

14/
2 es.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

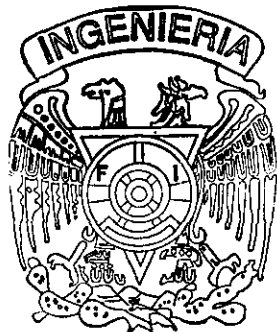
FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO E INTEGRACION DE UNA RED DE
ESTACIONES CLIMATOLOGICAS AUTOMATICAS
CON ENLACE VIA SATELITE A UN PUESTO CENTRAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA ELECTRONICA
PRESENTAN:

Argueta Araoz Alfonso
Genis Gómez Rubén Darío
Montes Castillo Saúl Sergio
Orduña Palacios Francisco Javier
Trujillo Octavio



Director de Tesis:

M. I. Lauro Santiago Cruz

Ciudad Universitaria, 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

75 9257



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I INTRODUCCION	4
1.1. Antecedentes de la Meteorología	5
1.2. La Meteorología en México	6
1.3. La necesidad de una red automática	11
1.4. Satélites	14
CAPITULO II CONCEPTOS GENERALES	18
2.1. Medición de variables	19
2.2. Equipos de medición	32
CAPITULO III ESTACIONES METEOROLOGICAS	67
3.1. Tipos de estaciones meteorológicas	68
3.2. Criterios para la instalación de estaciones	70
3.3. Dimensiones de la estación y distribución del instrumental	71
3.4. Clasificación del instrumental meteorológico	72
3.5. Caseta o abrigo meteorológico	74
3.6. Requerimientos generales de la estación meteorológica	75
3.7. Estación meteorológica automática propuesta	80
CAPITULO IV MANEJO DE LA INFORMACION	105
4.1. Transmisión de la información	106
4.2. Recepción de la información	111
CAPITULO V LA RED DE ESTACIONES	120
5.1 Costos de los instrumentos y equipos	121
5.2 Procedimiento de instalación	122
5.3 Ubicación de las 600 estaciones	123
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	139
BIBLIOGRAFIA	142
APENDICE	I

El desarrollo del hombre siempre ha estado ligado con el conocimiento de la naturaleza y los fenómenos atmosféricos no son la excepción. Durante muchos siglos el desarrollo de la Meteorología como ciencia fue incipiente, y no fue sino hasta fines del siglo pasado y durante el presente siglo que esta ciencia ha tenido un desarrollo importante.

La Meteorología se podría definir como la ciencia que estudia las condiciones atmosféricas o las variaciones en el "estado del tiempo" y sus efectos sobre la tierra. Esta utiliza la Física y la Química entre otras ciencias, para conocer las dinámicas de la atmósfera terrestre, con el fin de entender, predecir y controlar las acciones atmosféricas.

El sol como una gran fuente de energía alimenta al gigantesco "motor" de la máquina atmosférica, fenómenos como el movimiento del aire, el calentamiento del agua, la formación de potenciales eléctricos, son resultado de un intercambio energético entre nuestro planeta y el astro rey. La fuerza de rotación y gravitación entre el sol, la tierra y la luna mantienen a la atmósfera en un constante movimiento, la atmósfera en consecuencia está siempre en un constante desequilibrio, y las condiciones climatológicas son el resultado de la búsqueda de un equilibrio entre ellas. Las grandes masas de aire se mueven y se mezclan absorbiendo y liberando energía para producir una variación en las condiciones atmosféricas conocidas como "tiempo" o "estado del tiempo".

Tanto la Meteorología como la Climatología son ciencias que se ocupan del estudio y la predicción del "tiempo". La Meteorología se ocupa de las condiciones específicas del "tiempo" en un momento y en un lugar, mientras que la Climatología se ocupa por el promedio de las condiciones del "tiempo" en periodos de tiempo largos, en décadas o lustros.

El objetivo general de este trabajo consiste en la aplicación de los conocimientos de Ingeniería eléctrica y electrónica para la integración una red de estaciones climatológicas automáticas, con enlace vía satélite a un puesto central.

En el primer capítulo veremos en forma general los antecedentes históricos de la Meteorología, presentando los acontecimientos de una manera cronológica, a nivel mundial y nacional. Plantearemos la necesidad de la implementación de una red meteorológica automática para nuestro país, con el objetivo e intención de modernizar la red actual de estaciones climatológicas, teniendo así información continua y fidedigna, utilizando para ello equipos automáticos y tecnología de vanguardia en este campo. También mencionaremos el funcionamiento de los satélites artificiales y en particular el de los satélites meteorológicos.

En el capítulo dos veremos algunas definiciones y conceptos generales de las variables que intervienen en el pronóstico y determinación del "tiempo", tales como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, etcétera.

También analizaremos en forma general los equipos e instrumentos necesarios para la medición de estas variables.

En el capítulo tres haremos la descripción de los diferentes tipos de estaciones meteorológicas de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se clasificarán por el tipo de información que manejan y mencionaremos los requerimientos generales para su instalación y algunas características propias de las mismas. La estación meteorológica que cumple con los requerimientos y especificaciones técnicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) será propuesta en este capítulo. En consecuencia presentaremos una selección de equipos e instrumentos que integrarán la estación requerida por el Meteorológico Nacional y que cumplen con los requisitos de la Organización Mundial de Meteorología.

En el capítulo cuatro trataremos acerca del manejo y características de la información que generarán este tipo de estaciones, tanto en su transmisión como en su recepción.

El desarrollo de la red de estaciones de monitoreo propuesta por el Servicio Meteorológico Nacional para la República Mexicana se describirá en el capítulo cinco, presentando la ubicación de cada una de las estaciones en forma tabular. Como complemento de lo anterior haremos una estimación de los costos de instrumentos y equipos propuestos. Así mismo haremos algunas recomendaciones para la instalación de las mismas.

Finalmente presentaremos los resultados y las conclusiones del presente trabajo, así como la bibliografía y el apéndice correspondiente.

En este capítulo presentaremos una breve reseña histórica de los hechos más relevantes que han impactado en el desarrollo de la meteorología a nivel mundial y en México. También, veremos como la creación del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a contribuido al conocimiento de los fenómenos meteorológicos para beneficio de la sociedad mexicana.

Por otro lado, plantearemos la necesidad en la modernización de la red meteorológica nacional.

1.1. ANTECEDENTES DE LA METEOROLOGIA

Los antiguos pueblos, viviendo en su mayor parte al aire libre, hubieron de recoger hechos empíricos de observación que luego se reunieron en la llamada "meteorología popular". El primer tratado sistemático de meteorología fue la llamada "Meteorológica" escrita por Aristóteles (384-322 a.c.) En los siguientes 2000 años no se produce ningún adelanto meteorológico digno de consideración . La meteorología como parte de la ciencia física empezó a considerarse en el siglo XVII, época en que se enunciaron las leyes de los gases y se inventaron muchos instrumentos de medida tales como el termómetro de Galileo Galilei en 1607 ó el barómetro de Torricelli en 1643. Lavoisier, entre 1783 y 1800, determinó la composición química de la atmósfera, y Dalton estudió las variaciones de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, de este modo se establecieron las bases de la meteorología moderna. Uno de los principales avances del siglo XIX fue la creación de mapas o gráficos. El empleo de estos métodos ayudaron a establecer leyes empíricas referentes a la naturaleza meteorológica de las tempestades y su comportamiento. Entre 1850 y 1875 muchos países fundaron servicios meteorológicos con lo que se le dio formalidad a esta ciencia a partir del siglo XIX. El uso de los globos sonda ha facilitado el estudio de la atmósfera a grandes altitudes y a partir de 1945 el radar ha permitido trazar diagramas de la distribución de los fenómenos meteorológicos para diferentes alturas facilitando el pronóstico del tiempo, actualmente con el uso de los satélites artificiales se tiene una mayor cobertura de estos fenómenos.

La Meteorología moderna se propone mediante el uso adecuado de instrumentos, averiguar el estado atmosférico y sus modificaciones, deduciendo científicamente las leyes por las que se rige y por lo tanto, anticiparse a sus consecuencias para el beneficio de las actividades humanas. Los instrumentos meteorológicos pueden registrar los fenómenos atmosféricos tales como la radiación solar, la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, la lluvia, la nieve, etc.

Actualmente los centros meteorológicos en todo el mundo se encuentran en gran actividad ya que realizan observaciones a grandes alturas en la atmósfera, multiplican sus estaciones y cuentan con buques exploradores, organizan ascensiones aerostáticas, elevan sondas globo e instalan observatorios en las cimas de los montes, entre otras actividades.

Tradicionalmente la información de las observaciones meteorológicas han sido transmitidas mediante telegramas, que se utilizan luego para correlacionar datos de observaciones con el tiempo atmosférico. Los reportes obtenidos son enviados a un Instituto Central que los recoge y procesa para su posterior utilización. Los observatorios meteorológicos se organizan generalmente a expensas del Estado y raramente por particulares.

Después de la segunda guerra mundial, gracias a los adelantos electrónicos y aplicaciones básicas en computadora, las predicciones meteorológicas subjetivas y objetivas, fueron posibles dando una mayor importancia al desarrollo de la Meteorología.

En 1963 las Naciones Unidas (ONU) crea la Organización Mundial de Meteorología (OMM), que es una agencia especializada cuya finalidad es facilitar la cooperación Internacional en materia de meteorología e hidrología; En esta misma década se inaugura el Observatorio Meteorológico Mundial (*World Weather Watch*), esta agencia fue creada para analizar y recolectar todos los datos climatológicos a nivel mundial, mediante un centro de procesamiento de información la cual tendría la finalidad de pronosticar los cambios climatológicos a nivel mundial, esta agencia se encuentra ubicada en Washington, D. C.

A partir del lanzamiento del primer satélite meteorológico en 1960, se obtuvo un gran avance en el monitoreo continuo de los cambios meteorológicos de la atmósfera terrestre utilizando cámaras y sensores instalados en el satélite, teniendo como ventaja que la información es transmitida en tiempo real a un puesto central en la tierra. En la *figura 1.1* se muestra una fotografía de la tierra tomada por un satélite.

Gracias a estos avances muchos sectores de la sociedad se benefician con las predicciones meteorológicas como: la aviación, la marina, la industria, la agricultura, y por supuesto el público en general. Por lo anterior, los gobiernos, universidades y algunas empresas privadas continúan patrocinando programas de investigación atmosférica y climatológica.

1.2. LA METEOROLOGIA EN MEXICO

Las primeras observaciones meteorológicas en el país las realiza Miguel Velázquez de León, en la Hacienda de Pabellón, en Aguascalientes, y en el Colegio del Sagrado Corazón de Jesús, en Puebla, en los años de 1869 y 1875, respectivamente.



Figura 1.1 Fotografía de la tierra tomada por un satélite.

1.2.A. Servicio Meteorológico Nacional

Por decreto del presidente Porfirio Díaz, el 6 de marzo de 1877 se instala en la ciudad de México el Observatorio Meteorológico Central, ubicado en el Palacio Nacional bajo la dirección del ingeniero Marinao Bárcenas.

Posteriormente se organiza la red meteorológica con apoyo de los gobiernos de los estados, quedando integrada con 20 estaciones climatológicas, 9 observatorios y un sistema de telecomunicaciones vía telégrafo.

Debido a la sequía de los años de 1876 y 1877, en junio de 1878, se difunde la importancia de las observaciones meteorológicas, las cuales proporcionaron información del comportamiento de la lluvia, en ese entonces de gran interés para los agricultores, quienes la recibían a través de los boletines diarios que se publicaban en los periódicos.

Con motivo del movimiento revolucionario de 1910, este servicio se vio interrumpido y se reanuda hasta que, en 1916 el Observatorio Meteorológico instalado en el Palacio Nacional se trasladó a Tacubaya (sitio que ocupa actualmente). En la década de los cuarenta del presente siglo, se inicia en algunas ciudades importantes del país, el registro de la dirección e intensidad de los vientos de la alta atmósfera, mediante el lanzamiento de globos. En 1948 se realizaron los primeros sondeos atmosféricos en la ciudad de México, determinando temperatura, humedad, presión atmosférica y vientos, con lo que se comenzaron las investigaciones sobre el perfil vertical de la atmósfera en nuestra ciudad.

En el año de 1970, México adquirió el primer equipo receptor de imágenes vía satélite obteniendo información de la nubosidad de la República Mexicana cada media hora, facilitando a los meteorólogos imágenes nacionales, regionales y globales de la tierra. En la *figura 1.2* se muestra una imagen típica obtenida por un satélite.

1.2.B. Infraestructura actual del Sistema Meteorológico Nacional

El Sistema de Observación Meteorológica de nuestro país está constituido por:

- 77 observatorios sinópticos de superficie.
- 12 estaciones de radiosondeo-viento.
- 4100 estaciones climatológicas ordinarias de diferentes dependencias.
- 5 estaciones de radar meteorológico.
- 1 estación terrena de recepción de imágenes de satélite.

