==0){num_dias=num_dias+365;}
else {num_dias=num_dias+365/4;}
}
}

```

```

for (i=1;i<mesint;i++)
{switch(i)
{
case 1: num_dias=num_dias+31; break;
case 2: zz=div(anojnt,4); if (zz.rem==0)
[num_dias=num_dias+29;]
else {num_dias=num_dias+28;} break;
case 3:case 5:case 7:case 8:case 10:
case 12: num_dias=num_dias+31; break;
case 4:case 6:case 9:
case 11: num_dias=num_dias+30; break;
}
num_dias=num_dias+dajnt;zz=div(num_dias,7);num_dias=zz.rem;

/*.....*/
/* SUBROUTINA QUE LEE LA FECHA QUE SE DESEA GRAFICAR U OBTENER TABLAS */
/*.....*/
void ventana_de_entrada_de_fecha()
{ void *fecha;
setviewport (midx-100,midy-50,midx+30,midy,0);
if (tablea==1){num_gra=1;encima=1;}
if ((num_gra==4){fencima=1})
{ size=imagesize(0,0,190,60);fecha=malloc(size);if (fecha==NULL)
getimage(0,0,190,60,fecha);}
else {fecha=NULL;}
clearviewport();setcolor(BLACK);setfillstyle(SOLID_FILL,BLACK);bar(10,10,190,60);
setcolor(WHITE);rectangle(0,0,180,50);setfillstyle(SOLID_FILL,CYAN);bar(4,4,176,46);
switch(tiempos)
{
case 1: outtextxy(10,15,"INFORMACION DIARIA");
outtextxy(10,25,"DIA?");i=10;ptide_dia_mes_o_anios(i);
outtextxy(50,25,"MES?");i=50;ptide_dia_mes_o_anios(i);
outtextxy(90,25,"AÑO?");i=90;ptide_ano(i); break;
case 2: outtextxy(10,15,"INFORMACION SEMANAL");
outtextxy(10,25,"DIA?");i=10;ptide_dia_mes_o_anios(i);
outtextxy(50,25,"MES?");i=50;ptide_dia_mes_o_anios(i);
outtextxy(90,25,"AÑO?");i=90;ptide_ano(i); break;
case 3: outtextxy(10,15,"INFORMACION MENSUAL");
outtextxy(50,25,"MES?");i=50;ptide_dia_mes_o_anios(i);
outtextxy(90,25,"AÑO?");i=90;ptide_ano(i); break;
case 4: outtextxy(100,15,"INFORMACION ANUAL");
outtextxy(90,25,"AÑO?");i=90;ptide_ano(i); break;
}
graphdefaults();
if (fecha==NULL)
{setviewport (midx-100,midy-50,midx+50,midy,0);putimage(0,0,fecha,COPY_PUT);free(fecha);}
graphdefaults();
if (tablea==1)
{ if (num_gra==4)
{ encima++;if (encima>4)encima=1;}
else{encima=1;}
if (fencima==1){(fecha==NULL)}
{ primer_pantalla();ventana=graficas;
free(buffer[ventana_graficas]); free(buffer[ventana_variables]);
free(buffer[ventana_tiempos]); free(buffer[ventana_tipos]);}
else
{ indven=ventana_tipos;if (buffer[indven]!=NULL)recupera_bloque();
if (borrar==1)
{indven=ventana_tiempos;if (buffer[indven]!=NULL)recupera_bloque();
indven=ventana_variables;if (buffer[indven]!=NULL)recupera_bloque();}
indven=ventana_graficas;if (buffer[indven]!=NULL)recupera_bloque();}
dajnt=atoi(dia); mesjnt=atoi(mes); anojnt=atoi(ano); dia_de_la_semana();
}
}

/*.....*/
/* SUBROUTINA QUE CONVIERTE EL VALOR HEXADECIMAL EN UNIDADES REALES */
/* PARA CADA UNA DE LAS OCHO VARIABLES */
/*.....*/

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

void valor_real(int x)
{
switch(x)
{
case 1/*evaporacion*/
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=flota[1]*150/1024;} break;
case 2/*humedad*/
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=flota[1]*100/1024;} break;
case 3/*radiacion*/
case 4/*presion*/
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);} break;
case 6/*temperatura*/:
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=(flota[1]*0.00488-3)
/.01176+20;} break;
case 5/*velocidad*/
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=flota[1]/4;}break;
case 7/*direccion*/:
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=flota[1]*360/1024;}break;
case 8/*precipitacion*/:
{
itoa(hexa[1],ar1[1],10);flota[1]=atof(ar1[1]);flota[1]=flota[1]*.25;} break;
}
}

/*.....*/
/*      SUBROUTINA QUE CONVIERTE LA MEDICION DE DIRECCION DE VIENTO      */
/*      EN COORDENADAS DE LA ROSA DE LOS VIENTOS                       */
/*.....*/

void direccion()
{
if((flota[1]>=11.251)&&(flota[1]<=33.751))strcpy(num,"NNE");
if((flota[1]>=33.751)&&(flota[1]<=56.251))strcpy(num,"NE");
if((flota[1]>=56.251)&&(flota[1]<=78.751))strcpy(num,"ENE");
if((flota[1]>=78.751)&&(flota[1]<=101.251))strcpy(num,"E");
if((flota[1]>=101.251)&&(flota[1]<=123.751))strcpy(num,"ESE");
if((flota[1]>=123.751)&&(flota[1]<=146.251))strcpy(num,"SE");
if((flota[1]>=146.251)&&(flota[1]<=168.751))strcpy(num,"SSE");
if((flota[1]>=168.751)&&(flota[1]<=191.251))strcpy(num,"S");
if((flota[1]>=191.251)&&(flota[1]<=213.751))strcpy(num,"SSW");
if((flota[1]>=213.751)&&(flota[1]<=236.251))strcpy(num,"SW");
if((flota[1]>=236.251)&&(flota[1]<=258.751))strcpy(num,"WSW");
if((flota[1]>=258.751)&&(flota[1]<=281.251))strcpy(num,"W");
if((flota[1]>=281.251)&&(flota[1]<=303.751))strcpy(num,"WNW");
if((flota[1]>=303.751)&&(flota[1]<=326.251))strcpy(num,"NW");
if((flota[1]>=326.251)&&(flota[1]<=348.751))strcpy(num,"NNW");
if((flota[1]>=348.751)&&(flota[1]<=360))strcpy(num,"N");
if((flota[1]>=0)&&(flota[1]<=11.251))strcpy(num,"N");
copy=strdup(num);
}

/*.....*/
/*      SUBROUTINA QUE HACE LA GRAFICACION DE CADA UNO DE LOS PUNTOS*/
/*.....*/

void grafica_punto(int x,int i)
{
setlinestyle(encima-1,1,1);
setcolor(encima+10);
setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);
switch(x)
{
case 1: case 5: case 8:
if((i==1)|| (discontinuo==1))
{moveto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12);discontinuo=0;}
else{lineto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12);}
putimage(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12,grimage[x-1],XOR_PUT);
fillellipse(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12,1,2);break;
case 6:
if((i==1)|| (discontinuo==1))
{moveto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12-20*12);discontinuo=0;}
else{lineto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12-20*12);}
putimage(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12-20*12,grimage[x-1],XOR_PUT);
fillellipse(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[1]*12-20*12,1,2);break;
case 2
{
if((i==1)|| (discontinuo==1))
{moveto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-300*(flota[1]*12);discontinuo=0;}
}
}
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

else{lineto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-300+flota[i]*12);}
putimage(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-300+flota[i]*12,grimage[x-1],XOR_PUT);
fillellipse(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-300+flota[i]*12,1,2);break;
case 3 : case 4 :
if((i==1){discontinuo=1})
{moveto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[i]*12/10);discontinuo=0;}
else{lineto(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[i]*12/10);discontinuo=0;}
putimage(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[i]*12/10,grimage[x-1],XOR_PUT);
fillellipse(qx2/2+50+qx2*(i-1),ymaxima-54-flota[i]*12/10,1,2);break;
}
}

/*.....*/
/*SUBROUTINA QUE LEE LOS ARCHIVOS EN DONDE SE ENCUENTRAN LOS DATOS A*/
/*          GRAFICAR Y LOS DATOS PARA MOSTRAR LAS TABLAS          */
/*.....*/

void valor_tablas()
{ int veces1,error=0;
  switch(tiempos)
  { case 1: /*diaria*/
    strcpy(diaori,dia);   strcpy(mesori,mes);   strcpy(anioori,anio);
    determina_mes();   strcpy(nombre[i],"");   strcpy(nombre[i],"GDN");
    strcat(nombre[i],dia);   strcat(nombre[i],mes);   strcat(nombre[i],anio);
    strcat(nombre[i],".");   strcat(nombre[i],numest);
    if([archi=fopen(nombre[i], "r")]==NULL)error=1;else error=0;
    fgets(mue,3,archi);   muestreoi;
    if (error=1){veces=24;}
    veces1=veces;
    if (veces>24){veces=24;}else{veces1=24;}
    for (co=0;co<=(veces1/24)-1;co++)
      {for (i=1;i<9;i++)
        {for (j=0;j<veces;j++)
          {if (error=0)
            {fscanf(archi,"%4x",&hexa[i]);
             valor_real(i);
             if (i==7) direccion();
             else{
              qcvt(flota[i],de,fub);
              copy=stdup(fub);
              setfillstyle(SOLID_FILL,CYAN);
              bar((xmaxima/9)*i-27,45+qy2*(j*(24/veces)+1),(xmaxima/9)*i,qy2*(j*(24/veces)));
              outtextxy((xmaxima/9)*i-25,50+qy2*(j*(24/veces)+1),copy);
              free(copy);
              }else{
              setfillstyle(SOLID_FILL,CYAN);
              bar((xmaxima/9)*i-27,45+qy2*(j*(24/veces)+1),(xmaxima/9)*i,qy2*(j*(24/veces)));
              outtextxy((xmaxima/9)*i-25,50+qy2*(j*(24/veces)+1),"--");
              }
            }
          for (ya=0;ya<veces1-24;ya++)
            fscanf(archi,"%4x",&hexa[0]);
          }
        if ((veces1/24)-1==0)
          ch=getch();
          fclose(archi);
          if([archi=fopen(nombre[i], "r")]==NULL)error=1;else error=0;
          if (error=0)
            {fgets(mue,3,archi); /*se lee frecuencia*/
             for (ya=0;ya<24*(co+1);ya++)
               fscanf(archi,"%4x",&hexa[0]);
            }
          }
        fclose(archi);
        en_total=veces;
        break;
      case 2: /*semanal*/
        strcpy(diaori,dia);   strcpy(mesori,mes);   strcpy(anioori,anio);
        if (ventana1=graficas)
          {
            strcpy(var,"E");generacion_semanal();
            strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
          }
    }
  }
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

strcpy(var,"H");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"R");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"P");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"V");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"T");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"D");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"L");generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
}
else
generacion_semanal();
strcpy(dia,diaori); strcpy(mes,mesori); strcpy(anio,anioori);
determina_mes();
if (ventana!graficas)solo=8;else solo=1;
for (j=0;j<solo;j++)
{if(ventana!graficas)
{ switch(j)
{ case 0:strcpy(var,"E");break;case 1:strcpy(var,"H");break;
case 2:strcpy(var,"R");break;case 3:strcpy(var,"P");break;
case 4:strcpy(var,"V");break;case 5:strcpy(var,"T");break;
case 6:strcpy(var,"D");break;case 7:strcpy(var,"L");break;
}
}
strcpy(nombre[1],""); strcpy(nombre[1],var);strcat(nombre[1],"S");
strcat(nombre[1],tipo);strcat(nombre[1],dia);strcat(nombre[1],mes);
strcat(nombre[1],anio);strcat(nombre[1],".");strcat(nombre[1],numest);
if (archi=fopen(nombre[1],".r")==NULL)error=1;else error=0;
for (i=1;i<8;i++)
{if (error==0)
{fscanf(archi,"%lx",&hexa[1]);
if (hexa[1]!=0x1fff)
{if (ventana==graficas)
{ obtiene_var();
valor_real(num_var+1);
}
else
valor_real(j+1);
if ((j+1)==7)direccion();
else(gcvt(flota[1],de,fub);copy=strdup(fub);
if(ventana==graficas)
{grafica_punto(num_var+1,i);
}
else{outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-25,qy2*(i),copy);
}
free(copy);
}
}
else {discontinuo=1;if(ventana!graficas)
outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-25,qy2*(i),"--");}
else {discontinuo=1;if(ventana!graficas)
outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-25,qy2*(i),"--");}
fclose(archi);
}
break;
case 3: /*mensual*/
strcpy(dia,"01"); strcpy(diaori,dia); strcpy(mesori,mes);
strcpy(anioori,anio);
if (ventana!graficas){
strcpy(var,"E");generacion_mensual();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"H");generacion_mensual();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"R");generacion_mensual();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"P");generacion_mensual();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"V");generacion_mensual();
strcpy(dia,diaori);strcpy(mes,mesori);strcpy(anio,anioori);
strcpy(var,"T");generacion_mensual();
}
}

```


Apéndice C. Programa de la estación central