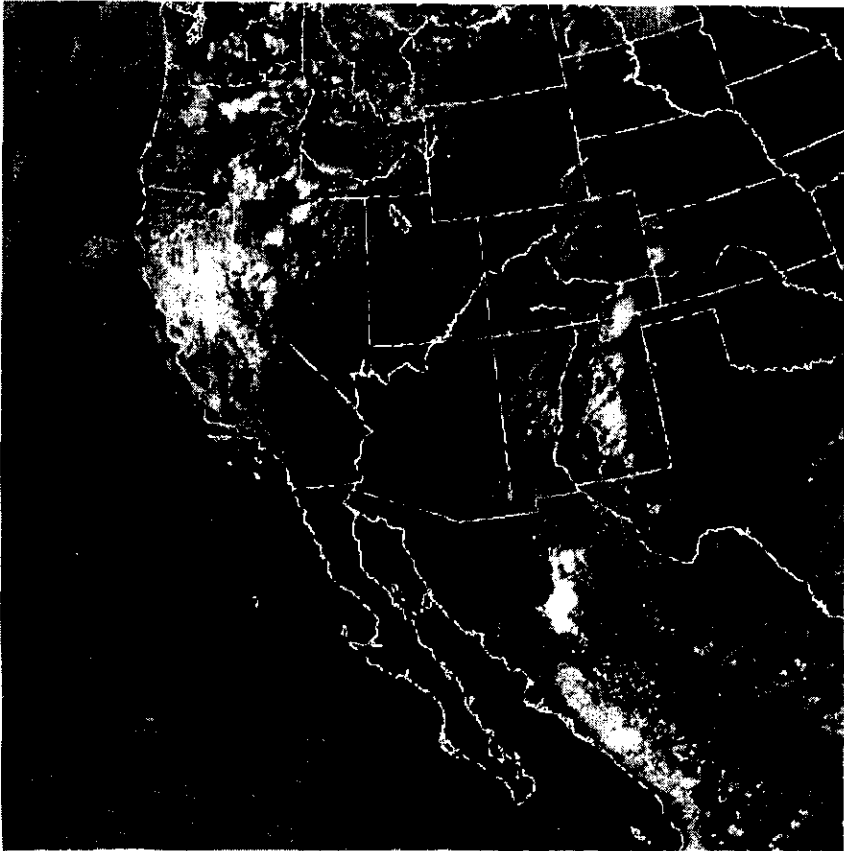


Figura 1.2 Imagen típica obtenida por un satélite.

Los observatorios y estaciones de radiosondeo cuentan con comunicación a los centros regionales y al SMN para facilitar el intercambio de datos y de información meteorológica nacional e internacional.

1.2.C. Relación del Servicio Meteorológico Nacional con otros organismos

Desde 1969 el Servicio Meteorológico Nacional participa como miembro activo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). En el ámbito nacional, en 1973 se crea la Comisión Intersecretarial del Sistema Meteorológico Nacional, para establecer la coordinación entre los diversos servicios meteorológicos que existen en el país; en la que participan las Secretarías del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la de Relaciones Exteriores, la de la Defensa Nacional, la de Marina, la de Comunicaciones y Transportes, la de Hacienda y los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM).

1.2.D. Importancia de la meteorología en el desarrollo de la vida nacional

Las actividades humanas, se afectan inevitablemente en muy diferentes formas por los diversos fenómenos meteorológicos, lo cual ha motivado que la sociedad requiera de información de la más variada índole, haciendo por ello muy importante el estudio y la previsión de las condiciones meteorológicas. México es uno de los países más expuestos a la acción de los huracanes, que se generan en sus dos océanos, por lo que su previsión oportuna permite tomar medidas para disminuir los daños que pudieran causar, y obtener como beneficio el almacenamiento de los grandes volúmenes de agua generados por los escurrimientos provocados por este tipo de fenómenos.

Los estudios meteorológicos y la previsión del tiempo oportuna, ayudan al desarrollo de la agricultura, que representa una fuente de trabajo para un gran porcentaje de la población que se dedica a esta actividad.

La importancia de la meteorología para el transporte aéreo, terrestre y marítimo es ampliamente conocida, basta señalar que aunque los progresos técnicos modernos han producido aparatos capaces de navegar en cualquier condición meteorológica, sigue siendo *fundamental el pronóstico del tiempo* para las operaciones aeronáuticas, lo mismo que para las marítimas. La determinación de las condiciones atmosféricas y el pronóstico meteorológico son de gran interés para el público en general, ya que a partir del mismo puede fijar la forma en la cual va a desarrollar sus actividades diarias.

Como un dato adicional, en países desarrollados del mundo, las estimaciones sobre la relación beneficio/costo orientadas a evaluar el rendimiento de servicios meteorológicos modernos y efectivamente integrados a las actividades nacionales,

muestran valores que exceden la razón de 20 a 1. Además, en condiciones meteorológicas extremas (sequía, inundaciones, etc.) esta relación puede alcanzar valores mayores.

Finalmente, una vez que el dato meteorológico de hoy se convierte en historia, o sea estadística climatológica, es primordial su utilización para cualquier proyecto de planificación económica y social.

1.3 LA NECESIDAD DE UNA RED AUTOMÁTICA

Como pudimos darnos cuenta en el punto anterior, la inquietud por la observación de los fenómenos meteorológicos ha estado presente desde tiempos inmemoriales. Esta inquietud ha provocado el desarrollo de métodos e instrumentos para hacer más eficientes estas observaciones, permitiendo incluso la medición de variables que a su vez a permitido elaborar estadísticas y generar cartas meteorológicas, con las cuales los meteorólogos elaboran sus predicciones del tiempo tan necesarias para diferentes actividades. En la *figura 1.3* se muestra un ejemplo de una carta meteorológica en la que se aprecian las líneas isobáricas.

Desde la invención del termómetro hasta nuestros días ha habido grandes avances tecnológicos que han permitido hacer más fácil y confiable el trabajo de los meteorólogos. México no ha sido ajeno a estos logros, aunque de una forma más lenta comparada con otros países de mayores recursos económicos.

En visitas realizadas al Servicio Meteorológico Nacional de la Ciudad de México, constatamos que efectivamente cuenta con equipo de vanguardia en lo que concierne a la captación de imágenes vía satélite que permite el seguimiento de diferentes fenómenos meteorológicos, tales como tormentas tropicales y huracanes. Por otro lado, tenemos que la reciente instalación de radares en diferentes partes de la República Mexicana, han permitido incluso predecir el lugar exacto de arribo de estos fenómenos para alertar con anticipación a las poblaciones que se verán afectadas por el mismo, permitiendo planear labores de prevención, minimizando los efectos dañinos que ocasionan este tipo de tormentas.

Sin embargo, por parte del personal de esta institución, existe la inquietud por el atraso, la obsolescencia y la falta de mantenimiento que existe en las estaciones climatológicas remotas que se encuentran diseminadas por todo el territorio nacional en un número de casi 3000.



Figura 1.3 Ejemplo de una carta meteorológica en la que se aprecian las líneas isobáricas

1.3.A. OPERACION DE UNA ESTACION TIPICA DE LA RED METEOROLOGICA

Estas estaciones prácticamente no han sufrido cambios en su instrumentación desde que fueron instaladas, algunas de ellas con una antigüedad de cerca de 50 años. La información que reportan este tipo de estaciones se basa prácticamente en la observación, habilidad y en ocasiones el criterio del operador para efectuar sus lecturas. La operación de estas estaciones se podría resumir de la siguiente manera:

Primero: al encargado de cuidar la estación y tomar las lecturas de los instrumentos (comúnmente se les conoce como gratificados) se le fija un horario en el cual debe de efectuarlas; el encargado efectúa sus mediciones de una manera visual y aproximada en lo referente a la velocidad y la dirección de viento, ya que la veleta y el anemómetro no permite hacerlo de otro modo, toma lecturas de temperatura y humedad relativa utilizando termómetros de mercurio colocados en una caseta de madera; en caso de que ocurra lluvia, la medición la realiza utilizando una regla de madera para medir la lluvia acumulada en un recipiente (pluviómetro), también toma mediciones de evaporación midiendo el cambio de nivel en una tina de evaporación auxiliándose de un Micrómetro.

Segundo: después de haber tomado las lecturas de todos los instrumentos las vacía en una bitácora, y si cuenta con un radio a su disposición, o un teléfono cercano, los reporta a la Gerencia Regional correspondiente, en caso contrario tendrá que esperar a terminar las lecturas del día y completar el reporte para enviarlo o llevarlo personalmente.

La Gerencia, una vez que tiene los reportes de todas las estaciones a su cargo, genera un reporte global, el cual transmite vía radio, telefónica o por Fax al Servicio Meteorológico Nacional, el cual a su vez elabora los reportes climatológicos necesarios para transmitirlos a nivel nacional a través de los medios de comunicación. De lo anterior nos podemos dar cuenta que este procedimiento realmente no es lo suficientemente rápido y confiable como habría de esperarse de un servicio tan importante como lo es el del estado del tiempo.

Como consecuencia de lo anterior muchos usuarios de esta información recurren a otras fuentes para la obtención de estos datos, tales como al SENEAM, la Secretaria de Marina, la Secretaria de la Defensa Nacional, y en muchos casos a fuentes extranjeras, como el Wheeler Channel, y en caso de ciudades fronterizas, a los Servicios Meteorológicos de las ciudades cercanas a los Estados Unidos.

De la situación anterior, es como surge la idea de implementar una red de estaciones automáticas que transmitan la información continua e instantánea utilizando los satélites GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites), los que se encuentran operando desde 1990 y a disposición de todos los países miembros de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y a la cual pertenece México. Con esta red de estaciones se obtendría información a tiempo real, y como

resultado tener pronósticos confiables, precisos y oportunos. Las estaciones se instalarían en lugares estratégicos y aun en lugares remotos, trabajarían con baterías recargables con energía solar, utilizando para ello un panel fotovoltaico, prescindirían de un operador y eventualmente requerirán de mantenimiento.

La temperatura, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, la radiación, la precipitación ó lluvia y la evaporación son variables que pueden medir las Estaciones Climatológicas. Cabe mencionar que algunas de estas estaciones se instalarán en lugares donde existen presas, ríos o lagos, estas estaciones al incluir un sensor de nivel de agua se les denominará como Estaciones Hidroclimatológicas.

1.4 SATELITES

A lo largo de este trabajo mencionaremos a los satélites, por lo que consideramos necesario escribir un poco de este tema. En este apartado haremos una breve reseña histórica de los mismos, también veremos un poco sobre sus características y forma de operación.

Antes de 1957, el término satélite se refería principalmente a cuerpos celestes que giran alrededor de otros cuerpos de mayor tamaño. El concepto hoy ha cambiado y a esos cuerpos celestes se les ha denominado "Satélites naturales o lunas". Cuando se lanzó el primer satélite artificial "El Sputnik 1" y éste orbitó alrededor de la tierra, la era espacial había nacido, este primer lanzamiento fue realizado por la Unión Soviética.

Los aparatos o equipos de manufactura humana que rotan o giran sobre un cuerpo astronómico, que toman datos de su entorno, que reciben y transmiten información, se les denomina "Satélites artificiales".

En la actualidad alrededor de la Tierra giran cientos de satélites artificiales que son usados para la comunicación, para el pronóstico del tiempo, la navegación, la observación militar, etc.,

La mayoría de los satélites artificiales han sido puestos en órbita por cohetes diseñados para tal fin; sin embargo, otros han sido puestos en órbita terrestre por medio de trasbordadores espaciales. Un satélite artificial que orbite sobre la tierra debe ser colocado a más de 180 km sobre la superficie terrestre.

El tiempo requerido por un satélite para completar una revolución alrededor de la tierra dependerá de su altitud, por ejemplo, si éste se localiza a 35,900 km sobre la superficie terrestre (aprox. 5.5 veces el radio de la tierra), le tomará exactamente 24 horas o un día terrestre para circundar a la tierra. A este tipo de satélites se les denomina *sincrónicos*, por estar sincronizados con el movimiento de la tierra. Si el satélite permanece fijo respecto de la superficie terrestre se le denomina satélite

geostacionario, esta característica es empleada mayormente por los satélites usados en comunicaciones y los del tipo climatológico.

Las órbitas polares siguen un patrón perpendicular a la línea ecuatorial. En un plano terrestre estos satélites pasan por los polos norte y sur. Este tipo de órbita es utilizada para estudiar la superficie terrestre y para el pronóstico meteorológico.

Como funciona un Satélite Artificial

Respecto a su estructura, ningún satélite requiere de líneas aerodinámicas, puesto que en el espacio desaparece esta necesidad por la carencia de aire. En general su estructura principal tiene dos funciones: al principio de la misión deberá resistir la aceleración del cohete portador hasta el momento de entrar en órbita, segundo mantener unidas las partes del satélite como una estructura rígida que soporte los movimientos esporádicos de los pequeños cohetes para maniobras de ajuste de posición.

Los satélites son muy sensibles a las más ligeras averías, una falla cualquiera puede significar una pérdida total del satélite, ya que su mantenimiento o recuperación son difíciles y costosas, por tal razón los equipos importantes como antenas, controles y otros dispositivos se instalan por duplicado y triplicado.

El control de la temperatura dentro y fuera de un satélite es un problema de consideración, al pasar alternadamente entre el sol y la sombra de la tierra la variación de temperatura fluctúa entre los 100° C y -60° C. Por esta razón para conseguir un buen acondicionamiento térmico se emplea el principio de emitir hacia el exterior del satélite la misma cantidad de energía térmica que es absorbida por las paredes o producida por los equipos de abordo y tener así una temperatura estable. Una forma para balancear la cantidad de energía térmica es utilizando superficies reflejantes o absorbentes de calor, algunos equipos que por sus características deben estar protegidos, son presurizados o se instalan con dispositivos de control de temperatura.

A los dispositivos utilizados para mantener a los satélites en una órbita o posición espacial, se les denomina estabilizadores, tanto la órbita del satélite como su altitud pueden ser corregidas por pequeños cohetes impulsores de aire comprimido, o nitrógeno, o de gases que al mezclarse se inflaman en una cámara de combustión sin necesidad de sistema de ignición, al ser encendidos los impulsores aceleran o desaceleran al satélite moviéndolo a una altitud adecuada para su buen funcionamiento.