```
        case 6: strcpy(var, "D"); break; case 7: strcpy(var, "L"); break;
    }
    }
    generacion_mensual();
}
strcpy(dia, diaori); strcpy(mes, mesori); strcpy(anio, anioori);
if (ventana=graficas) solo=0; else solo=1;
for (j=0; j<solo; j++)
{
    if (ventana=graficas)
    {
        switch(j)
        {
            case 0: strcpy(var, "E"); break; case 1: strcpy(var, "H"); break;
            case 2: strcpy(var, "R"); break; case 3: strcpy(var, "P"); break;
            case 4: strcpy(var, "V"); break; case 5: strcpy(var, "T"); break;
            case 6: strcpy(var, "D"); break; case 7: strcpy(var, "L"); break;
        }
    }
    generacion_anual();
}
strcpy(dia, diaori); strcpy(mes, mesori); strcpy(anio, anioori);
if (ventana=graficas) solo=0; else solo=1;
for (j=0; j<solo; j++)
{
    if (ventana=graficas)
    {
        switch(j)
        {
            case 0: strcpy(var, "E"); break; case 1: strcpy(var, "H"); break;
            case 2: strcpy(var, "R"); break; case 3: strcpy(var, "P"); break;
            case 4: strcpy(var, "V"); break; case 5: strcpy(var, "T"); break;
            case 6: strcpy(var, "D"); break; case 7: strcpy(var, "L"); break;
        }
    }
    strcpy(mes, mesori); determina_mes(); strcpy(nombre[1], ""); strcpy(nombre[1], var);
    strcat(nombre[1], "A"); strcat(nombre[1], tipo); strcat(nombre[1], diaori);
    strcat(nombre[1], mes); strcat(nombre[1], anio); strcat(nombre[1], ".");
    strcat(nombre[1], numest);
    if ((archi=fopen(nombre[1], "r"))==NULL) error=1; else error=0;
    for (i=1; i<13; i++)
    {
        if (error==0)
        {
            fscanf(archi, "%d", &hexa[i]);
            if (hexa[i] != 0x1fff)
            {
                if (ventana=graficas)
                {
                    obtiene_var();
                    valor_real(num_var+1);
                }
                else
                {
                    valor_real(j+1);
                    if ((j+1) == 7) direccion();
                }
            }
            else
            {
                qcvt(flota[i], de, fub);
                copy=atrdup(fub);
                if (ventana=graficas)
                {
                    grafica_punto(num_var+1, i);
                }
                else
                {
                    outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-28, 33+yy2*(i), copy);
                    free(copy);
                }
            }
        }
        else { discontinuo=1; if (ventana=graficas)
        outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-28, 33+yy2*(i), "--"); }
        else { discontinuo=1; if (ventana=graficas)
        outtextxy((xmaxima/9)*(j+1)-28, 33+yy2*(i), "--"); }
        fclose(archi);
    }
}
} break;
}
```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

settextjustify(0,2);setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);bar(xmaxima-180,8,xmaxima-8,20);
if(ventana==graficas)strcpy(fub,"GRAF. DE ");else strcpy(fub,"TABLA DE ");
strcat(fub,diaori);strcat(fub," ");mesint=atoi(mesori);strcat(fub,Mes_ano[mesint-1]);
strcat(fub," ");strcat(fub,aniori);setcolor(RED);outtextxy(xmaxima-170,10,fub);
if((Ventana==graficas)&&(encima>1))
{setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);bar(xmaxima-180,8,xmaxima-8,20);}
}

/*.....*/
/*SUBROUTINA QUE GRADUA LA PANTALLA PARA LA GRAFICACION Y TABLAS*/
/*.....*/

void graduacion_variables()
{
settextjustify(2,1);setfillstyle(SOLID_FILL,DARKGRAY);floodfill(100,100,WHITE);

switch(variable1)
{
case 1:num_divs= 8;l2=4; outtextxy(50,50,"[C]"); break;
case 2:num_divs= 11;l2=3; outtextxy(50,50,"[m]"); break;
case 3:num_divs= 15;l2=2; outtextxy(50,50,"[mm]"); break;
case 4:num_divs= 15;l2=2; outtextxy(50,50,"[nm]"); break;
case 5:num_divs= 10;l2=3; outtextxy(50,50,"[s]"); break;
case 6:num_divs= 12;l2=3; outtextxy(74,50,"[mw/cmý]"); break;
case 7:num_divs= 9;l2=8; outtextxy(50,50,"[m/s]"); break;
}
gy2=gy1/(num_divs);
setlinestyle(DOTTED_LINE,1,1);
for (i=0;i<num_divs;i++)
{
switch(variable1)
{
case 1: itoa(i*10-20,num,10); break;case 2: itoa(i*100,num,10); break;
case 3: itoa(i*10,num,10); break;case 4: itoa(i*10,num,10); break;
case 5: itoa(100-i*10,num,10); break;case 6: itoa(i*100,num,10); break;
case 7: itoa(i*5,num,10); break;}
if((variable1==2)|| (variable1==6))
{outtextxy(47,ymaxima-54-12*(i)*10,num);
line(50,ymaxima-54-12*(i)*10,xmaxima-50,ymaxima-54-12*(i)*10);}
if(variable1==7)
{outtextxy(47,ymaxima-54-12*(i)*10/2,num);
line(50,ymaxima-54-12*(i)*5,xmaxima-50,ymaxima-54-12*(i)*5);}
else
{outtextxy(47,ymaxima-54-12*(i)*10,num);
line(50,ymaxima-54-12*(i)*10,xmaxima-50,ymaxima-54-12*(i)*10);}
}
}
graphdefaults();

/*.....*/
/*GRADUACION DEL EJE DE LAS X PARA UNA GRAFICACION SEMANAL*/
/*.....*/

void graduacion_semanal()
{
if (Ventana==graficas){settextjustify(1,2);}
else{ setcolor(BLACK);}
settextjustify(0,2);
for (i=0;i<7;i++)
{
if (Ventana==graficas){
line(50*gx2*(1+0.5),ymaxima-54,50*gx2*(1+0.5),ymaxima-58);
if(num_dias==7){num_dias=0;}
if(encima==1){setcolor(encima+10);
outtextxy(50*gx2*(1+0.5),ymaxima-50,Dia_sem[num_dias]);}
if(encima==2){setcolor(encima+10);
outtextxy(50*gx2*(1+0.5),ymaxima-40,Dia_sem[num_dias]);}
if(encima==3){setcolor(encima+10);
outtextxy(50*gx2*(1+0.5),ymaxima-50-365,Dia_sem[num_dias]);}
if(encima==4){setcolor(encima+10);
outtextxy(50*gx2*(1+0.5),ymaxima-50-355,Dia_sem[num_dias]);}
num_dias++;
setcolor(WHITE);
}
}
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

}
else if (num_dias==7){num_dias=0;outtextxy(8,65+gy2*i,Dia_sem[num_dias]);
num_dias++;Tino(20,60+gy2*i,xmaxima-6,60+gy2*i);
}
}
.....
/*GRADUACION DEL EJE DE LAS X PARA UNA GRAFICACION DIARIA*/
.....
void graduacion_diaria()
{
if (ventana==graficas){settextjustify(1,2);}
else{ setcolor(BLACK);
settextjustify(2,2);}
for (i=1;i<25;i++)
{
itoa(i-1,num,10);
if (ventana==graficas){
line(50+gx2*(i-0.5),ymaxima-54,50+gx2*(i-0.5),ymaxima-58);
outtextxy(50+gx2*(i-0.5),ymaxima-50,num);
}
else{ outtextxy(25,50+gy2*i,num);
line(20,60+gy2*i,xmaxima-6,60+gy2*i);}
}
}
.....
/*GRADUACION DEL EJE DE LAS X PARA UNA GRAFICACION MENSUAL*/
.....
void graduacion_mensual()
{
if (ventana==graficas){settextstyle(0,1,1);settextjustify(2,2);}
else{ setcolor(BLACK);
settextjustify(0,2);}
for (i=1;i<32;i++)
{
itoa(i,num,10);
if (ventana==graficas){
line(50+gx2*(i-0.5),ymaxima-54,50+gx2*(i-0.5),ymaxima-58);
outtextxy(50+gx2*(i-0.5),ymaxima-50,num);}
else{ outtextxy(8,65+gy2*i,num);
line(20,60+gy2*i,xmaxima-6,60+gy2*i);}
if (ventana==graficas){
settextstyle(0,0,1);}
}
}
.....
/*GRADUACION DEL EJE DE LAS X PARA UNA GRAFICACION ANUAL*/
.....
void graduacion_anual()
{
if (ventana==graficas){gy2=gx2;settextjustify(1,2);settextstyle(0,1,1);
setfillstyle(SOLID_FILL,RED);}
else{ setcolor(BLACK);settextjustify(0,2);setfillstyle(SOLID_FILL,RED);}
for (i=0;i<12;i=i+1){if (ventana==graficas){
line(50+gx2*(i+0.5),ymaxima-54,50+gx2*(i+0.5),ymaxima-58);
outtextxy(50+gx2*(i+0.5),ymaxima-50,Mes_anio[i]);}
else{ outtextxy(8,65+gy2*i,Mes_anio[i]);
line(20,60+gy2*i,xmaxima-6,60+gy2*i);}
if (ventana==graficas)settextstyle(0,0,1);
}
}
.....
/*SUBROUTINAS PARA DETECTAR EXISTENCIA DE ARCHIVOS*/
.....
.....
existe(char *archivo)
{return! access(archivo,0)==0;}
.....
si_leible(char *archivo)

```



```

{return( acceso(archivo,1)!=0);
}.....

.....
/*SUBROUTINA PARA GRAFICACION CUANDO SE HA SELECCIONADO UNA GRAFICA*/
.....

void ventana_unigrafica()
{ ventana=graficas;

  gx1=xmaxima-100;
  gy1=ymaxima-116;
  setviewport(6,43,xmaxima-6,ymaxima-24,1);
  if(encima==1);
  clearviewport();graphdefaults();setcolor(WHITE);
  if(encima==1)
  { rectangle(6,43,xmaxima-6,ymaxima-24);setfillstyle(SOLID_FILL,BLACK);
    rectangle(50,62,xmaxima-50,ymaxima-54);setfillstyle(SOLID_FILL,BLUE);
    floodfill(37,44,WHITE);strcpy(var3,var1);strcat(var3," vs TIEMPO");
    setttextjustify(1,1);outtextxy(midx,55,var3);settextjustify(0,2);
    switch(tiempos)
      case 2: gx2=gx1/7; graduacion_semanal(); break;
      case 3: gx2=gx1/32;graduacion_mensual(); break;
      case 4: gx2=gx1/12;graduacion_anual(); break;
    }
    graduacion_variables();
  }
  if(tiempos==2){graduacion_semanal();}valor_tablas();

.....
/*CREACION DE UN ARCHIVO QUE TIENE LA INFORMACION DE LA TC RAM*/
.....

void crear_archivo()
{ int clave;
  char cad[2];
  char cadena[5];
  estacion=1;no=0;
  manda_clave_de_estacion();
  archi=fopen("EJEMPLO1.CAT","w");
  basura=bioscom(2,0,com);
  at=bioscom(3,0,com);
  recibe:
  bioscom(1,0xf8,com);
  st=0;no=0;ind=0; setcolor(WHITE);
  while(!st&data){
  st=bioscom(3,0,com); ind++; if(ind==60000)
  {outtextxy(10,35,"FINALIZADO");no=1;break;}
  if (no==0)
  { clave=bioscom(2,0,com)&0xff;
    if (clave!=0xf8)
    {strcpy(cad,"0");
     itoa(clave,cadena,10);
     if (((clave>9)&&(clave<16))){strlen(cadena)=1}
     fprintf(archi,"%0s",cad);
     fprintf(archi,"%1x",clave);
     else{fprintf(archi,"%2x",clave);}
    }
    goto recibe;
  }
  fclose(archi);
  manda_liberacion();
  setcolor(CYAN);outtextxy(10,35,"FINALIZADO");
}

.....
/*DEFINICION DE LA OPCION DEL MENU PRINCIPAL LLAMADA "ARCHIVOS"*/
.....

void ventana_de_archivos()
{
  tabla=0; ventana=archivos;iniven=ventana_archivos;x1=12;y1=47;z1=65;
  ventana_general();setcolor(BLACK);
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```
outtextxy(5,5,"1 eer ");outtextxy(5,15,"2 rear");outtextxy(5,25,"3 alir");
setcolor(WHITE); outtextxy(5,5,"L");outtextxy(5,15," C");outtextxy(5,25," S");
putimage(3,posicion1,buf10,XOR_PUT);
do{
ch=toupper(getch());
if (ch!=0){
switch(ch)
{
case '1': case 'L':archiva=1;setcolor(WHITE);outtextxy(5,45,"!!!ESPERE!!!");
generacion_diaria();
setcolor(CYAN);outtextxy(5,45,"!!!ESPERE!!!");
setcolor(CYAN);
outtextxy(asterisco,35,"*");
switch(girar)
{ case 20:outtextxy(10,55,"\\");break; case 30:outtextxy(10,55,"|");break;
case 40:outtextxy(10,55,"/");break;}
break;
case '2': case 'C':archiva=2;crear_archivo();break;
case '3': case 'S':archiva=3;closegraph();restorecrtmode();exit(0);break;
case 13: switch(posicion1)
{ case 3:archiva=1;setcolor(WHITE);outtextxy(5,45,"!!!ESPERE!!!");
generacion_diaria();setcolor(CYAN);outtextxy(5,45,"!!!ESPERE!!!"); ch='L';
setcolor(CYAN);
outtextxy(asterisco,35,"*");
switch(girar)
{ case 10:outtextxy(10,55,"-");break;
case 20:outtextxy(10,55,"\\");break;
case 30:outtextxy(10,55,"|");break;
case 40:outtextxy(10,55,"/");break;
}
break;
case 13:archiva=2;crear_archivo(); ch='C';break;
case 23:archiva=3; ch='S';
closegraph();restorecrtmode();exit(0);break;
}
}
}
else{
ch=getch();
putimage(3,posicion1,buf10,XOR_PUT);
switch(ch)
{ case 77:indicador=1;ch=27;break;
case 72:if (posicion1==3){posicion1=23;}
else{posicion1=posicion1-10;}break;
case 80:if (posicion1==23){posicion1=3;}
else{posicion1=posicion1+10;}break;
}
putimage(3,posicion1,buf10,XOR_PUT);
}while(ch!='S' &&ch!=27);
(paso=0;recupera_bloque());
}

/*.....*/
/* SUBROUTINA PARA DETECTAR EL NUMERO DE LA VARIABLE */
/*.....*/
void obtiene_var()
{int j;
j=strcmp(var,"E");if (j==0){ num_var=0;}j=strcmp(var,"H");if (j==0){ num_var=1;}
j=strcmp(var,"R");if (j==0){ num_var=2;}j=strcmp(var,"P");if (j==0){ num_var=3;}
j=strcmp(var,"V");if (j==0){ num_var=4;}j=strcmp(var,"T");if (j==0){ num_var=5;}
j=strcmp(var,"D");if (j==0){ num_var=6;}j=strcmp(var,"L");if (j==0){ num_var=7;}
}

/*.....*/
/* SUBROUTINA DE GENERACION DE ARCHIVOS QUE CONTIENEN LA INFORMACION */
/* DE LAS OCHO VARIABLES DE UN DIA */
/*.....*/
void generacion_diaria()
{
principal=fopen("ECAREM1.DAT","r");fgets(baja,3,principal);fgets(media,3,principal);
```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