La energía interna que hace funcionar al satélite, usualmente es proporcionada por celdas solares montadas en paneles exteriores que convierten la luz solar en energía eléctrica. Un grupo de baterías secundarias son utilizadas cuando el satélite está a la sombra de la tierra. Estas baterías son recargables y de alto rendimiento construidas con níquel-cadmio, plata-cadmio o plata-zinc.

La comunicación entre el satélite y las estaciones de rastreo es a través de enlaces de radiofrecuencia VHF, por lo general los satélites utilizan diferentes bandas de frecuencia. A través de una de ellas se sigue la localización del satélite, por otra frecuencia se envían ordenes de control, y en otra frecuencia se realiza la transmisión de datos. Algunos satélites tienen antenas omnidireccionales, otros tienen antenas direccionales de alta ganancia del tipo parabólico.

En forma general las estaciones de rastreo que siguen a los satélites pueden clasificarse por la importancia de sus instalaciones y la misión específica que tienen asignada. Algunas estaciones se limitan a controlar la órbita del satélite, otras se dedican a recibir la información que maneja el satélite, algunas poseen antenas parabólicas o de tipo helicoidal para la transmisión y recepción de la información.

Satélites Meteorológicos

Los satélites meteorológicos clásicos están equipados con cámaras fotográficas que fotografían parte de la superficie terrestre, presentando la nubosidad de la zona donde se encuentran, la fotografía es procesada y es enviada a las estaciones receptoras terrestres. A este sistema se le denominó APT (*Automatic Picture Transmission*) y fue puesto en servicio por la NASA en 1966.

Como equipos auxiliares algunos satélites llevan radiómetros, con los cuales pueden determinar la temperatura en la superficie o en la estratósfera, también pueden determinar el grado de humedad relativa y el porcentaje de radiación visible o infrarroja reflejada por las nubes.

Los satélites climatológicos TIROS (*Television and Infra Red Observation Satellite*) empezaron a funcionar con observaciones de fotografía-televisión y radiaciones infrarrojas en 1960, e hicieron posible la detección de tornados con lo que fue posible la previsión de la población civil.

En 1969 la NASA lanzó el NIMBUS III y fue equipado con un sensor infrarrojo, con el cual detectó las corrientes tibias y frías de los océanos, fotografió la nubosidad para nieve, hielo y lluvia, toda esta información fue útil para la predicción del tiempo.

En 1970 un sistema de satélites de órbita polar fue puesto en operación y se le denominó ITOS (*Improved Tiros Operational Satellites*), al mismo tiempo con una órbita geostacionaria se lanzaron los satélites GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*). Los ITOS tenían un radiómetro de temperatura vertical, mientras que los GOES proveían datos del movimiento de las nubes. Hacia fines de los 70's e inicios de los 80's estos sistemas empezaron a ser sustituidos por modelos más actuales, por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) en su serie 6-10 para los ITOS y los GOES en la serie 2-6.

Los satélites polares ITOS continúan suministrando datos para modelos climatológicos, portando instrumentos para sondeo de temperatura, absorción-reflección de la radiación solar y cantidad de ozono en la atmósfera.

El GOES-5 monitoreó el este del Océano Pacífico y el oeste de los Estados Unidos, fallando este en julio de 1984. El GOES-6 monitoreó el oeste del Océano Atlántico y el este de los Estados Unidos, cubriendo por un tiempo las funciones del GOES-5 hasta que fue lanzado el satélite sustituto en febrero de 1987 denominándolo GOES-East, reportando datos climatológicos del Golfo de México y del océano Atlántico. Por otra parte el GOES-6 se renombró como GOES-West, monitoreando el este del Pacífico, desafortunadamente este falló en 1989, y el GOES-East fue movido a una posición más al oeste para compensar la pérdida del GOES-West. El GOES-7 fue lanzado en 1991 y se encuentra operando hasta la fecha. Todo el sistema GOES provee en forma continua día y noche fotografías de la nubosidad de toda la tierra.

Investigando en el Servicio Meteorológico sobre los requerimientos de información para estaciones meteorológicas con transmisión vía satélite, obtuvimos el dato de que con 2000 estaciones colocadas estratégicamente en el país, se cubrirían las necesidades de obtención de datos meteorológicos, pero que, por lo pronto ellos sólo definirían, como una primer etapa, 600 lugares que consideran los más importantes para la colocación de este tipo de estaciones. Dentro de estas 600 se definiría una Red Base, compuesta por 150 estaciones ubicadas en lugares considerados como críticos. A partir de este momento nos abocaremos a la definición y selección del equipo que conformarán nuestras Estaciones Climatológicas e Hidroclimatológicas Automáticas con transmisión de datos vía satélite.

CAPITULO II

CONCEPTOS GENERALES

Las condiciones atmosféricas, particularmente las variaciones en el "estado del tiempo" y sus efectos sobre la tierra, son objeto de estudio de la Meteorología. La Meteorología estudia la dinámica de la atmósfera de la tierra en un esfuerzo por predecir y controlar las acciones atmosféricas, auxiliándose de la física, la química, la estadística y otras ciencias.

En este capítulo desarrollaremos en forma general los principios y definiciones de las principales variables atmosféricas y mencionaremos los instrumentos y aparatos con que se pueden medir. Más adelante haremos una descripción más detallada de los instrumentos meteorológicos para la medición de dichas variables.

2.1. MEDICION DE VARIABLES

El estado del tiempo está definido como el estado momentáneo "día a día" de la atmósfera sobre alguna porción de la superficie terrestre.

El clima se podría definir como "la suma total de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre". Las condiciones básicas atmosféricas que constituyen el "estado del tiempo" están determinadas principalmente por la temperatura, la humedad atmosférica, el viento, la presión atmosférica, la precipitación o lluvia, la radiación solar y la evaporación. A continuación analizaremos dichas variables.

2.1.A. Temperatura

La temperatura de un cuerpo es la medida de la agitación de sus moléculas o intensidad de calor, que puede determinarse como un número medido en una escala.

La temperatura tiene influencia en muchos fenómenos físicos de la naturaleza y en los procesos fisiológicos de los organismos vivos, tales como: respiración, fotosíntesis, asimilación y transpiración, ya que éstos transcurren solamente a determinadas temperaturas.

La parte de la Meteorología que abarca los estudios y técnicas sobre la medida de la temperatura se llama Termometría, gracias a ésta podemos definir algunas características físicas y propiedades de la temperatura, que a continuación se mencionan:

a) Calor

Es la cantidad de energía térmica que un cuerpo tiene en un instante dado y además tiene la capacidad de efectuar un trabajo mecánico.

El calor en un cuerpo depende cuantitativamente de su nivel térmico, de su cantidad de materia o masa, y de su capacidad de almacenar energía en forma térmica dependiendo de la naturaleza del cuerpo.

b) Transmisión del calor

Es la forma en que la energía térmica pasa de un cuerpo a otro por efecto de una diferencia de temperaturas. Las formas en que se transmite pueden ser por:

b.1. Conducción.- Es el flujo de energía térmica de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, sin que haya transferencia de material, mediante interacciones atómicas o moleculares. Por impacto inelástico en el caso de fluidos (gas o líquido), oscilaciones en los sólidos no conductores de electricidad y por movimiento de electrones en los sólidos conductores de electricidad (metales).

b.2. Convección.- Es la transmisión de energía térmica en el propio cuerpo del fluido (gas o líquido) cuando se desplaza al estar en contacto con una fuente de calor. Una parte del fluido (la que está en contacto con la fuente de calor) al calentarse se dilata, disminuye su densidad y tiende a ascender; la otra parte del fluido, más fría y más densa, tiende a descender dando lugar a corrientes convectivas, las cuales producen así una mezcla de moléculas en el cuerpo del fluido. Por ejemplo, el calentamiento libre o forzado del aire en una habitación (calefacción).

Para que se produzca transmisión de calor por convección, antes debe haber un proceso de transmisión de calor por conducción.

b.3. Radiación.- Es la emisión y propagación de energía por medio de ondas electromagnéticas, las cuales se desplazan a la velocidad de la luz (300 000 km./s) a través del espacio y sin intervención activa de la materia, incluso sin requerir necesariamente de un medio para su propagación. Un ejemplo común es la radiación que el sol emite a la tierra

Existen dos tipos de radiación a saber:

* La Radiación electromagnética.- Que es la emisión y propagación de ondas electromagnéticas (no necesitan para propagarse de ningún medio elástico y pueden hacerlo en el vacío).

* Y la Radiación corpuscular.- Que está constituida por partículas materiales como electrones, protones, neutrones, etc. (Los cuales contienen energía cinética).

c) Escalas termométricas

Las escalas prácticas de temperatura se basan en dos puntos fijos que corresponden a temperaturas que pueden reproducirse fácilmente. Los dos puntos

fijos reconocidos internacionalmente son el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua.

* Punto de fusión del hielo.- Es la temperatura a la cual el hielo puro se funde a la presión externa de 1 atm. normal, a 45° de latitud.

* Punto de ebullición del agua.- Es la temperatura a la cual el agua pura hierve cuando la presión externa es igual a 1 atm normal, a 45° de latitud.

Normalmente existen dos escalas para la medición de la temperatura, que son:

* Centígrada ó Celsius (°C).- Escala internacional en la cual se asigna el valor de 0 grados al punto de fusión de hielo y 100 grados al punto de ebullición del agua.

* Fahrenheit (°F).- En esta escala se asigna el valor de 32 grados al punto de fusión del hielo y 212 grados al punto de ebullición del agua.

d) Escalas absolutas

Puesto que el límite inferior absoluto de la temperatura puede ser localizado exactamente, pero nunca alcanzado, se han establecido escalas cuyo origen es el cero absoluto; así se tienen otras dos escalas, que son:

* Kelvin (°K).- Da el valor de 273.16 grados al punto de fusión del hielo y 373.16 grados al punto de ebullición del agua.

* Rankine (°R).- Da el valor de 491.7 grados al punto de fusión del hielo y 671.7 grados al punto de ebullición del agua.

e) Propiedades físicas de la materia

La construcción de instrumentos de medición de temperatura se basa en los efectos físicos del calor sobre la materia tales como:

- * La dilatación de un líquido encerrado en un tubo de vidrio.
- * La dilatación de un líquido dentro de una envoltura metálica y que provoca un aumento de presión.
- * El 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 bimetálica).
- * La variación de resistencia eléctrica de un hilo de platino.
- * La variación de la resistencia de una mezcla especial de sustancias químicas (termómetro de termistancias).

Basados en los anteriores efectos físicos tenemos los siguientes:

f) Aparatos para medir la temperatura

- * Termómetro de líquido en tubo de vidrio (termómetro común o seco)
- * Termómetro de extremas
 - a) Termómetro de máxima (Negretti)
 - b) Termómetro de mínima (Rutherford)
 - c) Termómetro tipo Six de máxima y mínima
- * Termómetro de honda
- * Termómetro de aspiración de Assmann
- * Termómetro de líquido en envoltura metálica
- * Termómetro bimetalico
- * Termómetro de resistencia de platino
- * Termómetro de termistancias
- * Geotermómetros

Además, existen otros aparatos que tienen integrado algún dispositivo para obtener una gráfica de los datos de temperatura, a estos se les conoce como termógrafos.

2.1.B. Humedad atmosférica

La humedad de la atmósfera es el vapor de agua que, en un porcentaje muy variable según el espacio y el tiempo, está presente en la troposfera (capa de la atmósfera que se prolonga desde el nivel del mar hasta una altura media de 11 km.). Existe una rama de la Meteorología llamada Psicometría que estudia la humedad y otras propiedades termodinámicas de la atmósfera.

a) Importancia del vapor de agua

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

*Absorbe selectivamente por medio de varias bandas de absorción la energía irradiada por la Tierra, por 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 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.

*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 aumentar o disminuir un grado de temperatura en un volumen de 2000 m³ de aire. Constituye por esto un vehículo de transporte de energía en la atmósfera que es fácilmente acarreada por los vientos a grandes distancias.

*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.

*Por su condensación o congelación produce numerosos fenómenos meteorológicos como: nubes, niebla, nieve, granizo, rocío, etc.

b) 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:

La diaria.- Su marcha diaria es inversa a la de la temperatura.

La anual.- Determinada por la variación anual de la temperatura y por el régimen pluviométrico.

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.

La causada por la latitud.- Esta variación es muy irregular. Con la latitud disminuye la temperatura del Ecuador hacia los polos.

Los anteriores parámetros son muy importantes para la realización de estadísticas meteorológicas.

c) Formas como se expresa el contenido de vapor de agua en la atmósfera

Para tener mediciones prácticas se han definido los siguientes parámetros:

Humedad absoluta.- Es la verdadera cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera, o sea es el peso del vapor de agua por unidad de volumen de aire y se expresa en:

gramos de vapor de agua /m³ de volumen de aire

Como estas unidades dependen de la presión del aire, ya que cambian con la altura, se da preferencia a dos unidades que son independientes de la presión del aire, esto es:

i) Geotermómetros

Son termómetros con los cuales se hace la medición de la temperatura del suelo. Por tratarse de un medio heterogéneo compuesto por sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. La instalación de dichos instrumentos debe ser realizada muy cuidadosamente, para lograr un contacto directo entre el suelo y el bulbo del termómetro.

La temperatura del aire y la del suelo están estrechamente relacionadas. Por esta razón, en los observatorios meteorológicos importantes se registra la temperatura del suelo. Las observaciones de temperatura del suelo se hacen a las siguientes profundidades : 5, 10, 15, 30, 50 y 100cm .