fgets(alta,3,principal);
returno;
while(!feof(principal))
{fgets(dia,3,principal);j=strcmp(dia,"\n");if (j==0) fgets(dia,3,principal);
fgets(mes,3,principal);fgets(anio,3,principal);fgets(mue,3,principal);determina_mes();
muestroo(); /*OBTIENE NUMERO DE VECES*/
strcpy(nombre[1],""); strcpy(nombre[1],"GDN"); strcat(nombre[1],dia);
strcat(nombre[1],mes); strcat(nombre[1],anio); strcat(nombre[1],".");
strcat(nombre[1],numest);
existe_archivo();
if (ya==0)
{ archi=fopen(nombre[1],"w");
strcpy(nombre[0],"GDN0.XXX");archivo[0]=fopen(nombre[0],"w");
strcpy(nombre[1],"GDN1.XXX");archivo[1]=fopen(nombre[1],"w");
strcpy(nombre[2],"GDN2.XXX");archivo[2]=fopen(nombre[2],"w");
strcpy(nombre[3],"GDN3.XXX");archivo[3]=fopen(nombre[3],"w");
strcpy(nombre[4],"GDN4.XXX");archivo[4]=fopen(nombre[4],"w");
strcpy(nombre[5],"GDN5.XXX");archivo[5]=fopen(nombre[5],"w");
strcpy(nombre[6],"GDN6.XXX");archivo[6]=fopen(nombre[6],"w");
strcpy(nombre[7],"GDN7.XXX");archivo[7]=fopen(nombre[7],"w");
for (j=0;j<veces;j++)
{ fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[0]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[1]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[2]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[3]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[4]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[5]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[6]);
fgets(arl[1],5,principal);fputs(arl[1],archivo[7]);
for (i=0;i<8;i++)
fclose(archivo[i]);
fputs(mue,archi);
for (i=0;i<8;i++)
{archivo[i]=fopen(nombre[1],"r");
for (j=0;j<veces;j++)
{fgets(arl[1],5,archivo[i]);
fputs(arl[1],archi);}
fclose(archivo[i]);
}
fclose(archi);
}else{ for (i=0;i<(8*veces);i++)
fgets(arl[1],5,principal);
goto retorno;}
}
fclose(principal);
remove("GDN0.XXX"); remove("GDN1.XXX"); remove("GDN2.XXX");
remove("GDN3.XXX"); remove("GDN5.XXX"); remove("GDN6.XXX");
remove("GDN7.XXX"); remove("GDN4.XXX");
}
/*.....*/
/*SUBROUTINA DE GENERACION DE ARCHIVOS QUE CONTIENEN LA INFORMACION*/
/* DE LAS OCHO VARIABLES DE UNA SEMANA */
/*.....*/

void generacion_semanal()
{ int *froz=0;
strcpy(diaori,dia);strcpy(anioori,anio);anioint=atoi(anio);
diaint=atoi(dia); strcpy(mesori,mes); determina_mes();
obtiene_limite(); i=1;
strcpy(nombre[1],""); strcpy(nombre[1],var); strcat(nombre[1],"S");
strcat(nombre[1],tipo); strcat(nombre[1],diaori);strcat(nombre[1],mes);
strcat(nombre[1],anioori);strcat(nombre[1],"."); strcat(nombre[1],numest);
existe_archivo();
if (ya==0)
{ for (i=0;i<7;i++)
{ if (diaint<=limite);
else
{diaint=1; strcpy(dia,"01");mesint++;
if(mesint<0)
{ strcpy(mes,"");
itoa(mesint,mes,10);
}
}
}
}
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

        strcat(cero,mes);
        strcpy(mes,cero);
        strcpy(cero,"0");
    else
    {
        strcpy(mes,"");
        itoa(mesint,mes,10);
    }
    if(mesint>12)
    {
        mesint=1; anoint++; itoa(anoint,anio,10); strcpy(mes,"01");
        determina_mes();
    }
    if(diaint<10)
    {
        strcpy(dia,""); itoa(diaint,dia,10); strcat(cero,dia);
        strcpy(dia,cero); strcpy(cero,"0");
    }
    else
    {
        strcpy(dia,""); itoa(diaint,dia,10);
        strcpy(nombre[i],""); strcpy(nombre[i],"GDN"); strcat(nombre[i],dia);
        strcat(nombre[i],mes); strcat(nombre[i],anio); strcat(nombre[i],".");
        strcat(nombre[i],numest);
        if ((archi=fopen(nombre[i],".r"))==NULL)error=1;else error=0;
        if (error==0)
        {
            fgets(mue,3,archi);muestreo();obtiene_var();
            for (j=0;j<(num_var*veces);j++)
                fgets(num,5,archi);
            for (j=0;j<veces;j++)
            {
                comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
                    fscanf(archi,"%4X", &hexa[j]);else
                    fgets(ar1[j],5,archi);
            }
            fclose(archi);
            maxi(i);
        } else {strcpy(ar2[i],"iFFF"); promedio(i)=0xiff;
        diaint++; itoa(diaint,dia,10);
    }
    i=1;
    strcpy(mes,mesori);
    determina_mes();
    strcpy(nombre[i],""); strcpy(nombre[i],var); strcat(nombre[i],"S");
    strcat(nombre[i],tipo); strcat(nombre[i],diaori); strcat(nombre[i],mes);
    strcat(nombre[i],anioori); strcat(nombre[i],"."); strcat(nombre[i],numest);
    abre_archivo();
    for (j=0;j<7;j++)
    {
        comp=strcmp(tipo,"A");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
        comp=strcmp(tipo,"I");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
        comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
            fprintf(archivo[i],"%04X",promedio[j]);
    }
    fclose(archivo[i]);

    /*.....*/
    /*SUBROUTINA DE GENERACION DE ARCHIVOS QUE CONTIENEN LA INFORMACION */
    /* DE LAS OCHO VARIABLES DE UN MES */
    /*.....*/
void generacion_mensual()
{int i,error=0;
  strcpy(dia,"01"); strcpy(diaori,dia); strcpy(anioori,anio); anoint=atoi(anio);
  diaint=atoi(dia); strcpy(mesori,mes); determina_mes(); obtiene_limite();
  i=1;
  strcpy(nombre[i],""); strcpy(nombre[i],var); strcat(nombre[i],"M");
  strcat(nombre[i],tipo); strcat(nombre[i],diaori); strcat(nombre[i],mes);
  strcat(nombre[i],anioori); strcat(nombre[i],"."); strcat(nombre[i],numest);
  existe_archivo();
  if (ya==0)
  } for (i=0;i<limite;i++)
  { if (diaint<=limite);
    else
    {
        diaint=1; strcpy(dia,"01");mesint++;
        if(mesint<10)
        {
            strcpy(mes,""); itoa(mesint,mes,10); strcat(cero,mes);
            strcpy(mes,cero); strcpy(cero,"0");
        }
    }
}

```


Apéndice C. Programa de la estación central

```

else
  { strcpy(mes,"");itoa(mesint,mes,10);}
if(mesint>12)
  { mesint=1;anioint++;itoa(anioint,anio,10);strcpy(mes,"01");
  determina_mes();}
if(diaint<10)
  {strcpy(dia,"");itoa(diaint,dia,10);strcat(cero,dia);strcpy(dia,cero);
  strcpy(cero,"0");}
else
  {strcpy(dia,"");itoa(diaint,dia,10);}
strcpy(nombre[i],"");strcpy(nombre[i],"GDH");strcat(nombre[i],dia);
strcat(nombre[i],mes);strcat(nombre[i],anio);strcat(nombre[i],".");
strcat(nombre[i],numest);
if ((archi=fopen(nombre[i], "r"))==NULL)error=1;else error=0;
if (error==0)
  {fgets(mue,3,archi);muestro();obtiene_var();
  for (j=0;j<(num_var*veces);j++)
    fgets(num,5,archi);
  for (j=0;j<veces;j++)
    {comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
      fscanf(archi,"%4x",&hexa[j]);else
      fgets(ar1[j],5,archi);}
fclose(archi);
max1(i);
} else {strcpy(ar2[i],"1FFF"); promedio[i]=0x1fff;}
diaint++; itoa(diaint,dia,10);
}
i++;strcpy(mes,mesori);determina_mes();strcpy(nombre[i],"");strcpy(nombre[i],var);
strcat(nombre[i], "M");strcat(nombre[i], tipo);strcat(nombre[i], diaori);
strcat(nombre[i], mes);strcat(nombre[i], anioori);strcat(nombre[i], ".");
strcat(nombre[i], numest);abrir_archivo();
for (j=0;j<limite;j++)
  {comp=strcmp(tipo,"A");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
  comp=strcmp(tipo,"I");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
  comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
  fprintf(archivo[i],"%04x",promedio[j]);}
fclose(archivo[i]);
}

/*.....*/
/*SUBROUTINA DE GENERACION DE ARCHIVOS QUE CONTIENEN LA INFORMACION */
/* DE LAS OCHO VARIABLES DE UN AÑO */
/*.....*/
void generacion_anual()
{ int error,mesint;
  strcpy(dia,"01"); strcpy(mes,"01");strcpy(diaori,dia);strcpy(anioori,anio);
  strcpy(mesori,mes);mesint=atoi(mes);determina_mes();obtiene_limite();i=1;
  strcpy(nombre[i],"");strcpy(nombre[i],var);strcat(nombre[i], "A");strcat(nombre[i], tipo);
  strcat(nombre[i], diaori);strcat(nombre[i], mes);strcat(nombre[i], anioori);
  strcat(nombre[i], ".");strcat(nombre[i], numest);existe_archivo();
  if (ya=0)
    {for (i=0;i<12;i++)
      {determina_mes();
      strcpy(nombre[i],"");strcat(nombre[i],var);strcat(nombre[i], "M");
      strcat(nombre[i], tipo);strcat(nombre[i], diaori);strcat(nombre[i], mes);
      strcat(nombre[i], anio);strcat(nombre[i], ".");strcat(nombre[i], numest);
      if ((archi=fopen(nombre[i], "r"))==NULL)error=1;else error=0;
      if(error==0)
        {obtiene_limite();
        veces=limite;
        comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
          limite=0;
          for (j=0;j<veces;j++)
            {comp=strcmp(tipo,"I");if (comp==0)
              {fscanf(archi,"%4x",&hexa[j]);}
              if(hexa[j]!=0x1fff)
                hexa[limite]=hexa[j];limite++;}
            else
              fgets(ar1[j],5,archi);}
        }
    }
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

        fclose(archi);veces=limite;maxi(i);
    } else {strcpy(ar2[i],"1FFF"); promedio[i]=0x1fff;}
    mesint++;
    if(mesint<10)
        {strcpy(mes,"");itoa(mesint,mes,10);strcat(cero,mes);strcpy(mes,cero);
        strcpy(cero,"0");}
    else
        {
            strcpy(mes,"");
            itoa(mesint,mes,10);}
    i=1;
    strcpy(mes,mesori);determina_mes();strcpy(nombre[i],"");strcpy(nombre[i],var);
    strcat(nombre[i],"A");strcat(nombre[i],tipo);strcat(nombre[i],diaori);
    strcat(nombre[i],mes);strcat(nombre[i],anioori);strcat(nombre[i],".");
    strcat(nombre[i],numest);abrir_archivo();
    for (j=0;j<12;j++)
        {comp=strcmp(tipo,"A");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
        comp=strcmp(tipo,"I");if (comp==0) fputs(ar2[j],archivo[i]);
        comp=strcmp(tipo,"P");if (comp==0)
            fprintf(archivo[i],"%04x",promedio[j]);}
    fclose(archivo[i]);

    /*.....*/
    /* DETERMINA EL NUMERO DE LECTURAS DE UN DIA */
    /*.....*/
void muestreo()
{
j=strcmp(mue,"0F");if (j==0){ veces=1440;}j=strcmp(mue,"05");if (j==0){ veces=288;}
j=strcmp(mue,"0A");if (j==0){ veces=144;} j=strcmp(mue,"1E");if (j==0){ veces=48;}
j=strcmp(mue,"3C");if (j==0){ veces=24;} j=strcmp(mue,"78");if (j==0){ veces=12;}
j=strcmp(mue,"B4");if (j==0){ veces=8;} j=strcmp(mue,"F0");if (j==0){ veces=6;}
}

/*.....*/
/* DETERMINA EL NUMERO DE DIAS QUE TIENE EL MES SELECCIONADO */
/*.....*/
void obtiene_limite()
{int j;
j=strcmp(mes,"E");if (j==0){limite=31;} j=strcmp(mes,"F");if (j==0){zz=div(anioori,4);
if (zz.rem==0){limite=29;else limite=28;}j=strcmp(mes,"H");if (j==0){limite=31;}
j=strcmp(mes,"A");if (j==0){limite=30;} j=strcmp(mes,"Y");if (j==0){limite=31;}
j=strcmp(mes,"J");if (j==0){limite=30;} j=strcmp(mes,"U");if (j==0){limite=31;}
j=strcmp(mes,"G");if (j==0){limite=31;} j=strcmp(mes,"S");if (j==0){limite=30;}
j=strcmp(mes,"O");if (j==0){limite=31;} j=strcmp(mes,"I");if (j==0){limite=30;}
j=strcmp(mes,"D");if (j==0){limite=31;}
}

/*.....*/
/*SUBROUTINA QUE OBTIENE EL MAXIMO,MINIMO O PROMEDIO DE UN ARREGLO*/
/*.....*/
void maxi(int i)
{
comp=strcmp(tipo,"A"); if (comp==0)
{comp=strcmp(ar1[i],"1FFF");
if (comp==0) strcpy(ar1[0],"0000");comp=strcmp(ar1[0],"1FFF");
if (comp==0) strcpy(ar1[0],"0000");
for (j=0;j<veces-1;j++)
{comp=strcmp(ar1[j+1],"1FFF");
if (comp!=0)
{comp=strcmp(ar1[j+1],"1FFF");
if (comp!=0)
{comp=strcmp(ar1[0],ar1[j+1]);
if (comp<0) strcpy(ar1[0],ar1[j+1]);
}
}
}
strcpy(ar2[i],ar1[0]);
}
comp=strcmp(tipo,"I"); if (comp==0)
for (j=0;j<veces-1;j++)
{comp=strcmp(ar1[j+1],"1fff");
if (comp!=0)
}
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

        (comp=strcmp(ar1[j+1],"1FFF");
        if (comp!=0)
            (comp=strcmp(ar1[0],ar1[j+1]));
            if (comp>0) strcpy(ar1[0],ar1[j+1]);
        }
    )
    strcpy(ar2[1],ar1[0]);
}
comp=strcmp(tipo,"P"); if (comp==0)
{
    long int suma=0;
    for (j=0;j<veces;j++)
        suma=suma+hexa[j];
    if (veces!=0)
        (promedio[1]=suma/veces);
        else (promedio[1]=0x1fff);
}
}

/*.....*/
/*          CONVIERTE EL NUMERO DE MES EN CARACTER ALFANUMERICO          */
/*.....*/
void determina_mes()
{
    mesint=atoi(mes);
    switch(mesint)
    {
        case 1 : strcpy(mes,"E"); break; case 2 : strcpy(mes,"F"); break;
        case 3 : strcpy(mes,"M"); break; case 4 : strcpy(mes,"A"); break;
        case 5 : strcpy(mes,"Y"); break; case 6 : strcpy(mes,"J"); break;
        case 7 : strcpy(mes,"U"); break; case 8 : strcpy(mes,"G"); break;
        case 9 : strcpy(mes,"S"); break; case 10: strcpy(mes,"O"); break;
        case 11: strcpy(mes,"N"); break; case 12: strcpy(mes,"D"); break;
    }
}

/*.....*/
/*SUBROUTINA QUE ENCIENDE UNA BANDERA CUANDO EL ARCHIVO YA EXISTE*/
/*.....*/
void existe_archivo()
{int local;
if ((tabla!=0){(ventana==graficas) local=5; else local=55;
if ((tabla!=0){(ventana==graficas){setcolor(WHITE);else
setcolor(CYAN);
switch(qirar)
{ case 10:outtextxy(10,local,"-"); break;case 20:outtextxy(10,local,"\\"); break;
case 30:outtextxy(10,local,"|"); break;case 40:outtextxy(10,local,"/"); break;
}
qirar=qirar+10;
if (qirar>40) qirar=10;
if ((tabla!=0){(ventana==graficas){setcolor(BLACK);else
setcolor(WHITE);
switch(qirar)
{ case 10:outtextxy(10,local,"-"); break;case 20:outtextxy(10,local,"\\"); break;
case 30:outtextxy(10,local,"|"); break;case 40:outtextxy(10,local,"/"); break;
}
}
if ((tabla!=0){(ventana==graficas){setcolor(WHITE);else
setcolor(CYAN);
if ((tabla!=0){(ventana==graficas){ local=15; else local=35;
outtextxy(asterisco,local,"*");
if ((tabla!=0){(ventana==graficas){setcolor(BLACK);else
setcolor(WHITE);asterisco=asterisco+10;if (asterisco>100) asterisco=10;
outtextxy(asterisco,local,"*");setcolor(WHITE);if (existe(nombre[i]){
[ya=1];else[ya=0;]
}
}
/*.....*/
/*GENERACION DE UN ARCHIVO CUANDO SE HA DETECTADO QUE NO EXISTE*/
/*.....*/
void abre_archivo()
{
    archivo[1]=fopen(nombre[i],"w");ya=0;
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```

.....
/*SUBROUTINA QUE DA LA PRESENTACION A LA PANTALLA CUANDO SE */
/* HA SELECCIONADO HACER TABLAS */
.....
void ventana_de_tablas()
{
    int tabla=1;
    int x4=0;
    ventana=tablas;
    x1=0;
    return;
    ventana_de_tiempos(tabla);if (ch!=27){paso=0;if (tiempos=diaria)
    ventana_de_maxima(tabla);if (ch!=27){tabla=1;paso=0;
    ventana_de_entrada_de_fecha();graphdefaults();
    setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);bar(0,ymaxima-21,xmaxima-6,ymaxima-6);
    setviewport(6,25,xmaxima-6,ymaxima-25,1);
    clearviewport();setcolor(WHITE);rectangle(0,0,xmaxima-12,ymaxima-25);
    setfillstyle(SOLID_FILL,CYAN);floodfill(1,1,WHITE);
    setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);bar(0,0,xmaxima-6,30);setcolor(BLACK);
    x4=xmaxima/9;settextjustify(CENTER_TEXT, TOP_TEXT);
    outtextxy(x4,3,"EVAP."); outtextxy(x4*2,3,"HUM.");outtextxy(x4*3,3,"RAD.");
    outtextxy(x4*4,3,"PRES.");outtextxy(x4*5,3,"VEL.");outtextxy(x4*6,3,"TEMP.");
    outtextxy(x4*7,3,"DIR.");outtextxy(x4*8,3,"PREC.");outtextxy(x4,13,"mm");
    outtextxy(x4*2,13,"h"); outtextxy(x4*3,13,"W/m²");outtextxy(x4*4,13,"mb");
    outtextxy(x4*5,13,"m/s"); outtextxy(x4*6,13,"°C");outtextxy(x4*8,13,"mm");
    gy1=(ymaxima-70-30)/graphdefaults();setcolor(BLACK);graphdefaults();
    diaint=atoi(dia);mesint=atoi(mes);ano=int=atoi(ano);dia_de_la_semana();
    switch(tiempos)
    { case diaria: gy2=gy1/23;graduacion_diaria(); break;
      case semanal: gy2=gy1/6; graduacion_semanal(); break;
      case mensual: gy2=gy1/31;graduacion_mensual(); break;
      case anual: gy2=gy1/11;graduacion_anual(); break;
    }
    ventana=tablas;
    x1=xmaxima/18;
    setviewport(6,55,xmaxima-6,ymaxima-24,1);
    for (i=1;i<19;i=i+2)
        line(x1+i,3,x1+i,ymaxima-25);
    graphdefaults();
    outtextjustify(0,2){tabla=1;
    free(buffer[ventana_tiempos_tablas]);
    valor_tablas();
    encima=0;num_gra=1;
    }else(indven=ventana_fecha_tablas;paso=0;recupera_bloque();paso=1;
    goto retorna;
    }else(indven=ventana_tiempos_tablas;paso=0;recupera_bloque());
    tabla=0;
    }

.....
/*SUBROUTINA PRINCIPAL: HABILITACION DE LAS OPCIONES DEL MENU*/
.....
void main(void)
{
    clrscr();
    driver=DETECT;
    initgraph(&driver, &mode, "");
    strcpy(cero,"0"); strcpy(uno,"1");
    setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE); bar(0,0,104,10);
    size=lmqnsz(0,0,104,10); buf16=malloc(size);
    getimage(0,0,104,10,buf10); putimage(0,0,buf10,XOR_PUT);
    xmaxima=getmaxx(); ymaxima=getmaxy();
    midx = getmaxx()/2; midy = getmaxy()/2;
    octava=xmaxima/8;
    x=(3*xmaxima)/4;
    y=(ymaxima-24-midy)/2+mi;
    archivo_de_parametros();
    fputc('c',fichal[0],"1"); if (com=1) fcom=com1;else(com=com2);
    bioscom(0,put,com);primer_instal(); setcolor(WHITE);ventana=primera;
}

```

Apéndice C. Programa de la estación central

```
ch=toupper(getch());
while(ch!='Q')
{
    if (ch==0){if(indicador==0)ch=getch();indicador=0}
    switch(ch)
    {
        case 68:
        case 30:ventana_de_archivos(); break;case 36:ventana_de_graficas(); break;
        case 46:ventana_de_comandos(); break;case 24:ventana_de_comunicaciones();break;
        case 20:ventana_de_tablas(); break;case 21:ventana_de_ayuda(); break;
        case 23:if (ventana==graficas ){/*ventana_de_informacion{?/?} break;
        case 16:closegraph(); closegraph(); restorecrtmode(); exit(0); break;
    }
    }else{
        switch(ch)
        {
            case 27 :closegraph(); closegraph(); restorecrtmode(); exit(0); break;
            case 13 : indicador=5;break;}
        }
        graphdefaults();
        setcolor(0);if (ventana==graficas){
            outtextxy(xmaxima-180,ymaxima-17," nfo");
            setcolor(LIGHTRED);
            outtextxy(xmaxima-180,ymaxima-17,"I");}
        if(tabla==1){setcolor(0);paray=ymaxima-17;ventana_de_opciones();}
        if (indicador!=0){switch(indicador)
        {
            case 1:ch=0;chl=36;ventana=graficas; break;case 2:ch=0;chl=46;ventana=comandos; break;
            case 3:ch=0;chl=24;ventana=comunicaciones;break;case 4:ch=0;chl=20;ventana=tablas; break;
            case 5:ch=0;chl=30;ventana=archivos; break;
            }
        }else{ch=toupper(getch());ch=toupper(ch);}
        closegraph();
        restorecrtmode();
    }
}
```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

P40: EQU 0C0H
P41: EQU 0C1H
P42: EQU 0C2H
P43: EQU 0C3H
P44: EQU 0C4H
P45: EQU 0C5H
P46: EQU 0C6H
P47: EQU 0C7H
P4 : EQU 0C8H
ADCON : EQU 0C5H
ADCH : EQU 0C6H

ORG 00H
LJMP INICIO
ORG 03H
LJMP INTERRUMPE_INT0
ORG 013H
LJMP INTERRUMPE_TECLADO
ORG 23H
LJMP INTERRUMPE_PUERTO_SERIE
ORG 33H
LJMP INTERRUMPE_PRECIPITACION
ORG 53H
RETI

ORG 80H
INICIO:
MOV TMOD,#20H
MOV TH1,#0E8H
MOV BCON,#50H
MOV IE,#00H
MOV TCON,#40H
MOV R0,#06H
SETB 0AEH
LCALL RETARDO
LCALL INIDIS
LCALL RUTINA_DE_INICIALIZACION
SETB 0E8H
MOV 0E8H,#01H
SETB 0B8H
SETB 0F8H
MOV R0,#06H

ESPERANDO_CLAVE:
MOV DPTR,#EST_LIBRE
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#3032H
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
ESPERANDO_CLAVES:
JNB RI,ESPERANDO_CLAVES
CLR RI
MOV A,SBUF
CINE A,#01H,ESPERANDO_LIBERACION
MOV DPTR,#ACK_ESTACION1
LCALL MANDA_DIS
MOV A,#01H
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
AGAIN:
MOV DPTR,#3032H
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
JNB RI,AGAIN
CLR RI
BLOQUEO:
MOV DPTR,#3032H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#01H,ESPERANDO_CLAVE
MOV A,SBUF
CINE A,#0FCH,NO_LEER
LCALL LEERTC
MOV DPTR,#LEYENDO
LCALL MANDA_DIS
MOV A,#0FCH
MOV DPTR,#2001H
MOV R6,#0E1
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
RECIBIENDOS:
LCALL RECIBIDO
MOVX A,@DPTR
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
INC DPTR
DEC R6
CINE R6,#00H,RECIBIENDOS
MOV R0,#01H
LCALL COMDIS
LJMP AGAIN

ESPERANDO_LIBERACION:
LJMP ESPERANDO_LIB
NO_LEER:
CINE A,#0FDH,FRECU
SETB 0A8H
MOV DPTR,#INTER
LCALL MANDA_DIS
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
MOV DPTR,#2015H
MOVX @DPTR,A
CINE A,#00H,S1_INTERRUMPE
CLR 0A8H
S1_INTERRUMPE:
LCALL INTERRUPCIONES
MOV R0,#01H
LCALL COMDIS
LJMP AGAIN

FRECU:
CINE A,#0FBH,NO_INTERRUP
MOV DPTR,#FRECUENCIA
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#2015H
MOVX A,@DPTR
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RETARDO1
MOV R0,#01H
LCALL COMDIS
LJMP AGAIN
NO_INTERRUP:
CINE A,#0FEH,NO_RELOJ
MOV DPTR,#ACTUALIZANDO