El bulbo del Geotermómetro está enterrado a la profundidad indicada y el tubo capilar es suficientemente largo como para sobrepasar el nivel del suelo y permitir la lectura. Cerca del bulbo el tubo está acodado, ello facilita al observador la lectura del termómetro; pues éste emerge del suelo en forma inclinada. En la *figura 2.8* se muestra este tipo de Geotermómetros.

j) Termógrafo

Es un aparato graficador que registra continuamente sobre una gráfica la temperatura del aire . El elemento sensible puede ser de dos clases :

a) Un tubo metálico lleno de alcohol, de sección elíptica, que presenta una curvatura y unos de sus extremos fijos. Al aumentar la temperatura y dilatarse el alcohol, ejerce una presión que tiende a enderezar el tubo, el movimiento del extremo libre es transmitido y amplificado por un sistema de palancas a la plumilla inscriptora .

b) El otro sistema se basa en el principio del termómetro bimetálico, ya explicado anteriormente .

Cabe mencionar que los termógrafos, si bien tienen la ventaja de indicar la temperatura en cualquier instante, sus indicaciones siempre están afectadas por errores, debido a que no son del todo sensibles y exactos. Por ello, sus lecturas deben estar sometidas al control de las observaciones directas, efectuadas a horas fijas, para verificar la marcha del aparato de relojería y la temperatura inscrita. En la *figura 2.9* se muestran dos termógrafos.

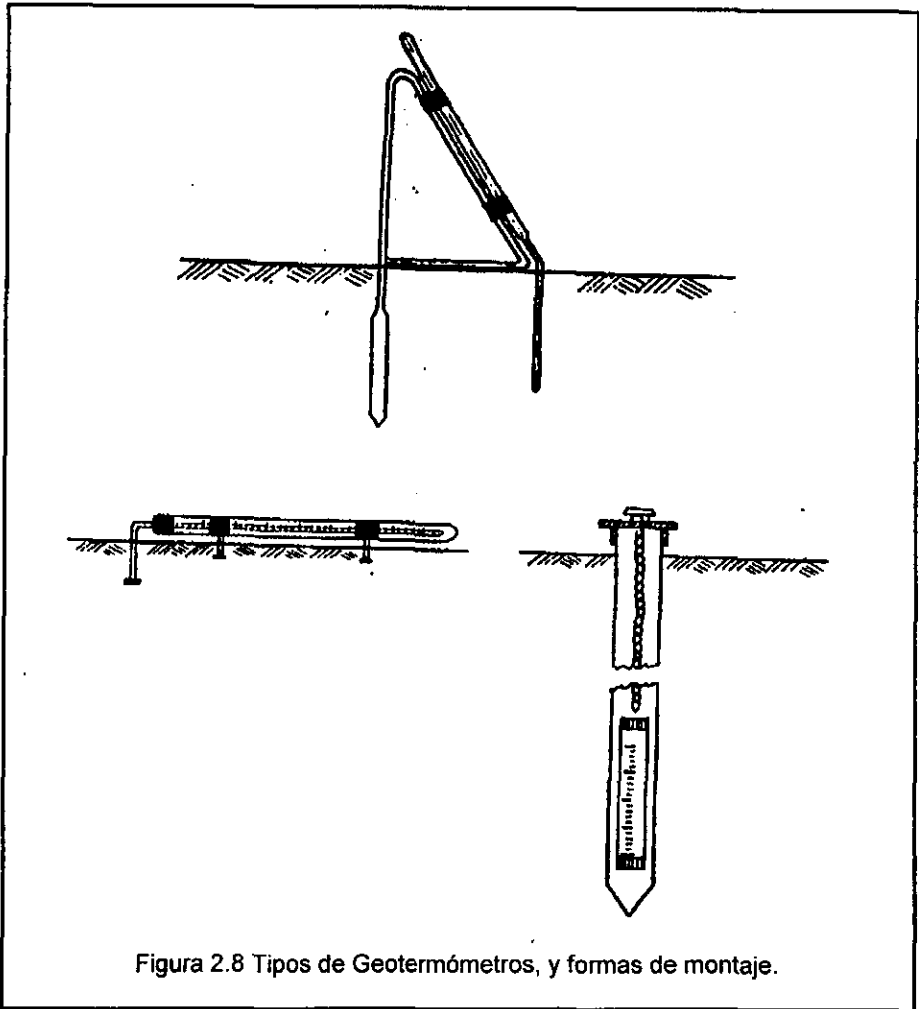


Figura 2.8 Tipos de Geotermómetros, y formas de montaje.

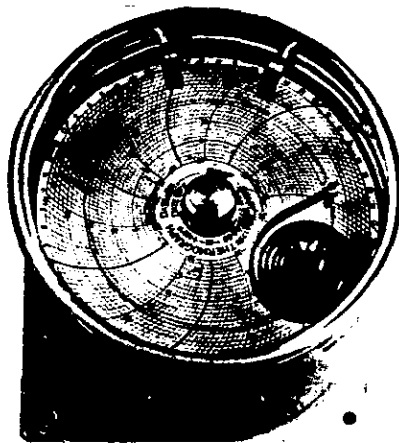
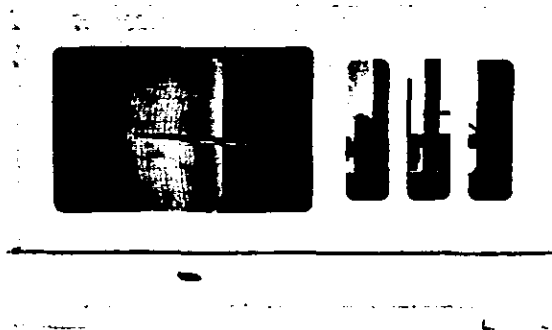


Figura 2.9.- Termógrafos.

2.2.B Aparatos para medir la humedad atmosférica

a) Higrómetro

Este instrumento sirve para medir la humedad relativa del aire, dentro de sus principales tipos tenemos:

a.1.- Higrómetro de cabello. El principio de funcionamiento de este higrómetro se basa en el alargamiento de un cuerpo higroscópico, siendo éste el cabello humano. Cuando el aire está húmedo los espacios intercelulares y las células mismas absorben vapor de agua y el cabello aumenta en longitud y diámetro produciendo un movimiento. El cabello que 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, el cual se apoya en un pivote 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 .

a.2.- Higrómetro Electrónico. El elemento sensor de este instrumento es un polímero que absorbe las moléculas de agua a través de un delgado electrodo metálico, este conjunto se comporta como un capacitor. El valor de la capacitancia cambia proporcionalmente a la humedad relativa. Su respuesta es lineal e independiente a la temperatura. Tiene un acoplamiento a un circuito electrónico que nos proporciona alta precisión y mediciones instantáneas.

Por su versatilidad son comúnmente usados para medir la humedad del ambiente en estaciones de monitoreo continuo meteorológico. En la *figura 2.10* se muestra este sensor.

b) Psicrómetro

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

Principios en que se basa :

a) El agua para evaporarse necesita absorber calor, aproximadamente 600 calorías por gramo (600 cal/gr), y éste lo obtiene de los cuerpos con los que está en contacto.

b) La evaporación del agua es tanto más rápida cuando más seco está el aire (se sobreentiende en igualdad de los restantes factores, como temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica, etc.).

Funcionamiento :

El Psicrómetro está compuesto de dos termómetros comunes de mercurio, uno seco y el otro húmedo, este último 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; este termómetro será enfriado por evaporación e indicará una temperatura T' inferior a la temperatura T 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 en definitiva de la humedad atmosférica, y el valor de la misma se lee directamente conociendo la diferencia psicrométrica en unas tablas previstas para tal efecto.

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

Tipos de Psicrómetros:

Psicrómetro simple (sin ventilación artificial).

Consta de dos termómetros, uno seco y otro húmedo, que se colocan verticalmente sobre la caseta meteorológica.

Las tablas empleadas para determinar la humedad se calculan habitualmente suponiendo que la velocidad media del aire a la altura de los depósitos de los termómetros es de 1 a 1.5 m/s. En la práctica la velocidad del aire a la altura de los depósitos a menudo difiere sensiblemente de la gama de valores adoptados. Los errores son quizá mayores cuando el aire es seco y cálido o cuando el viento es muy débil. En la figura 2.11 se muestra un Psicrómetro simple.

Psicrómetros con ventilación artificial :

a) Psicrómetro de Assmann o de aspiración .- No necesita estar instalado en la caseta, ya que sus termómetros están protegidos de los efectos de la radiación por pantallas de metal pulido. Una hélice dirige el aire hacia el depósito de los termómetros. En la figura 2.12 se muestra un Psicrómetro de Assman o de aspiración.

La ventilación forzada de los Psicrómetros de aspiración para caseta pueden también obtenerse por una hélice. La velocidad del aire aspirado, a la altura de los

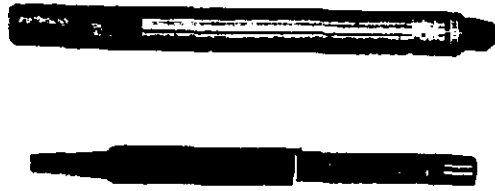


Figura 2.10.- Higrómetros electrónicos.

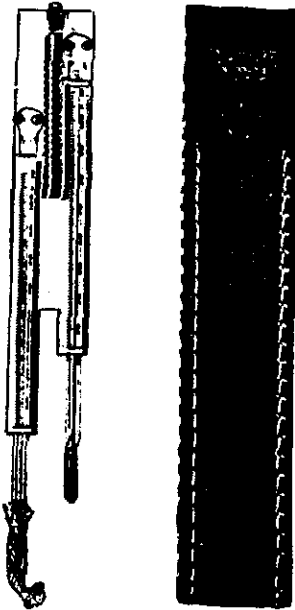


Figura 2.11.- Psicrómetro simple.

depósitos, no deberá ser inferior a 2.5 m/s, ni superior a 10 m/s en el caso de que los termómetros utilizados sean del modelo corriente empleado en las estaciones meteorológicas .

b) **Psicrómetro de honda o psicrómetro de manivela** .- En éste, los termómetros están colocados uno al lado del otro sobre la misma armazón metálica unida a un mango que permite hacer girar la montura para proporcionar la velocidad adecuada del aire, después de lo cual se toman en seguida las lecturas a fin de obtener resultados exactos .

Este tipo de psicrómetro debe utilizarse de un modo correcto en lugares protegidos de la radiación solar directa. En la *figura 2.13* se muestra un psicrómetro de manivela.

Los Psicrómetros de manivela y de Assmann, cuando están cuidadosamente calibrados y se usan de modo adecuado, dan exactitudes que se aproximan al 2% entre un 20 y 80% de humedad relativa y entre 10 y 44 grados centígrados . Puede presentar errores hasta un 5% de humedad relativa a temperaturas y humedades extremas.

c) Higrógrafo

Es un instrumento registrador que inscribe continuamente la humedad relativa del aire. Sigue el principio del higrómetro de cabello, por lo que se puede decir que el Higrógrafo es un higrómetro (elemento sensible) unido a un dispositivo registrador.

La faja del higrógrafo tiene grabadas horizontalmente las horas del día, y en la escala vertical están marcados los valores de 0 a 100, pues este instrumento da directamente los valores de la humedad relativa .

Los valores siempre están afectados por ciertos errores, comúnmente a causa de la falta de sensibilidad del instrumento.

2.2.C Aparatos que miden las componentes del viento

a) Veleta

Es un instrumento que permite determinar o registrar la " dirección " del viento en superficie . Generalmente posee una rosa de los vientos y una flecha cuya punta se mueve hacia la dirección de donde sopla el viento; algunas veletas pueden incluir una lámina que es movida por el viento sobre una escala que indica su velocidad en un instante determinado, como se muestra en la *figura 2.14*.

* Humedad específica. Que se expresa en:

gramos de vapor de agua / kg de aire húmedo

* Mezcla de humedad. Es la relación de la cantidad (masa) de vapor de agua a cantidad (masa) de aire seco. Y se expresa en:

g (de vapor de agua) / kg. (de aire seco)

Humedad relativa o porcentaje de humedad (HR).- Para expresar el contenido de vapor de agua en el aire es mejor basarse en la presión que ejerce, no en su masa. Por lo tanto se tiene que:

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

Donde "e" es la presión de vapor actual en el aire, y corresponde a la presión de vapor presente en el aire en un momento dado y se expresa en milibares (mb.).

"E" es la presión de vapor a saturación que corresponde a la presión de vapor máxima que puede tener la atmósfera para una temperatura dada, la humedad relativa se expresa en porcentaje.

Se dice que el aire está saturado de humedad cuando su humedad relativa (HR), es del 100%. A continuación presentamos un ejemplo del cálculo de la humedad relativa.

Si el aire a 20°C tiene una tensión de vapor a saturación (E) de 23.37 mb. y si sólo presenta una tensión de vapor actual (e) de 17.23 mb., se tiene que:

$$HR = 17.23/23.37 \times 100 = 74\%$$

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, la temperatura del termómetro seco y húmedo del psicrómetro son iguales.