```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

LCALL MANDA_DIS
MOV R1,#0EH
MOV DPTR,#2601h
RELOJ:
LCALL RETARDOS
MOV A,#0FEH
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
CJNE R1,#00H,RECIBIENDO
LJMP INICIALIZADO
RECIBIENDO:
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
MOVB @DPTR,A
INC DPTR
DEC R1
LJMP RELOJ
INICIALIZADO:
LCALL FINALI
MOV R0,#01h
LCALL COMDIS
LJMP AGAIN
NO_RELOJ:
CJNE A,#0FAH,NO_APUNTAADOR
PUSH R0
MOV DPTR,#APUNTAADOR
LCALL MANDA_DIS
MOV A,#0FAH
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
MOV R0,#7Dh
MOV A,@R0
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
INC R0
MOV A,@R0
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
INC R0
MOV A,@R0
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
MOV R0,#01h
LCALL COMDIS
POP R0
LJMP AGAIN
NO_APUNTAADOR:
CJNE A,#0F9H,RESET_NO
MOV DPTR,#RESETANDO
LCALL MANDA_DIS
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
CJNE A,#0F9H,RESET_NO
MOV R0,#01h
LCALL COMDIS
LJMP AGAIN
RESET_NO:
CJNE A,#0F8H,NO_VACIAR
MOV DPTR,#VACIAR
LCALL MANDA_DIS
MOV SBUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
LCALL VACIAR_TC_RAM
LJMP AGAIN
NO_VACIAR:
CJNE A,#0F7H,CHECA_LIBERACION
CJLO DE_CONVERSION:
CJNE R0,#0FH,NO_FIN
MOV R0,#06h
NO_FIN:
INC R0
CJNE R0,#07H,MANDAR
MOV R6,#0FFH
MOV SBUF,R6
LCALL TRANSMITIDO
LJMP AGAIN
MANDAR:
CJNE R0,#0FH,NO_PREC
MOV DPTR,#2017h
MOVB A,@DPTR
MOV R6,A
LJMP SI_PREC
NO_PREC:
MOV ADCON,R0
LCALL RETARDOS
MOV R6,ADCH
MOV ADCON,#00h
SI_PREC:
MOV SBUF,R6
LCALL TRANSMITIDO
BRINCAI:
LJMP AGAIN
CHECA_LIBERACION:
LCALL RECIBIDO
CJNE A,#80H,BRINCAI
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
CJNE A,#0FAH,BRINCAI
MOV DPTR,#3032h
MOV A,#00H
MOVB @DPTR,A
LCALL INTERRUPTACIONES
LJMP ESPERANDO_CLAVE
ESPERANDO_LIB:
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
CJNE A,#80H,ESPERANDO_LIH
LCALL RECIBIDO
MOV A,SBUF
CJNE A,#0FAH,ESPERANDO_LIH
LJMP ESPERANDO_CLAVE
TRANSMITIDO:
INB TL,TRANSMITIDO
CLR TI
RET
RECIBIDO:
INB RI,RECIBIDO
CLR RI
RET
RETARDOS:
PUSH R2
PUSH R3

```

Apéndice C. Programa de la Estación remota

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

MOV R2,#30h
INI_EST:
MOV R3,#0FFH
ESTABLE:
DJNZ R3,ESTABLE
DJNZ R2,INI_EST
POP R3
POP R2
RET

RUTINA_DE_INICIALIZACION:
MOV DPTR,#3000H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,INICIALIZAR
INC DPH
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#35H,INICIALIZAR
INC DPH
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#0AAH,INICIALIZAR
INC DPH
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#96H,INICIALIZAR
LJMP YA_ESTABA_INI

INICIALIZAR:
MOV DPTR,#3300H
MOV A,#96H
MOVX @DPTR,A
DEC DPH
MOV A,#0AAH
MOVX @DPTR,A
DEC DPH
MOV A,#55H
MOVX @DPTR,A
DEC DPH
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
DEC DPH
LCALL INIRTC
MOV DPTR,#237FH
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#237FH
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
DEC DPL
MOVX @DPTR,A
DEC DPL
MOV A,#03H
MOVX @DPTR,A
LCALL CLRANRTC
MOV DPTR,#2010H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#2015H
MOVX @DPTR,A

YA_ESTABA_INI
SETB 0AH
MOV DPTR,#237FH
MOVX A,@DPTR
MOV R1,#7FH
MOV @R1,A
MOV DPTR,#237EH
MOVX A,@DPTR
MOV R1,#7EH
MOV @R1,A
MOV DPTR,#237DH
MOVX A,@DPTR
MOV R1,#7DH
MOV @R1,A

FIN_DE_INI:
RET

INICIALIZACION_DE_CONTADOR_DE_TC_RAM:
MOV DPTR,#237FH
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
DEC DPL
MOVX @DPTR,A
DEC DPL
MOV A,#03H
MOVX @DPTR,A
LCALL YA_ESTABA_INI
RET

CONVERSION_AD:
SETB 0AEH
MOV DPTR,#2014h
REPITE:
CJNE A,#0FH,FIN_A_D
MOV DPTR,#2017H
MOVX A,@DPTR
LJMP TOMO_PRECIPITACION
FIN_A_D:
MOV ADCON,A
LCALL RETARDO
MOV A,ADCH
TOMO_PRECIPITACION:
MOV DPTR,#2018H
MOVX @DPTR,A
MOV ADCON,#00h
MOVX A,@DPTR
DIS_CAL:
MOV R1,A
ANL A,#0FH
RR A
RR A
RR A
RR A
ANL A,#0FH
MOV R0,#0C2H
LCALL CALIBRANDO_CON_DISPLAY
MOV A,R5
ANL A,#0FH
MOV R0,#0C3H
LCALL CALIBRANDO_CON_DISPLAY
RET

CALIBRANDO_CON_DISPLAY:
CJNE A,#0AH,NO_A
MOV R4,#41H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO
NO_A:CJNE A,#0BH,NO_B
MOV R4,#42H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO

```


ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

NO_B.CINE A,#0CH,NO_C
MOV R4,#43H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO
NO_C.CINE A,#0DI,NO_D
MOV R4,#44H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO
NO_D.CINE A,#0FI,NO_F
MOV R4,#45H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO
NO_E.CINE A,#0FH,NO_LETRA
MOV R4,#46H
LCALL SENDIS
LJMP DESPLIEGO
NO_LETRA:ADD A,#30H
MOV R4,A
LCALL SENDIS
DESPLIEGO:
RET

CLRMRTC:MOV R7,#23H
MOV DPTR,#2000H
MOV A,#00H
LIMPIA:MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DJNZ R7,LIMPIA
RET

RETARDO: PUSH R7
MOV A,#0FFH
REGRES: MOV R7,#0FFH
REOR: DJNZ R7,REGRES
DEC A
JNZ REGRES
POP R7
RET

RETARDO1:
PUSH R6
MOV R6,#08H
ZZ: DEC R6
LCALL RETARDO
CJNE R6,#00H,ZZ
POP R6
RET

INIDIS:MOV R0,#30H
ACALL COMDIS
ACALL RETARDO
MOV R0,#30H
ACALL COMDIS
ACALL RETARDO
MOV R0,#30H
ACALL COMDIS
MOV R0,#30H
ACALL COMDIS
MOV R0,#0FH
ACALL COMDIS
MOV R0,#01H
ACALL COMDIS
MOV R0,#06H
ACALL COMDIS

RET

DATDIS: PUSH DPH
PUSH DPL
ACALL BUSYF
MOV A,R4
MOV DPTR,#6100H
MOVX @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
RET

COMDIS: PUSH DPH
PUSH DPL
ACALL BUSYF
MOV A,R0
MOV DPTR,#6000H
MOVX @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
RET

BUSYF: MOV DPTR,#6200H
MOVX A,@DPTR
JB ACC.7, BUSYF
RET

INIRTC: MOV DPH,#4000H
MOV A,#0FH
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#400FH
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#4000H
MOV A,#05H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#400FH
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV R1,#0D1H
MOV DPTR,#4002H
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DEC R1
CJNE R1,#00H,CLEAR
MOV DPTR,#400EH
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#4000H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
RET

AUN_NO: MOV DPTR,#3030H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#01,CERO_HRS
LJMP HLOQUEO
    
```


ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

MOV A,#0FH
MOVX @DPTR,A
RET

BANDERA:
MOV DPTR,#2015H
MOVX A,@DPTR
MOV DPTR,#2020H
MOVX @DPTR,A
RET

LEERTC: MOV R0,#01H
        LCALL COMDIS
        MOV DPTR,#4000H
        MOV A,#00H
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#400FH
        MOVX A,@DPTR
        RRA
        RRA
        ANL A,#03H
        MOV DPTR,#200EH
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0CEH
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#84H
        MOV R4,#3AH
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#7H
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#0CDH
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#0C4H
        MOV R4,#2FH
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#0C7H
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#0CBH
        MOV R4,#41H
        LCALL SENDIS
        MOV R0,#0CCH
        MOV R4,#42H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4002H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2006H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#89H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4003H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2005H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#8BH
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4004H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2004H
        LCALL SUMA30

        MOV R0,#61H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4005H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2003H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#5H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4006H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2002H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#3H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4007H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2001H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#2H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4008H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2009H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0C3H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#4009H
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2008H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0C2H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#400AH
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#2007H
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0C6H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#400BH
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#200AH
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0C3H
        LCALL SENDIS

        MOV DPTR,#400CH
        MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0FH
        MOV DPTR,#200DH
        LCALL SUMA30
        MOV R0,#0C9H
    
```

Apéndice C. Programa de la Estación remota

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

LCALL SENDIS

MOV DPTR,#400DH
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
MOV DPTR,#200CH
LCALL SUMA30
MOV R0,#0C8H
LCALL SENDIS

MOV DPTR,#400EH
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
MOV DPTR,#2007H
LCALL SUMA30
MOV R3,A
MOV R0,#8BH
LCALL SENDIS

ANL R3,#0FH

DIA: MOV R1,#03H
MOV R0,#8BH
LCALL COMDIS

CJNE R3,#01H,NODOMINGO
MOV DPTR,#DOMINGO
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NODOMINGO CJNE R3,#02H,NOLUNES
MOV DPTR,#LUNES
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NOLUNES CJNE R3,#03H,NOMARTES
MOV DPTR,#MARTES
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NOMARTES CJNE R3,#04H,NOMIERCOLES
MOV DPTR,#MIERCOLES
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NOMIERCOLES CJNE R3,#05H,NOJUEVES
MOV DPTR,#JUEVES
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NOJUEVES CJNE R3,#06H,NOVIERNES
MOV DPTR,#VIERNES
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NOVIERNES CJNE R3,#07H,NINGUNO
MOV DPTR,#SABADO
LCALL MANDA_DIA
LJMP DIA_SEMANA
NINGUNO: MOV DPTR,#NINGUN
LCALL MANDA_DIA
DIA_SEMANA
RET

MANDA_DIA: ANL A,#00H
MOVX A,@A-DPTR
MOV R4,A
LCALL DATDIS
INC DPTR
DJNZ R1,MANDA_DIA
RET

SUMA30: MOVX @DPTR,A
ADD A,#30H
MOV R4,A
RET

SENDIS: PUSH ACC
LCALL COMDIS
LCALL DATDIS
MOV R0,#10H
LCALL COMDIS
POP ACC
RET

BARRIENDO_TECLADO:
LCALL CONVERSION_AD
LCALL RETARDO
MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,DETECTA_TECLA
LJMP BARRIENDO_TECLADO
DETECTA_VARIABLE:
CJNE A,#20H,NO_SALIR
LJMP SALIDA
NO_SALIR:
CJNE A,#0H,NO_FUE_LA_1
MOV DPTR,#2014H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#0FH,INCREMENTAR
MOV DPTR,#2014H
MOV A,#0FH
MOVX @DPTR,A
LCALL DETECTA_VARIABLE
LJMP BARRIENDO_TECLADO
INCREMENTAR:
INC A
MOV DPTR,#2014H
MOVX @DPTR,A
LCALL DETECTA_VARIABLE
LJMP BARRIENDO_TECLADO
NO_FUE_LA_1:
CJNE A,#10H,BARRIENDO_TECLADO
MOV DPTR,#2014H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#0BH,DECREMENTAR
MOV DPTR,#2014H
MOV A,#0BH
MOVX @DPTR,A
LCALL DETECTA_VARIABLE
LJMP BARRIENDO_TECLADO
DECREMENTAR:
DEC A
MOV DPTR,#2014H
MOVX @DPTR,A
LCALL DETECTA_VARIABLE
LJMP BARRIENDO_TECLADO
SALIDA:
RET

DETECTA_VARIABLE:
MOV DPTR,#2014H
MOVX A,@DPTR

```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

CINE A,#08H,NO_EVA
MOV DPTR,#EVA
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#E
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_EVA:
CINE A,#09H,NO_HUM
MOV DPTR,#HUM
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#H
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_HUM:
CINE A,#0AH,NO_RAD
MOV DPTR,#RAD
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#R
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_RAD:
CINE A,#0BH,NO_PRESSION
MOV DPTR,#PRESSION
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#P
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_PRESSION:
CINE A,#0CH,NO_VEL
MOV DPTR,#VEL
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#V
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_VEL:
CINE A,#0DH,NO_TEMP
MOV DPTR,#TEM
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#T
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_TEMP:
CINE A,#0EH,NO_DIR
MOV DPTR,#DIR
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#D
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
LJMP VALOR
NO_DIR:
CINE A,#0FH,VALOR
MOV DPTR,#PRE
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#UP
MOV R0,#0C8H
LCALL MANDA_DIS1
VALOR_RET
LIMPIAR_RESETEO

PUSH ACC
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV DPTR,#2016H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
POP ACC
RET

INTERRUMPE_TECLADO:
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH ACC
PUSH R0
PUSH R3
PUSH R4
PUSH R6
MOV DPTR,#8000H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#04H,NO_TC_RAM
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#00H,SALIR
LCALL CHEQUEO_DE_TC_RAM
LJMP FINFIN
NO_TC_RAM:
CINE A,#11H,NO_RESETEAR
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#00H,SALIR
MOV DPTR,#RESETEO
LCALL MANDA_MENSAJE
MOV DPTR,#2016H
MOV A,#01H
MOVX @DPTR,A
LJMP FINFIN
NO_RESETEAR:
CINE A,#08H,NO_ES_A_RAM
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#00H,EXIT
MOV DPTR,#2016H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#01H,CUENTA_TC
MOV DPTR,#RESETEANDO
LCALL MANDA_MENSAJE
MOV DPTR,#2016H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
LJMP FINFIN
NO_ES_A_RAM:
CINE A,#20H,CONTINUA
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CINE A,#00,SALIR
CLR 0A0H
MOV DPTR,#2014H
MOV A,#08H
MOVX @DPTR,A
LCALL DETECTA_VARIABLE
LCALL RETARDO1
LCALL HARRIENDO_TECLADO

```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

MOV R0,#011H
LCALL COMDIS
SETB 0AAH
SALIR:
LJMP FINFIN
CUENTA,TC:
LJMP TECLA_CUENTA
EXIT:
SETB 0ACH
SETB 9CH
MOV DPTR,#2010H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV R0,#011H
LCALL COMDIS
LJMP FINFIN

CONTINUA:
CJNE A,#04H,NO_PROGRAMA
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,FINAL4
MOV R0,#0FH
LCALL COMDIS
CLR 0ACH
CLR 9CH
LCALL LEERTC
MOV DPTR,#2000H
MOV A,#011H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#2012H
MOV A,#21H
MOVX @DPTR,A
MOV R0,#21H
LCALL COMDIS
MOV DPTR,#2010H
MOV A,#011H
MOVX @DPTR,A
LJMP FINAL