El contenido de vapor de agua es constante para cualquier temperatura de punto de rocío, independientemente de las temperaturas seca y húmeda. Este concepto es

muy útil para expresar la humedad atmosférica, ya que se usa para pronosticar la posibilidad de formación de niebla, nubes, etc.

d) Aparatos para medir la humedad atmosférica

A continuación presentamos algunos de los aparatos más usuales en la medición de la humedad atmosférica :

***Higrómetros**

- a) Higrómetro de cabello
- b) Higrómetro electrónico

***Psicrómetros**

- a) Psicrómetro simple (sin ventilación artificial)
- b) Psicrómetro con ventilación artificial
 - b.1. Psicrómetro de Assmann o de aspiración
 - b.2. Psicrómetro de honda o psicrómetro de manivela

***Higrógrafos**

2.1.C. Viento

El viento es el aire en movimiento relativo a la superficie de la tierra, usado comúnmente para denotar la componente horizontal del movimiento del aire.

a) Causas del viento

El movimiento del aire se realiza casi horizontalmente y se produce entre dos sitios de diferente presión atmosférica; esto se debe a la diferencia del calentamiento de los sitios. El sitio con mayor calentamiento tiene el aire comparativamente menos denso.

El gradiente barométrico que se genera de este modo promueve el movimiento del aire, el cual tiende a igualar las diferencias laterales de temperatura, presión y humedad relativa que existen en la atmósfera. Esta igualdad nunca se alcanza, por que continuamente surgen y se crean nuevas diferencias.

Esta perturbación atmosférica básica ocurre tanto a escala planetaria con ritmo estacional como escala local con ritmo diario.

A escala planetaria, la desigual distribución de calor y de presiones se presenta en el fenómeno llamado Circulación General de la Atmósfera, la cual se caracteriza por presentar vientos convergentes y ascendentes, tanto en la zona ecuatorial como en latitudes medias, y vientos divergentes y descendentes en las regiones subtropicales y polares. A escala local, la presencia de lagos, mares y montañas

produce diariamente calentamientos desiguales, que se expresan en los típicos vientos conocidos como brisas costaneras y brisas de los valles.

b) Componentes del viento

Las dos componentes fundamentales del viento son dirección y velocidad.

Dirección.- Se indica por el punto de donde procede, ejemplo, viento sur, indica un viento procedente del sur y sopla hacia el norte. Esta se expresa en grados contados a partir del Norte geográfico, en el sentido de las manecillas del reloj, o bien, se expresa en rumbos magnéticos dados por la brújula.

A fin de simplificar la observación de la dirección del viento, éste se indica en 16 direcciones, anotándolas con las iniciales de los puntos cardinales.

Velocidad.- Depende de la diferencia de presiones entre dos zonas y de la distancia media que existe entre ambas. La velocidad de los vientos se expresa en:

- * nudos (n)
- * millas por hora (mi/h)
- * pies por segundo (ft/s)
- * metros por segundo (m/s)
- * kilómetros por hora (km/h)

Donde se conocen las siguientes relaciones:

$$1 \text{ mi/h} = 1.5 \text{ ft/s} = 0.45 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m/s} = 2.2 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ km/h} = 0.625 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ nudo} = 1 \text{ milla náutica/h}$$

$$1 \text{ milla náutica} = 1852 \text{ m}$$

c) Aparatos que miden las componentes del viento

- * Velela
- * Anemómetro totalizador de cazoletas
- * Anemógrafo mecánico
- * Anemocinemógrafo
- * Anemómetro de Microrespuesta

2.1.D. Presión atmosférica

Es la fuerza ejercida por el aire sobre la unidad de área. Como las moléculas de aire se desplazan en todos los sentidos, ejercen su presión en todas las direcciones.

a) Unidades de presión atmosférica

Puede ser valorada, como todas las fuerzas, en gramos, kilogramos, dinas, etc, sobre unidades de área.

La forma más generalizada de expresar la presión atmosférica es la de indicar la altura de la columna de mercurio que equilibra dicha presión.

La altura de la columna de mercurio varía evidentemente con la temperatura y su peso es función del valor de la aceleración de la gravedad en el lugar de observación. Por 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 fuesen normales. Se ha escogido como valor normal de la temperatura la del hielo fundente (cero centígrados), y como valor normal de la aceleración de la gravedad la constante $g=9.80665 \text{ m/s}^2$.

El valor "normal" de la presión (P_0) así expresada es de 760 mm de mercurio, al nivel del mar, y a la latitud de 45 grados, que se conoce como una atmósfera de presión.

- 1 atm = 760 mm Hg
- 1 atm = 1.033 kg/cm²
- 1 atm = 1013 300 bars (b)
- 1 atm = 1013.3 milibars (mb)
- 1 atm = 101 330 N/m² = pascal (Pa)
- 1 atm = 1013.3 hectopascales (hPa)

b) Aparatos que miden la presión atmosférica

- * Barómetros de mercurio.
 - a) Barómetro de fortín
 - b) Barómetro de cubeta fija (tipo Kew)
- * Barómetro aneroide
- * Barógrafo y microbarógrafo
- * Barómetros electrónicos

2.1.E. Precipitación

La precipitación o lluvia es el fenómeno atmosférico en el cual, en ciertas condiciones, varias gotitas pueden reunirse y formar una gota suficientemente voluminosa (entre 1 y 2 mm de diámetro aproximadamente) que adquiere una velocidad de caída grande que le permite llegar al suelo. Se ha calculado que sólo una quinta parte de las nubes da lugar al fenómeno de precipitación.

El contenido de agua líquida en una nube depende de su temperatura y del grado de sobresaturación, que en muchos casos se aproxima a $1\text{g}/\text{m}^3$ de aire; es frecuente llegar a 100 millones de gotitas por m^3 .

b) Mecanismos para la formación de la Precipitación

La precipitación se realiza a través de tres mecanismos distintos, que hacen que las diminutas gotitas de agua de las nubes se unan formando elementos de suficiente masa, para caer de la nube como precipitación atmosférica, estos mecanismos son:

b.1. Por diferencia en la tensión de saturación

Se funda en que la tensión de saturación del vapor sobre el hielo es menor que sobre el agua. Por tanto, al ponerse en contacto un cristal de hielo con diminutas gotas de agua en la nube subenfriada (a temperatura bajo cero grados), se produce la evaporación de ésta y la condensación del vapor sobre el cristal; en consecuencia, el cristal de hielo aumentará su tamaño a expensas de diminutas gotas y por último precipitará. La precipitación de este origen suele llamarse, en un sentido técnico, lluvia fría, independientemente de la temperatura con que llega al suelo. Si en su trayectoria descendente atraviesa capas de aire caliente o fría, ésta se licúa y llega a la superficie terrestre como gota de lluvia, granizo o nieve.

b.2. Por el proceso de coalescencia o choque

En las regiones tropicales, las nubes están constituidas sólo por gotitas de agua a temperatura sobre cero grados centígrados. Aquí la precipitación se produce debido a que en estas nubes coexisten gotitas de distintos tamaños, por lo que la velocidad de caída será distinta.

Las gotas más grandes, al caer más rápidamente, chocan con otras más pequeñas, y por lo general, de ese choque resultan la unión de ambas. El aumento de tamaño de las diminutas gotas por repetidos choques, lleva al fin a la formación de una gota de lluvia. Este fenómeno es conocido como proceso de coalescencia o choque.

b.3. Por intervención de la electricidad

Se supone que las diminutas gotas que componen una nube están todas cargadas con electricidad del mismo signo, lo que hace que se repelan, impidiendo la formación de gotas de mayor volumen. Si la electricidad desaparece, ya por una descarga brusca o por la acción de una nube electrizada con signo opuesto, las diminutas gotas pueden unirse y precipitarse. Esta hipótesis explica, por ejemplo, la iniciación de precipitación inmediatamente después de los relámpagos.

c) Medición de la precipitación

La cantidad de precipitación se expresa por la altura en milímetros del agua que se formaría en un suelo horizontal, impermeable o sin filtración, sin escurrimiento superficial y sin que exista evaporación en dicho suelo. Si se presentara nieve o granizo, se expresaría en la misma forma; sólo se tendría que esperar que la capa que se formara en el suelo pasara al estado líquido.

Una precipitación de un milímetro en un metro cuadrado es igual a:

$$0.001\text{m} \times 1\text{m}^2 = 0.0001\text{m}^3 = 1\text{ dm}^3 = 1\text{ L}$$

En los registros meteorológicos es frecuente expresar las cantidades sin especificar si el agua recogida proviene de lluvia, nieve, granizo o combinación de éstos, en tal caso, recibe el nombre de precipitación.

d) Intensidad de la precipitación

Es la cantidad de milímetros precipitados en la unidad de tiempo (segundo, minuto u hora); según la intensidad con que cae la precipitación se puede clasificar en cuatro formas:

- a) uniforme
- b) adelantada (intensidad decreciente)
- c) intermedia
- d) retrasada (intensidad creciente)

e) Instrumentos y aparatos para medir la precipitación

- * Pluviómetro de probeta
- * Pluviógrafo de Hellman
- * Pluviómetro de Balancín

2.1.F. Radiación Solar

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

a) Importancia de la radiación solar

- * Rige los procesos que intervienen en la elaboración de la materia orgánica y la fotosíntesis.

- * Define las condiciones climáticas como temperatura, evaporación, humedad relativa, etc., en el tiempo y el espacio. Determina la distribución geográfica de los cultivos y de la vida animal.

- * Es la fuente fundamental de energía del ciclo hidrológico en la biosfera.

b) Medición de la radiación

La cantidad de radiación solar que la tierra recibe, se mide en $\text{cal/cm}^2 \text{ min}$.

Una caloría es la cantidad de calor que es necesario suministrar a un gramo de agua para elevar un grado su temperatura de 14.5°C a 15.5°C .

Otras unidades que se utilizan para expresar la radiación recibida por unidad de superficie son:

$$\begin{aligned} \text{Langley (Ly)} &= 1 \text{ cal/cm}^2 \\ &\text{watts/m}^2 \text{ (W/m}^2\text{)} \\ \text{cal/cm}^2 \text{ min} &= 698 \text{ W/m}^2 \\ \text{W/m}^2 &= 0.0014327 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.} \end{aligned}$$

c) Aparatos que miden la radiación

- * Pirheliómetros
- * Piranómetros
- * Heliógrafo
- * Solarímetro y albedómetro de Campbell-Stokes
- * Piranómetro de Silicio

2.1.G. Evaporación

Se le llama evaporación al paso lento del agua del estado líquido al estado de vapor (sin alcanzar la temperatura de ebullición). Sólo se produce si la tensión de vapor del medio ambiente es inferior a la tensión de saturación. Se lleva a cabo solamente en la superficie del líquido.

Bajo una determinada presión atmosférica, por ejemplo, 760 mm Hg, la evaporación se puede producir a cualquier temperatura: 8° C, 52° C, 95° C, etc. La evaporación provoca siempre un descenso de la temperatura del líquido que se evapora.

a) Vaporización

La vaporización se define como el paso rápido al estado gaseoso de un líquido, cuya presión de vapor al aumentar la temperatura, llega a ser igual a la presión ambiente a la que se haya sometido el líquido. Se realiza en toda la masa del líquido que hierve y se manifiesta en forma de abundantes burbujas que, generadas en el seno del líquido, suben a la superficie y desprenden el vapor. La ebullición (vaporización) se produce únicamente a cierta temperatura (punto de ebullición), en este caso del agua a los 100 grados centígrados a nivel del mar.

Existen varios elementos meteorológicos que influyen en la evaporación, tales como:

- * La radiación solar
- * La temperatura del aire
- * La tensión de vapor actual
- * La velocidad del viento

La evaporación al aire libre es tanto más intensa a volúmenes iguales:

- * Cuanto mayor es la superficie del líquido expuesta al medio ambiente.
- * Cuanto más elevada es la temperatura del líquido o del aire
- * Cuanto más baja es la presión barométrica
- * Cuanto más seco se halla el aire
- * Cuanto más activas son las corrientes que renuevan la capa del aire que está en contacto con el líquido

b) Medición de la evaporación

La evaporación se ha medido tradicionalmente en tanques expuestos a la intemperie, establecidos en condiciones tales que, la evaporación se produzca en ellos de un modo semejante a la de los depósitos o cursos de agua, ya sean naturales o artificiales, como lagos, ríos, presas, canales, etc. Los datos obtenidos se

pueden aplicar a tales masas de agua. La medición de la evaporación se obtiene restando el nivel a una observación respecto de la anterior en un intervalo de tiempo. Y se expresa en milímetros en una unidad de tiempo.

c) Aparatos para la medición de la evaporación

- * Tanque estándar tipo "A"
- * Evaporígrafo

2.1.H Nivel de agua

Esta variable tiene algunas características especiales, ya que normalmente no se considera dentro de las mediciones meteorológicas, pero sin embargo para estas estaciones, el S.M.N. está solicitando que se incluya para aprovecharlas al máximo y tener este dato importante como complemento de las demás, aprovechando que casi 200 estaciones se instalarán en ríos y presas.

Aparatos para la medición del nivel de agua

- * Limnógrafo
- * Escalas
- * Sensores de nivel

2.2. EQUIPOS DE MEDICION

En este punto veremos en detalle los diferentes equipos e instrumentos utilizados para la medición de las variables meteorológicas, mencionados en la sección anterior, comentando sus características generales y principios de funcionamiento. Estos equipos deben cumplir principalmente con ciertos requisitos, tales como :

- a) Exactitud. - La exactitud de un instrumento indica la desviación de la lectura respecto a una entrada conocida y se expresa en porcentaje de la lectura a escala total.
- b) Precisión .- Especifica la repetibilidad de un conjunto de lecturas hechas cada una en forma independiente con el mismo instrumento. Se determina una estimación de la precisión mediante la desviación de la lectura respecto al valor promedio.
- c) Sensibilidad .- Es el cambio incremental más pequeño que puede detectar el instrumento. Esto no significa que se deba mostrar el cambio mínimo detectable al usuario .
- d) Resolución.- Es el cambio más pequeño detectable que causa un cambio en el indicador del instrumento.
- e) Solidez.- La solidez de construcción debe ser tal que permita resistir los embates de manipulación, transporte e intemperie.

f) Simplicidad .- La simplicidad en el diseño debe manifestarse tanto en operatividad como en el mantenimiento del instrumento .

g) Legibilidad .- Este término indica la facilidad con la cual puede leerse la escala de un instrumento.

2.2.A. Principales aparatos para medir temperaturas

a) Termómetro de líquido en tubo de vidrio

Este tipo de termómetros 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 mercurio sólo se puede usar a temperaturas arriba de -36 grados centígrados, pues ahí se encuentra su punto de congelación. Para temperaturas más bajas, el alcohol etílico puro da resultados satisfactorios. Este termómetro se coloca en posición vertical y a 1.5 m de altura, en la caseta o abrigo meteorológico. En la *figura .2.1*, se muestran varios termómetros de líquido.

b) Termómetro de extremas

a) Termómetro de máxima (Negretti). 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, como se muestra en la *figura 2.2* . Cuando la temperatura aumenta, el mercurio del depósito se dilata con fuerza y puede pasar por el estrechamiento; al disminuir aquélla, el mercurio se contrae y en la parte estrecha la columna del mercurio se corta. Al no existir ninguna fuerza que obligue el mercurio a volver al depósito, la columna permanece en el tubo capilar marcando la más alta temperatura que alcanzó . Ver detalle en la *figura 2.3* . Cada día , después de obtener la temperatura máxima, el termómetro se pone otra vez en condiciones de trabajo sacudiéndolo *enérgicamente para que el mercurio regrese al depósito*. El manejo de este termómetro es semejante al del termómetro clínico. Este termómetro se coloca en posición horizontal dentro de la caseta o abrigo meteorológico.

b)Termómetro de mínima (Rutherford). Se emplea para conocer la temperatura más baja de cada día. Es un termómetro de alcohol con colorante dentro de un tubo ancho, en lugar de tener un tubo capilar, por donde se desplaza indicando la

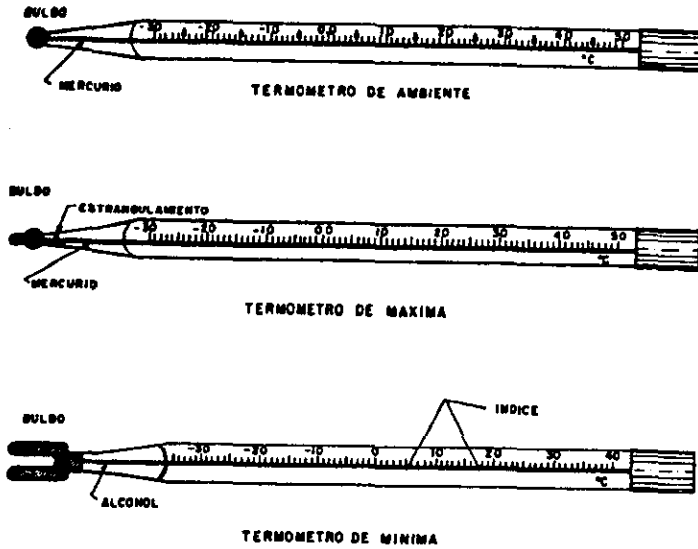


Figura 2.1 Termómetros de ambiente, de máxima y mínima.

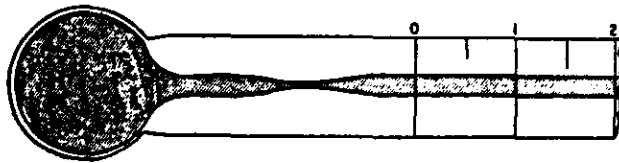


Figura 2.2 Detalle de termómetro de máxima.



Figura 2.3 Detalle del termómetro de mínima.

temperatura mediante su desplazamiento dentro del tubo conforme a la escala marcada en la parte exterior del mismo. Ver *figura 2.1*. Este termómetro se coloca en posición horizontal, así, cuando la temperatura disminuye, el indicador es arrastrado por tener un menisco en un extremo del indicador, quedando el indicador en algún punto de la escala, marcando así la temperatura más baja; si la temperatura aumenta el alcohol pasa entre las paredes del tubo sin desplazar al indicador. La lectura se hace donde se localiza el índice y en el punto más alejado del depósito de alcohol. Como se observa en la *figura 2.3*.

c) Termómetro tipo Six de máxima y mínima (ver *figura 2.4*). Consiste en un tubo en forma de U, el cual tiene dos tubos B y C llenos parcialmente de mercurio y parte del tubo B y los depósitos A y D están llenos de guayacol .

El mecanismo del funcionamiento es el siguiente : Al aumentar la temperatura el guayacol del depósito A y del tubo B tiende a dilatarse y este aumento de volumen ejerce una presión sobre la columna de mercurio del tubo C que hace que ésta ascienda y empuje un índice pequeño con alma de acero que no podrá bajar al descender la temperatura, pues no se mueve por su propio peso, de esta forma queda indicada la temperatura máxima.

Al descender la temperatura se contrae el guayacol contenido en el depósito A y tubo B, lo que hace que la columna de mercurio del tubo C descienda y ascienda la columna del tubo B, la cual hará subir al índice hasta cierta altura que será la temperatura mínima. En la *figura 2.4*, se muestra la forma como se toman las lecturas en el termómetro six.

Para poner el termómetro en condiciones de funcionar al día siguiente, bastará con un imán para hacer bajar el índice de la temperatura máxima y con unas enérgicas sacudidas para que baje el índice de la temperatura mínima.

c) Termómetro de honda

Es un termómetro con un anillo en la parte superior y por medio de un hilo que se introduce en éste se le hace girar a una velocidad de dos vueltas por segundo durante 30 o 60 segundos, con lo que se logra que el bulbo quede en contacto con una mayor masa de aire . Se obtiene así, la temperatura del aire con bastante exactitud, presenta la ventaja de no necesitar de la caseta de abrigo. Se utiliza principalmente para mediciones directas en campo .

d) Termómetro de aspiración de Assmann

Este termómetro se utiliza en días sin viento, pues consta de un mecanismo que le proporciona corrientes de aire con una velocidad de 2.3 m/s por medio de un ventilador de cuerda colocado en la parte superior, dicha corriente circula en tubo

doble de paredes brillantes donde se encuentra el depósito. Para efectuar alguna lectura se debe dar cuerda y esperar 3 minutos. En la figura 2.5 se muestra este tipo de termómetro.

e) Termómetro de líquido en envoltura metálica

En este termómetro el elemento sensible es un manómetro calibrado para medir la temperatura, se utiliza a menudo como termómetro en motores de automóvil. También algunos termógrafos se basan en este principio de operación.

f) Termómetro bimetalico

Es un termómetro cuyo elemento sensible es una lámina bimetalica formada por dos láminas con coeficiente de dilatación diferentes, soldadas una con otra a lo largo de toda su longitud . Cuando la temperatura aumenta una de las láminas se dilata más que la otra, forzando a todo el conjunto a curvarse .

Las láminas bimetalicas pueden estar inicialmente en espiral, siendo la lámina interior la del metal que se dilata más; así cuando la temperatura aumenta la espiral tenderá a desenrollarse, este movimiento es amplificado por un sistema de palancas sujetas en el extremo libre de la espiral y termina en una aguja que indica la temperatura . En la *figura 2.6* se muestra un termómetro bimetalico.

Este es el principio empleado en los termógrafos para obtener el registro continuo de la temperatura.

g) Termómetro de resistencia de platino

El termómetro de resistencia de platino es un termómetro de gran precisión, basa su principio de operación en la variación de la resistencia a la temperatura. Donde estos cambios de resistencia son sentidos por un dispositivo electrónico cuyas variaciones son convertidas en voltajes, que a su vez son detectados por un equipo electrónico conectado al mismo. Se puede utilizar para medir una extensa gama de temperaturas y también se utiliza en los termógrafos . En la *figura 2.7* se muestra algunos sensores de platino.

h) Termómetro de termistancias

Su principio de operación se basa en la variación de su conductividad con respecto a la temperatura de ciertas sustancias químicas, que al aumentar ésta disminuye su resistencia eléctrica.

Se utilizan como termómetros de radiosonda (aparatos que se elevan en la atmósfera por medio de globos), y miden la temperatura a diferentes altitudes, esto debido a que son ligeros y pequeños .

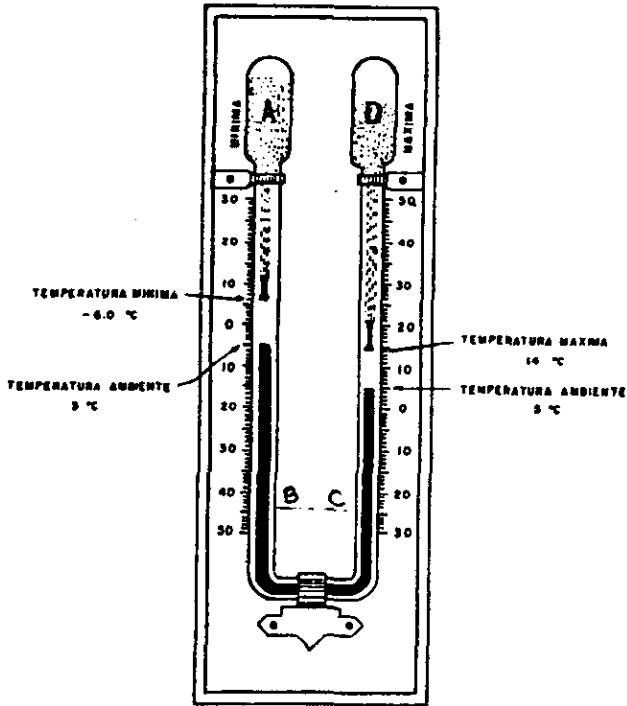
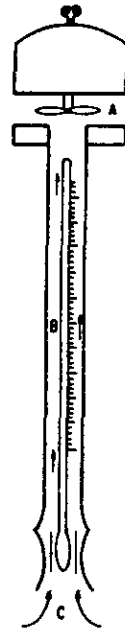


Figura 2.4
 Termómetro tipo Six,
 lecturas de las
 temperaturas máxima,
 mínima y ambiente.

Figura 2.5 Termómetro de
 aspiración de Assman.



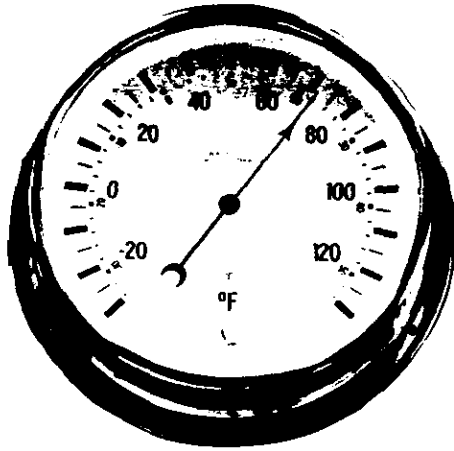


Figura 2.6.- Termómetro bimetalico.

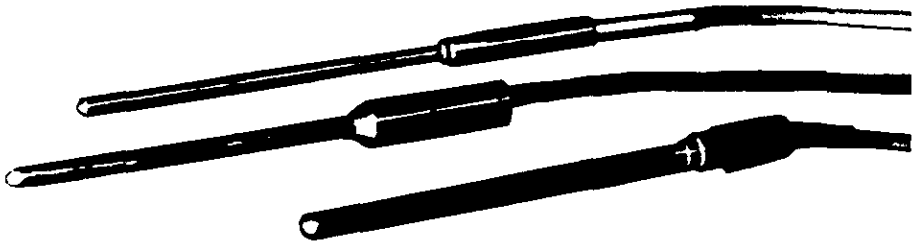


Figura 2.7.- Sensores de platino.

i) Geotermómetros

Son termómetros con los cuales se hace la medición de la temperatura del suelo. Por tratarse de un medio heterogéneo compuesto por sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. La instalación de dichos instrumentos debe ser realizada muy cuidadosamente, para lograr un contacto directo entre el suelo y el bulbo del termómetro.

La temperatura del aire y la del suelo están estrechamente relacionadas. Por esta razón, en los observatorios meteorológicos importantes se registra la temperatura del suelo. Las observaciones de temperatura del suelo se hacen a las siguientes profundidades : 5, 10, 15, 30, 50 y 100cm .

El bulbo del Geotermómetro está enterrado a la profundidad indicada y el tubo capilar es suficientemente largo como para sobrepasar el nivel del suelo y permitir la lectura. Cerca del bulbo el tubo está acodado, ello facilita al observador la lectura del termómetro; pues éste emerge del suelo en forma inclinada. En la *figura 2.8* se muestra este tipo de Geotermómetros.

j) Termógrafo

Es un aparato graficador que registra continuamente sobre una gráfica la temperatura del aire . El elemento sensible puede ser de dos clases :

a) Un tubo metálico lleno de alcohol, de sección elíptica, que presenta una curvatura y unos de sus extremos fijos. Al aumentar la temperatura y dilatarse el alcohol, ejerce una presión que tiende a enderezar el tubo, el movimiento del extremo libre es transmitido y amplificado por un sistema de palancas a la plumilla inscriptora .

b) El otro sistema se basa en el principio del termómetro bimetálico, ya explicado anteriormente .