FINAL4:
SETB 0ACH
SETB 9CH
LCALL FINAL1
LJMP FINFIN

NO_PROGRAMA:
PUSH ACC
MOV DPTR,#2010H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#00H,NO_3
POP ACC
LCALL LIMPIAR_RESETEO
LJMP FINFIN

NO_3:
POP ACC
CJNE A,#0FH,NO_1
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2000H
MOVX A,@DPTR
INC A
CJNE A,#0FH,NOREGRESA0
MOV A,#01H
NOREGRESA0:
MOVX @DPTR,A
LJMP FINAL

NO_4:
CJNE A,#02H,NO_2
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2000H
MOVX A,@DPTR
DEC A
JNZ NOREGRESA1
MOV A,#0EH
NOREGRESA1:
MOVX @DPTR,A
LJMP FINAL

NO_2:
CJNE A,#01H,NO_1
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2000H
MOVX A,@DPTR
REGRESA2:
INC DPTR
DEC A
JZ FIN1
LJMP REGRESA2

FIN1:
MOVX A,@DPTR
INC A
CJNE A,#0AH,NOREGRESA3
MOV A,#00H
NOREGRESA3:
MOVX @DPTR,A
LJMP FINAL

NO_1:
CJNE A,#10H,MANDA
LCALL LIMPIAR_RESETEO
MOV DPTR,#2000H
MOVX A,@DPTR
REGRESA4:
INC DPTR
DEC A
JZ FIN2
LJMP REGRESA4

FIN2:
MOVX A,@DPTR
JNZ NOREGRESA5
MOV A,#0AH
NOREGRESA5:
DEC A
MOVX @DPTR,A
MANDA:
LJMP FINAL
FINAL1: LCALL RETARDO

MOV DPTR,#2010H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#4000H
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#200EH
MOVX A,@DPTR
RL A
RL A
ORL A,#01H
MOV DPTR,#4001H
MOVX @DPTR,A

```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

MOV DPTR,#2006H	MOVX A,@DPTR	MOV DPTR,#2012H	MOVX A,@DPTR
MOVX A,@DPTR		CJNE A,#01H,NODH	
MOV DPTR,#4002H		MOV A,#2H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2005H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODH:	CJNE A,#02H,NOUH	
MOV DPTR,#4003H		MOV A,#3H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2004H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NOUH:	CJNE A,#03H,NODM	
MOV DPTR,#4004H		MOV A,#5H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2003H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODM:	CJNE A,#04H,NOUM	
MOV DPTR,#4005H		MOV A,#6H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2002H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NOUM:	CJNE A,#05H,NODS	
MOV DPTR,#4006H		MOV A,#8H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2001H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODS:	CJNE A,#06H,NOUS	
MOV DPTR,#4007H		MOV A,#9H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2007H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NOUS:	CJNE A,#07H,NODSE	
MOV DPTR,#4008H		MOV A,#BH	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2008H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODSE:	CJNE A,#08H,NODD	
MOV DPTR,#4009H		MOV A,#0C2H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#200BH		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODD:	CJNE A,#09H,NOUD	
MOV DPTR,#400AH		MOV A,#0C3H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#200AH		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NOUD:	CJNE A,#0AH,NODME	
MOV DPTR,#400BH		MOV A,#0C5H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#200DH		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODME:	CJNE A,#0BH,NOUME	
MOV DPTR,#400CH		MOV A,#0C6H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#200CH		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NOUME:	CJNE A,#0CH,NODA	
MOV DPTR,#400DH		MOV A,#0C8H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV DPTR,#2007H		LJMP FINAL2	
MOVX A,@DPTR	NODA:	CJNE A,#0DH,NOUA	
MOV DPTR,#400EH		MOV A,#0C9H	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
		LJMP FINAL2	
MOV DPTR,#4000H	NOUA:	CJNE A,#0EH,FINAL2	
MOV A,#00H		MOV A,#0CEH	
MOVX @DPTR,A		MOVX @DPTR,A	
MOV R0,#01H	FINAL2:	MOV DPTR,#2000H	
LCALL COMD5		MOVX A,@DPTR	
MOV R0,#01H	REGRESA6:	INC DPTR	
LCALL COMD5		DEC A	
RET		JZ FINAL3	
		LJMP REGRESA6	
FINAL: MOV DPTR,#2000H	FINAL3:	MOVX A,@DPTR	

Apéndice C. Programa de la Estación remota

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

LCALL SUMA30
MOV DPTR,#2012H
MOVX A,@DPTR
MOV R0,A
LCALL SENDIS
MOV DPTR,#2000H
MOVX A,@DPTR
CJNE A,#07H,FINFIN
MOV DPTR,#2007H
MOVX A,@DPTR
MOV R3,A
LCALL DIA

FINFIN: LCALL RETARDO
        LCALL RETARDO
        POP R6
        POP R4
        POP R3
        POP R0
        POP ACC
        POP DPL
        POP DPH

        RETI

TECLA_CUENTA:
MOV R0,#01H
LCALL COMDIS
MOV DPTR,#CAPACIDAD
LCALL MANDA_DIS
MOV DPTR,#OCUPADOS
MOV R0,#0C0H
LCALL MANDA_DISI
LCALL RETARDOI
LCALL RETARDOI
MOV R0,#01H
LCALL COMDIS
LJMP FINFIN

MANDA_DIS: PUSH ACC
          MOV R0,#80H
          LCALL COMDIS
          MOV R0,#01H
          LCALL COMDIS

MANDA_A_DIS:
ANL A,#00H
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,#22H,NO_SE_SALEI
LJMP SALEI

NO_SE_SALEI: MOV R4,A
            LCALL DATDIS
            INC DPTR
            LJMP MANDA_A_DISI

SALEI: LCALL RETARDO
       POP ACC
       RET

MANDA_DISI: PUSH ACC
           LCALL COMDIS
MANDA_A_DISI:
ANL A,#00H
MOVC A,@A+DPTR
CJNE A,#22H,NO_SE_SALEI
LJMP SALEI

NO_SE_SALEI: MOV R4,A
            LCALL DATDIS
            INC DPTR
            LJMP MANDA_A_DISI

SALEI: POP ACC
       RET

CONCATENA:
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
RL A
RL A
RL A
RL A
ANL A,#0F0H
MOV R4,A
RET

MANDA_FECHA_HORA_A_TC_RAM:
PUSH R4
MOV DPTR,#4009H
LCALL CONCATENA
MOV DPTR,#4008H
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
ORL A,R4
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
MOV DPTR,#4008H
LCALL CONCATENA
MOV DPTR,#400AH
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
ORL A,R4
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
MOV DPTR,#400BH
LCALL CONCATENA
MOV DPTR,#400CH
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH
ORL A,R4
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
POP R4
RET

MANDAR_FRECUENCIA_A_TC_RAM:
MOV DPTR,#2015H
MOVX A,@DPTR
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
RET

PREPARAR_DPTR_Y_P4:
PUSH ACC
MOV R1,#07FH
MOV A,@R1
ANL A,#0FH
ANI P4,#0F0H
ORL P4,A
MOV R1,#7EH
MOV DPH,@R1
DEC R1
MOV DPL,@R1
POP ACC
RET

```


ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

MANDAR_A_TC_RAM:
  LCALL PREPARAR_DPTR_Y_P4
  LCALL MANDA_A_TC_RAM
  LCALL INCTGRAM
  LCALL CHECA_SI_TC_ESTA_LLENA
  RET

LEER_DE_TC:
  LCALL PREPARAR_DPTR_Y_P4
  LCALL LEE_DE_TC_RAM
  RET

MANDA_A_DISPLAY_CUENTA_DE_TC:
  MOV R2,#03H
  MOV R0,#0C9H
  MOV DPTR,#0002H
REMANDA:
  ANL P4,#0FH
  LCALL LEE_DE_TC_RAM
  MOV R5,A
  ANL A,#0FH
  RR A
  RR A
  RR A
  RR A
  ANL A,#0FH
  INC R0
  PUSH R0
  LCALL CALIBRANDO_CON_DISPLAY
  POP R0
  MOV A,R5
  ANL A,#0FH
  INC R0
  PUSH R0
  LCALL CALIBRANDO_CON_DISPLAY
  POP R0
  DEC DPL
  DJNZ R2,REMANDA
  RET

CHECA_SI_TC_ESTA_LLENA:
  MOV A,7FH
  ANL A,#0FH
  CJNE A,#0FH,FIN
  MOV A,#0FH
  CJNE A,7EH,FIN
  CJNE A,7DH,FIN
  MOV DPTR,#RAM_LLENA
  LCALL MANDA_DIS
  LCALL RETARDO1
  LCALL RETARDO1

FIN:  RET

CHEQUEO_DE_TC_RAM:
  JB P4.4,NO_RAM
  LJMPC DETECTA_RAM
  CHECA_BAT:
  JB P1.7,OK_BAT
  LJMPC LOWBAT
  CHECA_PROTECCION:
  JB P4.5,PROTEGIDA
  LJMPC DESPROTEGIDA
  SALTO:

RET

MANDA_MENSAJE: LCALL MANDA_DIS
                LCALL RETARDO1
                MOV R0,#01H
                LCALL COMDIS
                RET

NO_RAM:
  MOV DPTR,#NO_HAY_RAM
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC SALTO

DETECTA_RAM:
  MOV DPTR,#SI_HAY_RAM
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC CHECA_BAT

OK_BAT:
  MOV DPTR,#BAT_OK
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC CHECA_PROTECCION

LOWBAT:
  MOV DPTR,#BATTLOW
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC CHECA_PROTECCION

PROTEGIDA:
  MOV DPTR,#RAM_PROTEGIDA
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC SALTO

DESPROTEGIDA:
  MOV DPTR,#RAM_DESPROTEGIDA
  LCALL MANDA_MENSAJE
  LJMPC SALTO

MANDAR_CUENTA_A_TC_RAM:
  MOV DPTR,#0002H
  ANL P4,#0FH
  MOV R1,#7FH
  MOVA,@R1
  LCALL MANDA_A_TC_RAM
  DEC DPL
  DEC R1
  MOVA,@R1
  LCALL MANDA_A_TC_RAM
  DEC DPL
  DEC R1
  MOVA,@R1
  LCALL MANDA_A_TC_RAM
  RET

MANDA_A_TC_RAM:
  CLR P4.6
  MOVX @DPTR,A
  SETB P4.6
  RET

LEE_DE_TC_RAM:
  CLR P4.6
  MOVX A,@DPTR
  SETB P4.6
  RET

INCTGRAM:
  PUSH ACC
  MOV R1,#7DH
  MOV A,@R1

```

ESTACION CLIMATOLOGICA AUTOMATICA
PROGRAMA EN LA MEMORIA ROM DE LA ESTACION REMOTA

```

MOV R5,A
INC R1
MOV A,@R1
MOV R6,A
INC R1
MOV A,@R1
MOV R7,A
CJNE R5,#0FFH,NOFF1
CJNE R6,#0FFH,NOFF2
INC R7
NOFF2: INC R6
NOFF1: INC R5
MOV DPTR,#237FH
MOV A,R7
MOVX @DPTR,A
MOV @R1,R7
DEC R1
DEC DPL
MOV A,R6
MOVX @DPTR,A
MOV @R1,R6
DEC R1
DEC DPL
MOV A,R5
MOVX @DPTR,A
MOV @R1,R5
POP ACC
RET

MUESTREO_HIACIA_TC_RAM:
MOV R0,#08H
MUESTREO:
MOV ADCON,R0
LCALL RETARDOS
MOV A,ADCON
ANL A,#03H
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
MOV A,ADCON
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
MOV ADCON,#00H
INC R0
CJNE R0,#0FH,MUESTREO
MOV A,#00H
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
MOV DPTR,#2017H
MOVX A,@DPTR
LCALL MANDAR_A_TC_RAM
RET

PREPARAR_APUNTA_DOR:
PUSH ACC
MOV R1,#07CH
MOV A,@R1
ANL A,#0FH
ANL P1,#0F0H
ORL P4,A
MOV R1,#7BH
MOV DPH,@R1
DEC R1
MOV DPL,@R1
POP ACC
RET

CHECA_TOPE

MOV A,7CH
ANL A,#0FH
CJNE A,7FH,F1
MOV A,7BH
CJNE A,7EH,F1
MOV A,7AH
CJNE A,7DH,F1
MOV DPTR,#FINTRA
LCALL MANDA_DIS
MOV 79H,#01H
LCALL RETARDO1
LCALL RETARDO1

F1: RET

INCREMENTA_APUNTA_DOR:
PUSH ACC
MOV R1,#7AH
MOV A,@R1
MOV R5,A
INC R1
MOV A,@R1
MOV R6,A
INC R1
MOV A,@R1
MOV R7,A
CJNE R5,#0FH,OFF1
CJNE R6,#0FH,OFF2
INC R7
OFF2: INC R6
OFF1: INC R5
MOV @R1,R7
DEC R1
MOV @R1,R6
DEC R1
MOV @R1,R5
POP ACC
RET