Cabe mencionar que los termógrafos, si bien tienen la ventaja de indicar la temperatura en cualquier instante, sus indicaciones siempre están afectadas por errores, debido a que no son del todo sensibles y exactos. Por ello, sus lecturas deben estar sometidas al control de las observaciones directas, efectuadas a horas fijas, para verificar la marcha del aparato de relojería y la temperatura inscrita. En la *figura 2.9* se muestran dos termógrafos.

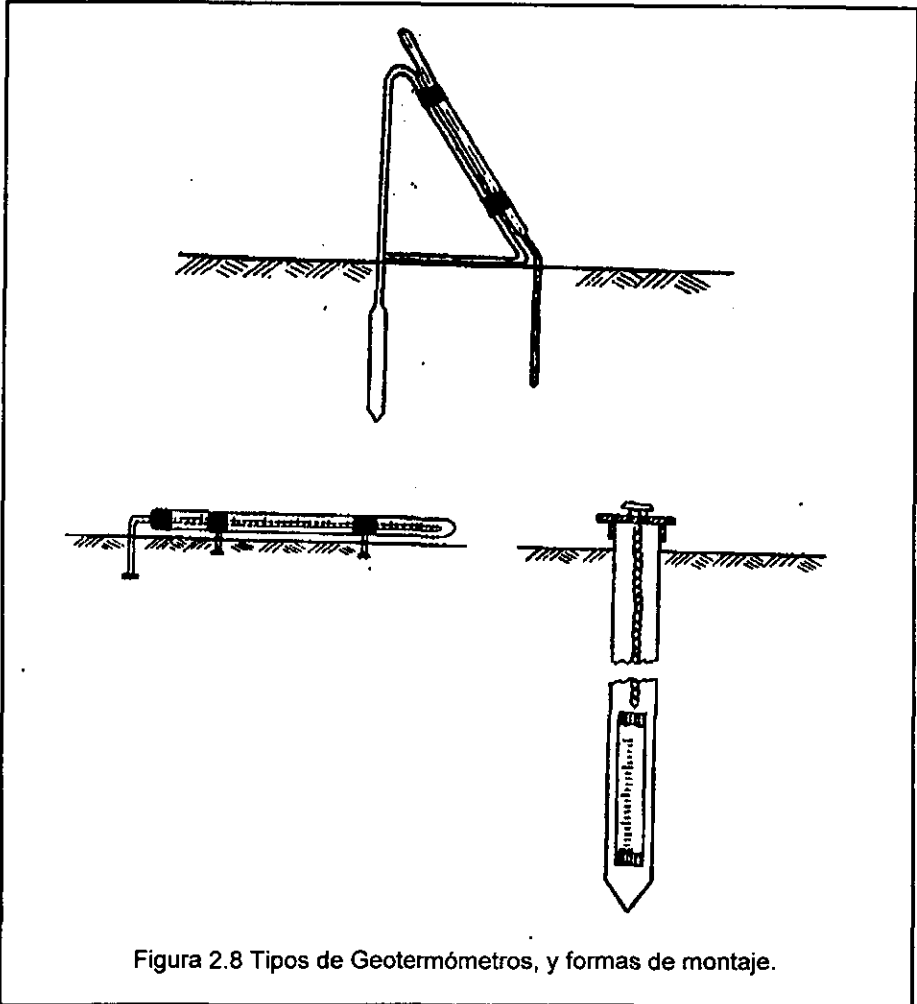


Figura 2.8 Tipos de Geotermómetros, y formas de montaje.

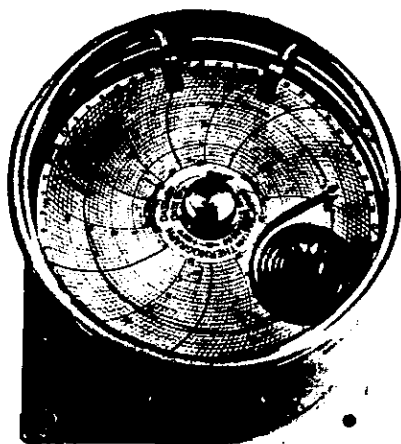
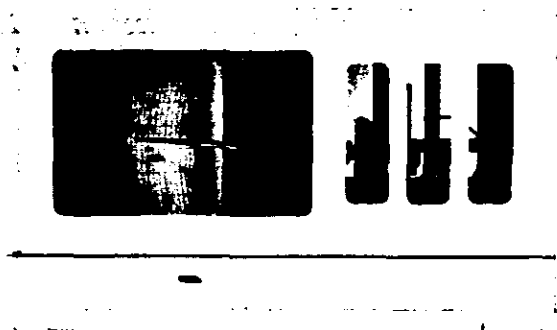


Figura 2.9.- Termógrafos.

2.2.B Aparatos para medir la humedad atmosférica

a) Higrómetro

Este instrumento sirve para medir la humedad relativa del aire, dentro de sus principales tipos tenemos:

a.1.- Higrómetro de cabello. El principio de funcionamiento de este higrómetro se basa en el alargamiento de un cuerpo higroscópico, siendo éste el cabello humano. Cuando el aire está húmedo los espacios intercelulares y las células mismas absorben vapor de agua y el cabello aumenta en longitud y diámetro produciendo un movimiento. El cabello que 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, el cual se apoya en un pivote 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 .

a.2.- Higrómetro Electrónico. El elemento sensor de este instrumento es un polímero que absorbe las moléculas de agua a través de un delgado electrodo metálico, este conjunto se comporta como un capacitor. El valor de la capacitancia cambia proporcionalmente a la humedad relativa. Su respuesta es lineal e independiente a la temperatura. Tiene un acoplamiento a un circuito electrónico que nos proporciona alta precisión y mediciones instantáneas.

Por su versatilidad son comúnmente usados para medir la humedad del ambiente en estaciones de monitoreo continuo meteorológico. En la *figura 2.10* se muestra este sensor.

b) Psicrómetro

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

Principios en que se basa :

a) El agua para evaporarse necesita absorber calor, aproximadamente 600 calorías por gramo (600 cal/gr), y éste lo obtiene de los cuerpos con los que está en contacto.

b) La evaporación del agua es tanto más rápida cuando más seco está el aire (se sobreentiende en igualdad de los restantes factores, como temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica, etc.).

Funcionamiento :

El Psicrómetro está compuesto de dos termómetros comunes de mercurio, uno seco y el otro húmedo, este último 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; este termómetro será enfriado por evaporación e indicará una temperatura T' inferior a la temperatura T 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 en definitiva de la humedad atmosférica, y el valor de la misma se lee directamente conociendo la diferencia psicrométrica en unas tablas previstas para tal efecto.

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

Tipos de Psicrómetros:

Psicrómetro simple (sin ventilación artificial).

Consta de dos termómetros, uno seco y otro húmedo, que se colocan verticalmente sobre la caseta meteorológica.

Las tablas empleadas para determinar la humedad se calculan habitualmente suponiendo que la velocidad media del aire a la altura de los depósitos de los termómetros es de 1 a 1.5 m/s. En la práctica la velocidad del aire a la altura de los depósitos a menudo difiere sensiblemente de la gama de valores adoptados. Los errores son quizá mayores cuando el aire es seco y cálido o cuando el viento es muy débil. En la figura 2.11 se muestra un Psicrómetro simple.

Psicrómetros con ventilación artificial :

a) Psicrómetro de Assmann o de aspiración .- No necesita estar instalado en la caseta, ya que sus termómetros están protegidos de los efectos de la radiación por pantallas de metal pulido. Una hélice dirige el aire hacia el depósito de los termómetros. En la figura 2.12 se muestra un Psicrómetro de Assman o de aspiración.

La ventilación forzada de los Psicrómetros de aspiración para caseta pueden también obtenerse por una hélice. La velocidad del aire aspirado, a la altura de los

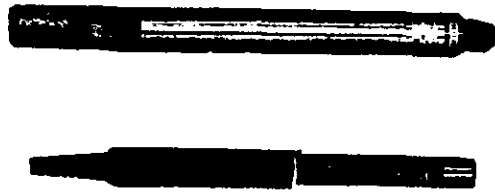


Figura 2.10.- Higrómetros electrónicos.

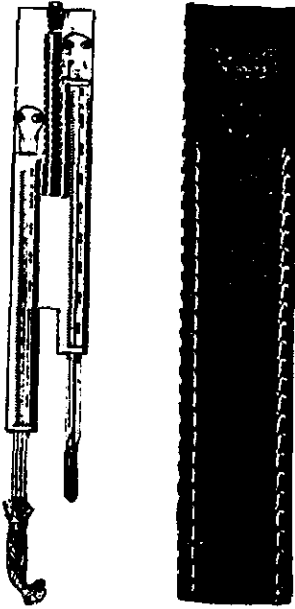


Figura 2.11.- Psicrómetro simple.

depósitos, no deberá ser inferior a 2.5 m/s, ni superior a 10 m/s en el caso de que los termómetros utilizados sean del modelo corriente empleado en las estaciones meteorológicas .

b) Psicrómetro de honda o psicrómetro de manivela .- En éste, los termómetros están colocados uno al lado del otro sobre la misma armazón metálica unida a un mango que permite hacer girar la montura para proporcionar la velocidad adecuada del aire, después de lo cual se toman en seguida las lecturas a fin de obtener resultados exactos .

Este tipo de psicrómetro debe utilizarse de un modo correcto en lugares protegidos de la radiación solar directa. En la *figura 2.13* se muestra un psicrómetro de manivela.

Los Psicrómetros de manivela y de Assmann, cuando están cuidadosamente calibrados y se usan de modo adecuado, dan exactitudes que se aproximan al 2% entre un 20 y 80% de humedad relativa y entre 10 y 44 grados centígrados . Puede presentar errores hasta un 5% de humedad relativa a temperaturas y humedades extremas.

c) Higrógrafo

Es un instrumento registrador que inscribe continuamente la humedad relativa del aire. Sigue el principio del higrómetro de cabello, por lo que se puede decir que el Higrógrafo es un higrómetro (elemento sensible) unido a un dispositivo registrador.

La faja del higrógrafo tiene grabadas horizontalmente las horas del día, y en la escala vertical están marcados los valores de 0 a 100, pues este instrumento da directamente los valores de la humedad relativa .

Los valores siempre están afectados por ciertos errores, comúnmente a causa de la falta de sensibilidad del instrumento.

2.2.C Aparatos que miden las componentes del viento

a) Veleta

Es un instrumento que permite determinar o registrar la " dirección " del viento en superficie . Generalmente posee una rosa de los vientos y una flecha cuya punta se mueve hacia la dirección de donde sopla el viento; algunas veletas pueden incluir una lámina que es movida por el viento sobre una escala que indica su velocidad en un instante determinado, como se muestra en la *figura 2.14*.



Figura 2.12.- Psicrómetro de Assman o de aspiración.

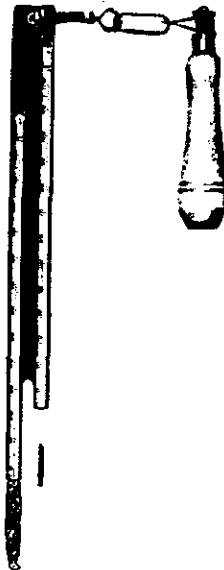


Figura 2.13.- Psicrómetro de honda o de manivela.

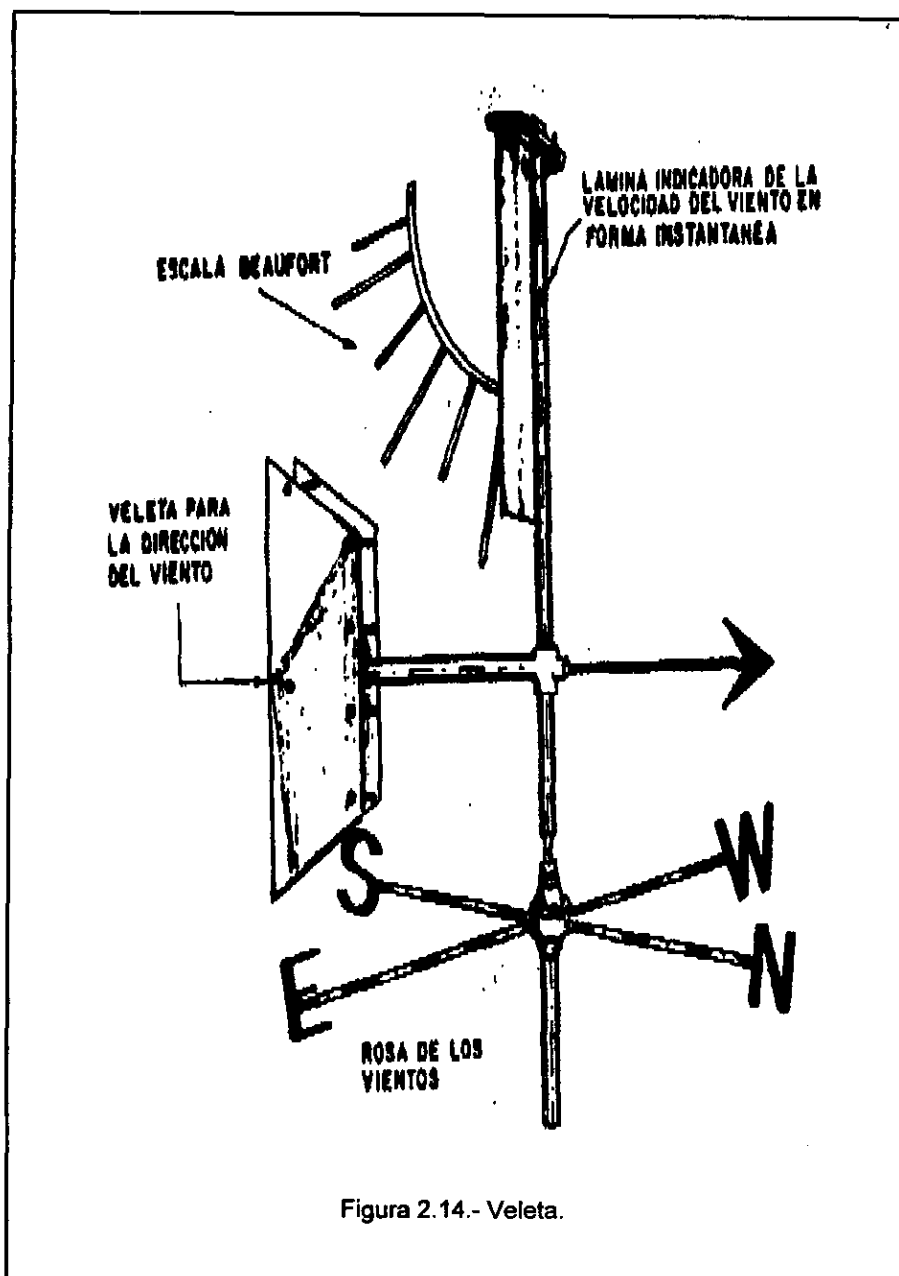


Figura 2.14.- Veleta.

b) Anemómetro totalizador de cazoletas

Este aparato se compone de 3 brazos horizontales conteniendo cada uno 1 cazoleta, éstos se hallan fijas sobre un eje vertical. El impulso del viento es detectado por las cazoletas, las que por medio de un sistema de engranajes y un contador de vueltas (semejante al de un velocímetro de automóvil) van registrando el recorrido del viento en su contador de kilómetros y metros .