VACIAR_TC_RAM: MOV 79H,#00H
MOV 7AH,#00H
MOV 7BH,#00H
MOV 7CH,#00H

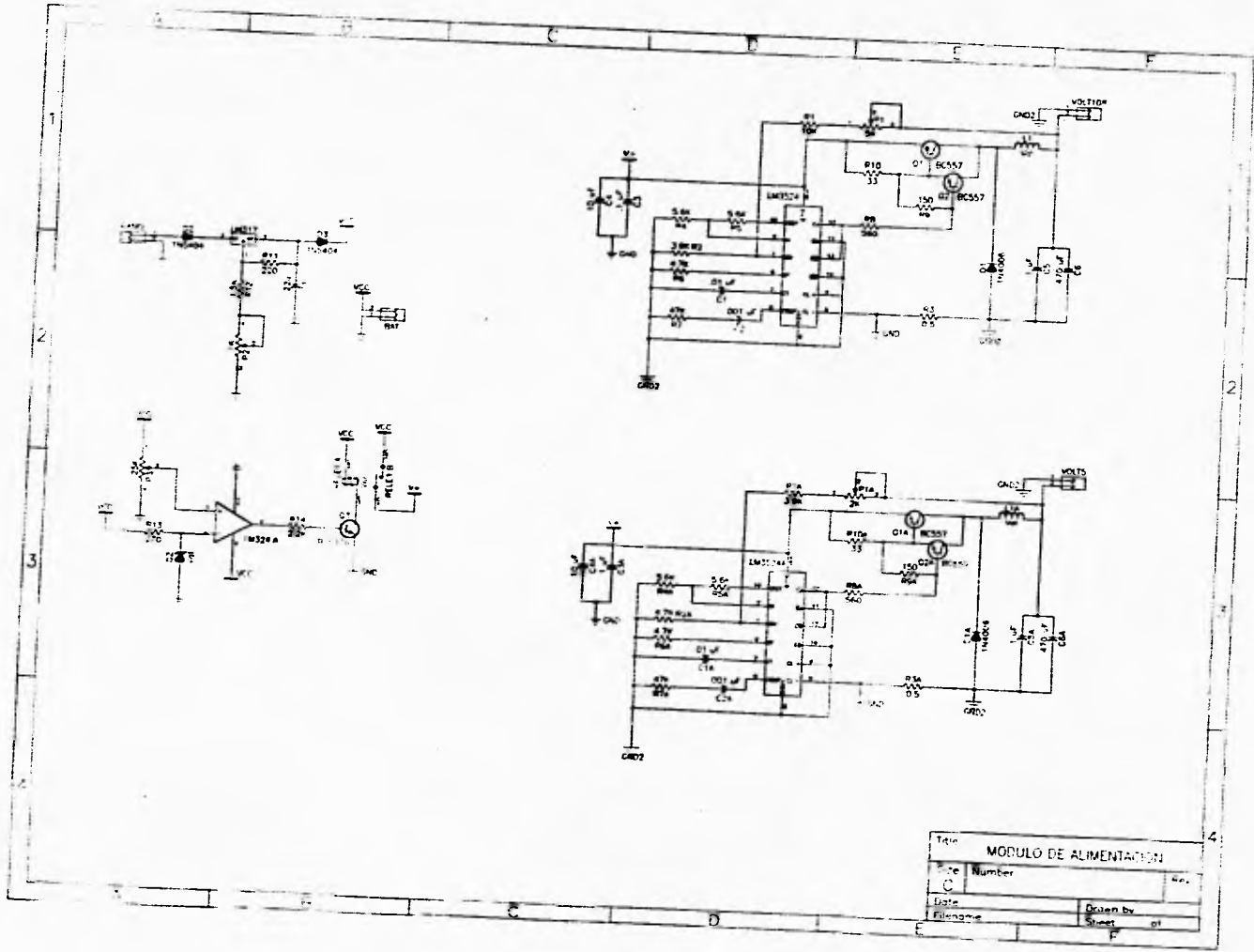
VACIANDO:
MOV A,79H
CJNE A,#00H,SE_VACIO_TC_RAM
LCALL PREPARAR_APUNTA_DOR
LCALL LEE_DE_TC_RAM
MOV SIUF,A
LCALL TRANSMITIDO
LCALL RECIBIDO
LCALL INCREMENTA_APUNTA_DOR
LCALL CHECA_TOPE
LJMP VACIANDO
SE_VACIO_TC_RAM:RET

INTERRUMPE_INT0:
PUSH R4
PUSH R6
PUSH R0
PUSH ACC
PUSH DPH
PUSH DPL
CLR 0AEH
CLR 0ACH

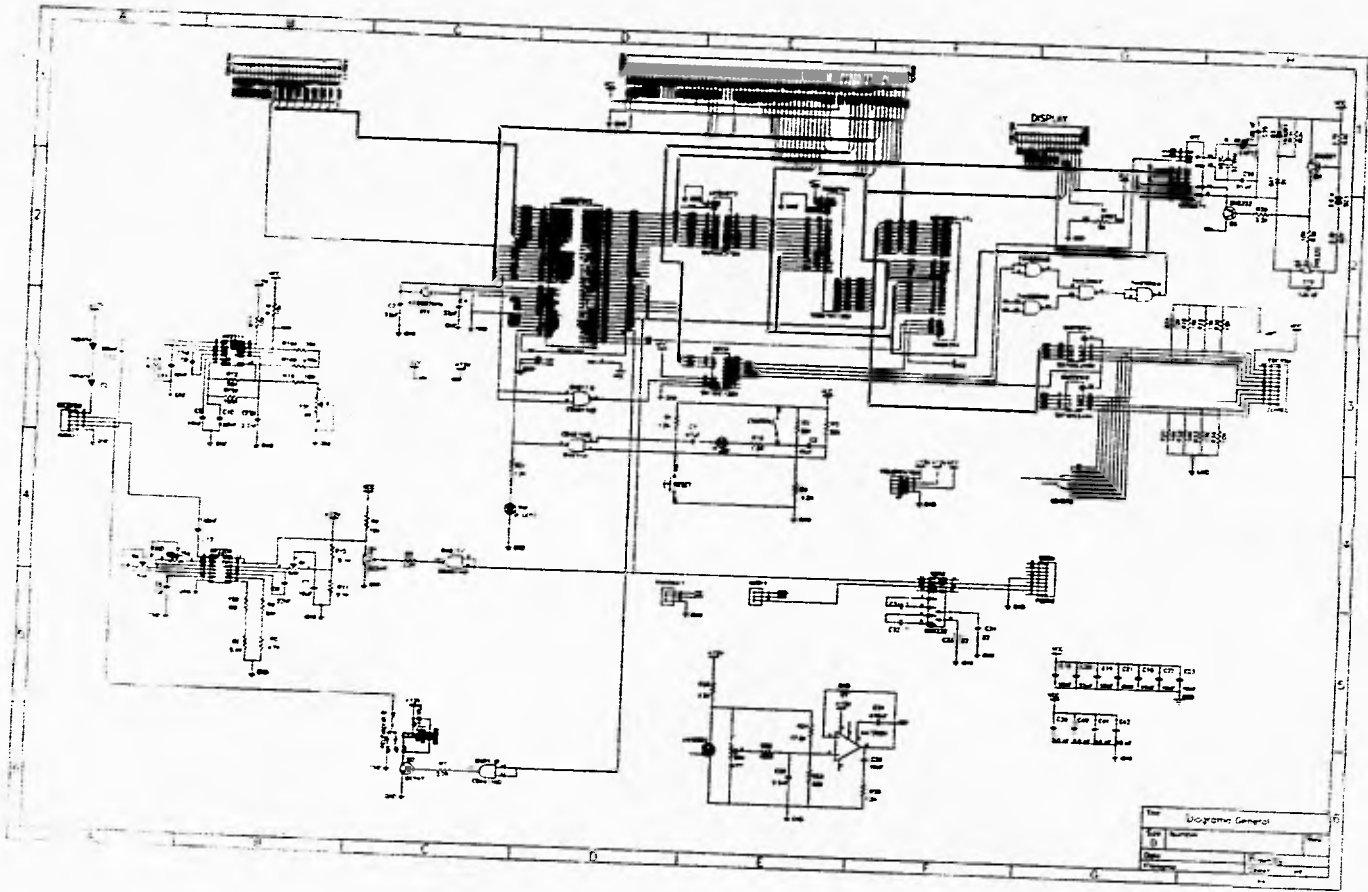
```

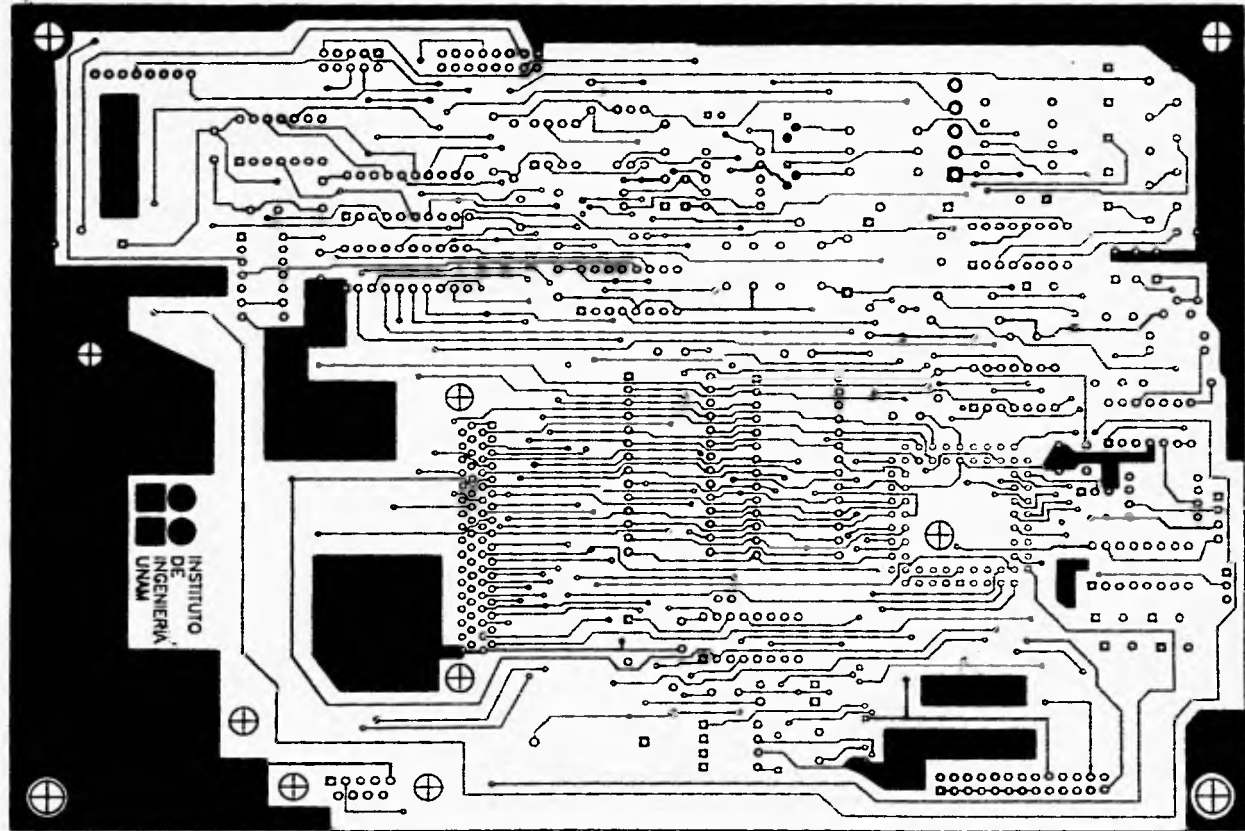
APENDICE D

DIAGRAMAS ELECTRICOS

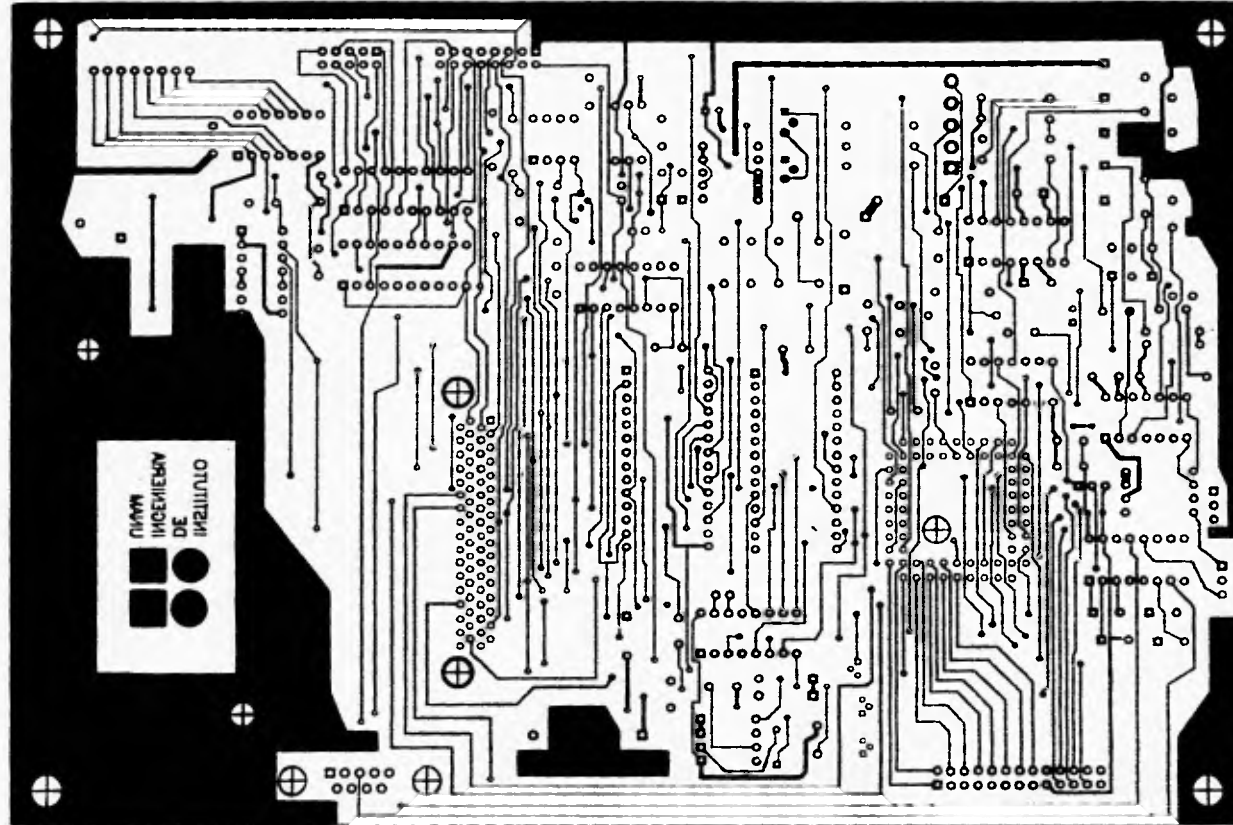


Title		MODULO DE ALIMENTACION	
Title Number		Rev.	
Date		Drawn by	
Filename		Sheet	of

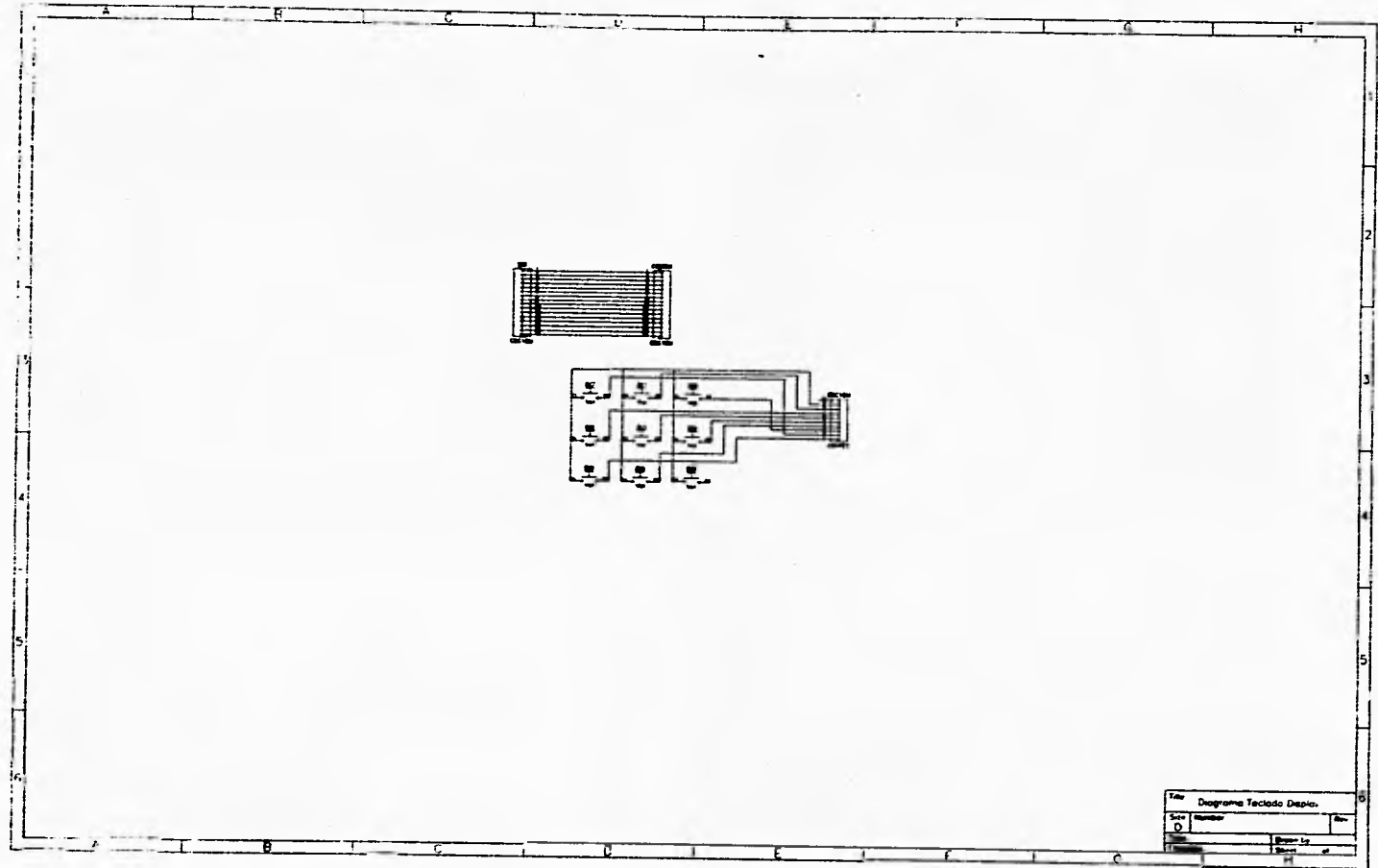


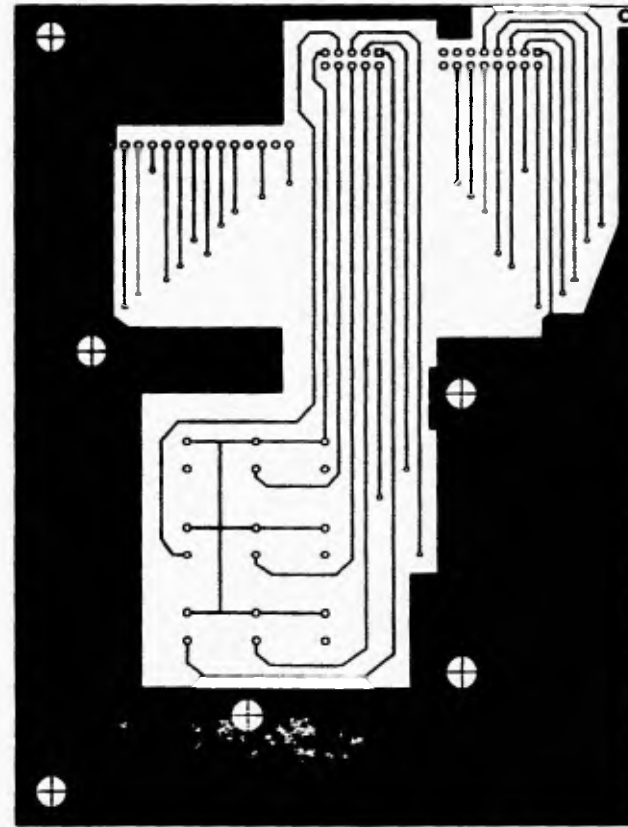
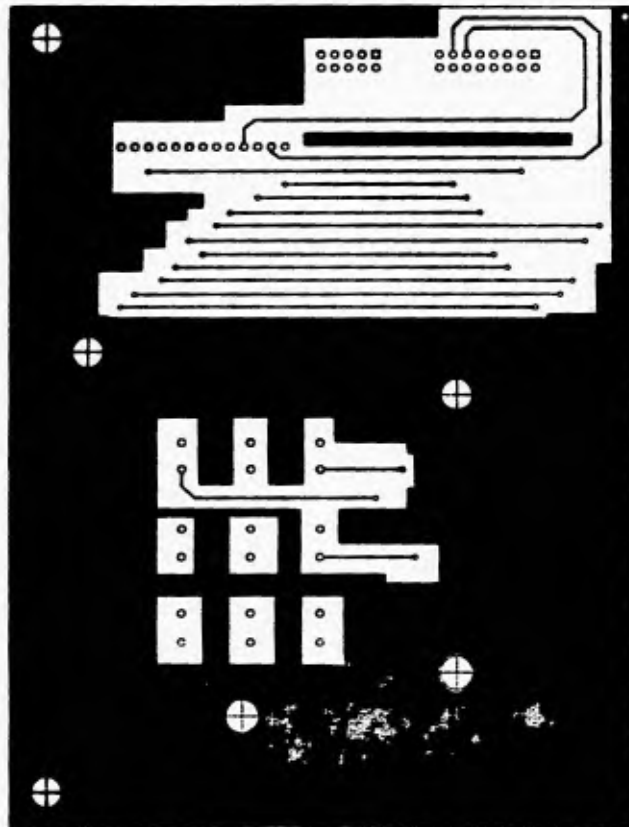


CIRCUITO DE LA ESTACION REMOTA, CAPA SUPERIOR



CIRCUITO DE LA ESTACION REMOTA, CAPA INFERIOR



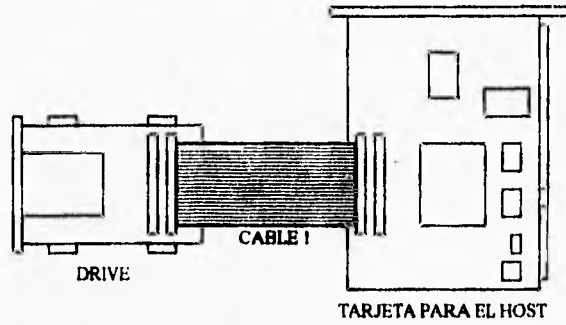


CIRCUITO DE TECLADO y DISPLAY

APENDICE E

MEMORIA TC RAM

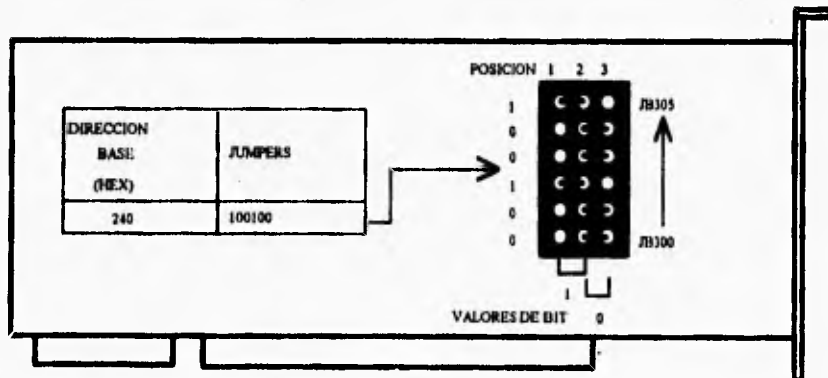
La forma en la que el drive se conecta al HOST se muestra en la siguiente figura:



En la siguiente tabla se muestra la selección de la dirección para EVS

DIRECCION BASE (HEX)	VALOR CON LOS JUMPERS	DIRECCION BASE (HEX)	VALOR CON LOS JUMPERS	DIRECCION BASE (HEX)	VALOR CON LOS JUMPERS
100	010000	200	100000	300	110000
110	010001	210	100001	310	110001
120	010010	220	100010	320	110010
130	010011	230	100011	330	110011
140	010100	240	100100	340	110100
150	010101	250	100101	350	110101
160	010110	260	100110	360	110110
170	010111	270	100111	370	110111

Enseguida se muestra un ejemplo de como colocar los jumpers para el caso de la dirección 240h:



DISTRIBUCION DE PINES DE LA MEMORIA TC RAM

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
1	GND	TIERRA
2	D3	DATO I/O
3	D4	DATO I/O
4	D5	DATO I/O
5	D6	DATO I/O
6	D7	DATO I/O
7	CE1	HABILITA CHIP 1
8	A10	DIRECCION
9	OE	HABILITA SALIDA
10	A11	DIRECCION
11	A9	DIRECCION
12	A8	DIRECCION
13	A13	DIRECCION
14	A14	DIRECCION
15	WE/PGM	HABILITA ESCRITURA
16	RDY/BSY	EEPROM
17	Vcc	ALIMENTACION

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
18	Vpp	ALIMENTACION PROM
19	A16	DIRECCION
20	A15	DIRECCION
21	A12	DIRECCION
22	A7	DIRECCION
23	A6	DIRECCION
24	A5	DIRECCION
25	A4	DIRECCION
26	A3	DIRECCION
27	A2	DIRECCION
28	A1	DIRECCION
29	A0	DIRECCION
30	D0	DATO I/O
31	D1	DATO I/O
32	D2	DATO I/O
33	WP	PROT. P/ESCRITURA
34	GND	TIERRA

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
35	GND	TIERRA
36	CD1	DETECCION 1
37	D11	DATO I/O
38	D12	DATO I/O
39	D13	DATO I/O
40	D14	DATO I/O
41	D15	DATO I/O
42	CE2	HABILITA CHIP 2
43	RFS11	PSRAM
44	RFU	NC
45	RFU	NC
46	A17	DIRECCION
47	A18	DIRECCION
48	A19	DIRECCION
49	A20	DIRECCION
50	A21	DIRECCION
51	Vcc	ALIMENTACION

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
52	Vpp	ALIMENTACION PROM
53	A22	DIRECCION
54	A23	DIRECCION
55	A24	DIRECCION
56	A25	DIRECCION
57	RFU	NC
58	RFU	NC
59	RFU	NC
60	RFU	NC
61	REQ	SELEC. DE REGISTRO
62	BVDC2	VOLTAJE BATERIA 2
63	BVDC1	VOLTAJE BATERIA 1
64	D8	DATO I/O
65	D9	DATO I/O
66	D10	DATO I/O
67	CD2	DETECCION 2
68	GND	TIERRA

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE MEMORIAS TC RAM

# DE PARTE	MEMORIA	DENSIDAD	TIEMPO DE ACCESO ns	CONSUMO (ma)		TEMP. DE OPERACION
				ACTIVO	PASIVO	
AWB065 SD20/30/40	CMOS SRAM	32K X 16	200	120	1.5	0 A 60
AWB129 SD20/30/40		64K X 16	200	120	1.5	0 A 60
AWB257 SD20/30/40		128K X 16	200	120	1.5	0 A 60
AWB513 SD20/30/40		256K X 16	200	120	1.5	0 A 60
AWM101 SD20/30/40		512K X 16	200	120	1.5	0 A 60
AWM201 SD20/30/40		1 M X 16	200	120	1.5	0 A 60
OWB257 SDX0/Y0	CMOS	128K X 16	250	60	1	0 A 60
OWB513 SDX0/Y0	PROM	256K X 16	250	60	1	0 A 60
OWB101 SDX0/Y0		512K X 16	250	60	1	0 A 60
KWB257 SDX0/Y0	CMOS ROM	128K X 16	250	60	1	0 A 60
KWB513 SDX0/Y0		256K X 16	250	60	1	0 A 60
KWB101 SDX0/Y0		512K X 16	250	60	1	0 A 60
KWB201 SDX0/Y0		1 M X 16	250	60	1	0 A 60
KWB401 SDX0/Y0	CMOS	2 M X 16	250	60	1	0 A 60
HWB065 SDX0/Y0	flash	64K X 16	250	60	1	0 A 60
HWB257 SDX0/Y0	EEPROM	128K X 16	250	60	1	0 A 60
HWB513 SDX0/Y0		256K X 16	250	60	1	0 A 60
HWB101 SDX0/Y0		512K X 16	250	60	1	0 A 60

TABLA E-1 Características principales de memorias del TipoTCRAM