Es posible conocer la velocidad para cierto espacio de tiempo multiplicando la diferencia de lecturas del inicio y final por la constante del aparato. En la *figura 2.15* se muestra un anemómetro totalizador de cazoletas. Por ejemplo, en una estación se realiza una lectura todos los días a las 7 AM y la constante del aparato (C.A.) es 100; por lo que la velocidad media diaria se calcula de la siguiente manera :

Lectura del anemómetro 1er día =	434182
Lectura del anemómetro 2o día =	432922
Diferencia =	1260
C.A. =	100

$$V = 1260 \times 100 = 126\ 000 \text{ m/día}$$

Se pueden hacer las siguientes transformaciones :

$$V = 126\ 000 \text{ m/día} \times \text{día}/24 \text{ h} = 126\ 000 \text{ m}/24 \text{ h} = 5250 \text{ m/h}$$

Como se sabe , 1 km = 1000 m ; por tanto , se tiene que :

$$V = 5.250 \text{ km./h}$$

Si se quiere expresar en m/s

$$V = 5250 \text{ m/h} \times \text{h}/3600 \text{ s} = 5250/3600 \text{ m/s} = 1.46 \text{ m/s}$$

Por consiguiente , la velocidad media diaria ese día fue en km./h = 5.250 y en m/s = 1.46 .

c) Anemógrafo mecánico

En este aparato graficador se obtiene el recorrido y la dirección del viento. Su elemento sensible está constituido por unas cazoletas como las del anemómetro para el recorrido y por una veleta para la dirección del viento. Funciona por medio de un sistema de engranajes y a diferencia de los demás aparatos graficadores, éste no utiliza una plumilla con tinta para graficar el fenómeno, si no que utiliza un tipo de gráfica especial con una capa fina de cera, donde por medio de unos rodillos imprime



Figura 2.15.- Anemómetro Totalizador de Cazoletas.

los elementos del viento. La gráfica, que es un rollo, tiene una duración de un mes. Actualmente estos equipos se encuentran en desuso.

d) Anemocinémografo

Este aparato, además de registrar de la misma forma que los otros aparatos el recorrido y dirección del viento, lo hace también con ráfagas de éste, es decir, registra las intensidades máximas de viento, para lo cual usa un tubo de presión.

Este instrumento consta principalmente de un dispositivo para medir las variaciones de presión conducidas por el viento que sopla en el interior de un tubo. El tubo está unido a una veleta, para asegurar su orientación en la dirección del viento y se halla conectado con un tubo a un recipiente con agua donde se encuentra un cuerpo flotante. Un aumento en la velocidad del viento incrementa la presión dentro del cuerpo flotante y hace que éste ascienda. Los movimientos de dicho cuerpo son registrados por una plumilla unida que los inscribe sobre una gráfica. El Anemocinémografo se instala sobre una torre sólida a 12 m de altura. En la *figura 2.16* se muestra este instrumento.

e) Anemómetro de microrespuesta

Este equipo ha sido diseñado para proveer exactitud, sensibilidad y fácil manejo. Es tan sensible que puede detectar vientos con una velocidad desde 0.22 mts/seg, y robusto para medir fuertes vientos, generalmente se construyen en acero inoxidable ó aluminio.

El elemento sensor está compuesto por un diodo emisor de luz y un foto transistor, por medio de los cuales se mide la velocidad del viento, estos equipos requieren de una alimentación eléctrica y de un acondicionador de señales.

2.2.D Aparatos que miden la presión atmosférica

Los aparatos que miden la presión atmosférica reciben el nombre de barómetros, palabra que se deriva de las voces griegas "baros" = peso y "metron" = medida. A continuación describiremos los tipos de barómetros más utilizados :

a) Barómetros de mercurio .

Este tipo de barómetro en su forma más simple consiste en un tubo de vidrio como de 100 cm de largo, cerrado en uno de sus extremos, que se llena de mercurio y se invierte en una cubeta conteniendo dicho fluido. En estos instrumentos, la columna de mercurio equilibra la presión atmosférica.

a.1. Barómetro de Fortín.- La característica principal de este aparato es que es necesario ajustar el nivel del mercurio en la cubeta, de tal forma que este nivel

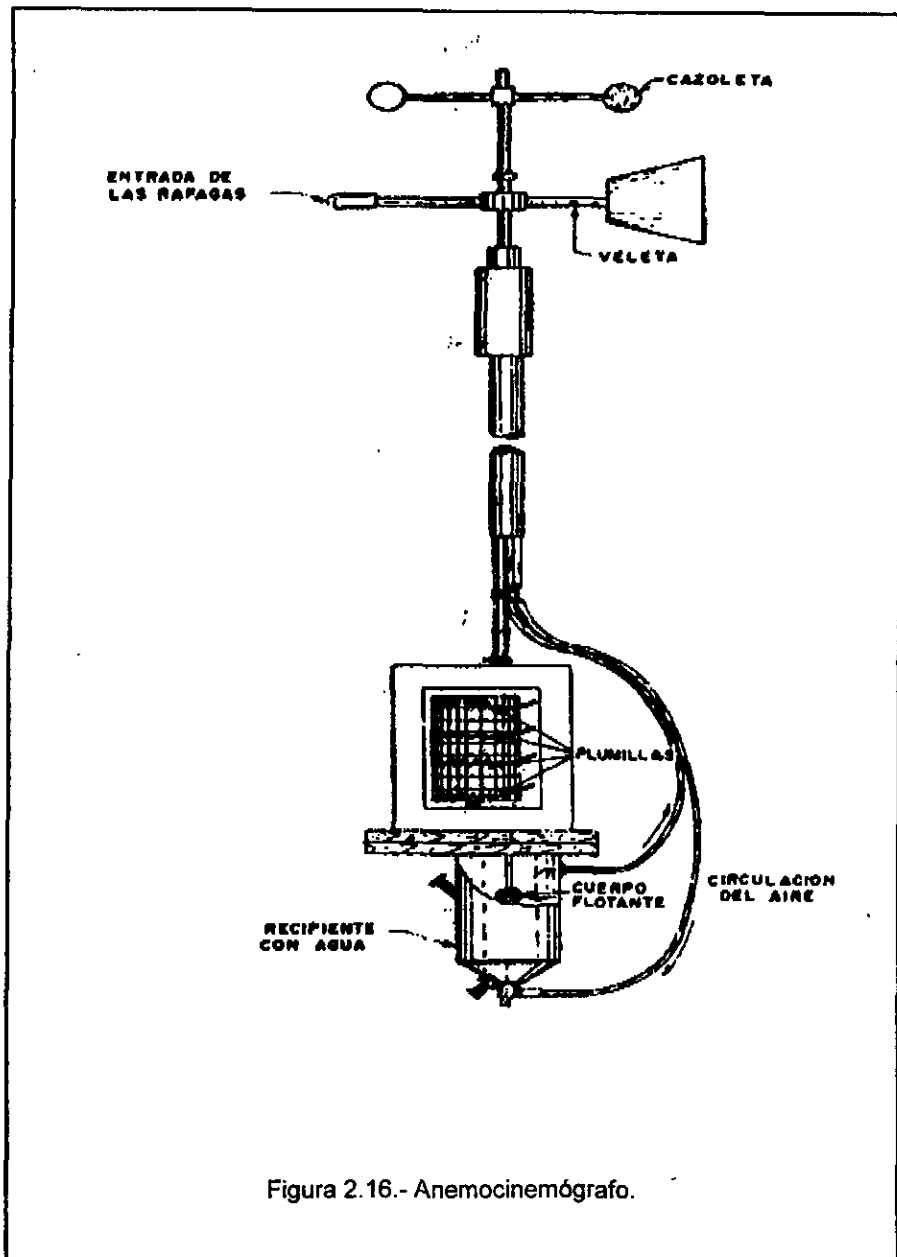


Figura 2.16.- Anemocinógrafo.

corresponda al cero de la escala. Para realizar esta operación existe una punta de marfil afilada, cuya extremidad coincide con el plano horizontal que pasa por el cero de la escala y un tornillo en la parte inferior de la cubeta, el cual al girarlo hace variar el nivel del mercurio. En la *figura 2.17* se muestra un barómetro de Fortin.

a.2. *Barómetro de cubeta fija (tipo Kew)* .- La escala grabada sobre este instrumento se construyó de tal forma que compense las variaciones del nivel del mercurio. Por tal motivo, no es necesario su ajuste .

b)Barómetro anerode

Anerode viene del prefijo "a " = sin y la palabra griega " neros " = líquido, por lo tanto, este tipo de barómetro no contiene líquido.

Este aparato está formado de una cápsula metálica flexible, cerrada de 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 que señala sobre una escala graduada la presión atmosférica, con la aguja normalmente oscura, y la otra 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. En la *figura 2.18* se muestra un barómetro anerode.

c) Barógrafo y microbarógrafo

Este aparato es un barómetro registrador que proporciona un diagrama continuo de la presión atmosférica en determinado espacio de tiempo. El elemento sensible está constituido por una serie de cápsulas aneroides colocadas unas a continuación de otras, de manera que sus deformaciones se sumen y comuniquen al estilite un movimiento más vigoroso. Un sistema de palancas amplifica la dilatación o contracción de las cápsulas.

El microbarógrafo es un aparato similar al barógrafo, sólo que con mayor precisión, debido a que es más sensible. Su resolución es de 0.25 mb. En la *figura 2.19* se muestra un microbarógrafo.

d) Barómetro electrónico

Este equipo está construido con componentes de estados sólido, por su naturaleza electrónica requieren de una alimentación externa y una interfase para interconexión con otros equipos electrónicos. Estos equipos son exactos, no requieren ajustes

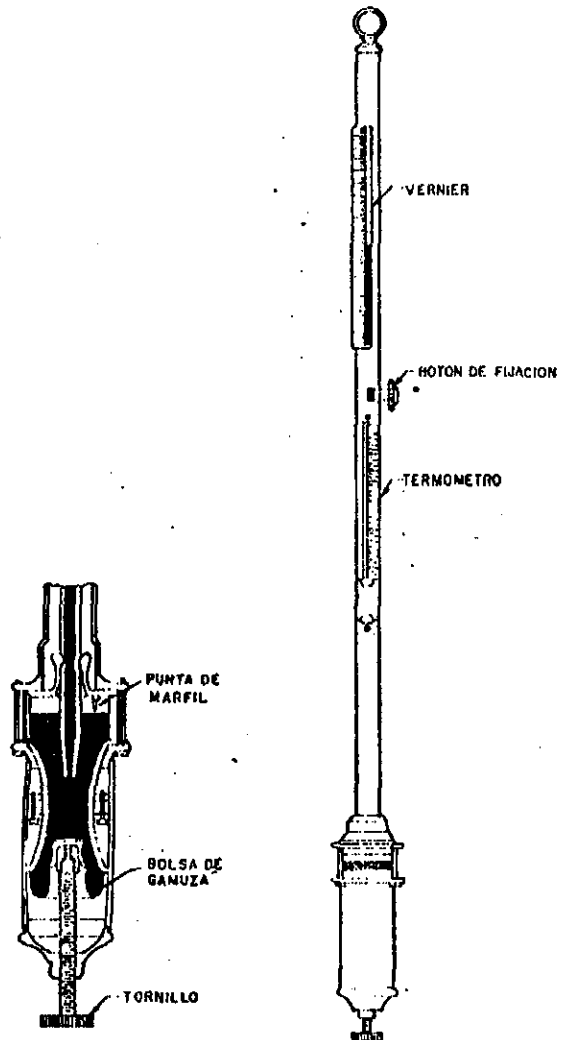


Figura 2.17 Barómetro de Fortin.

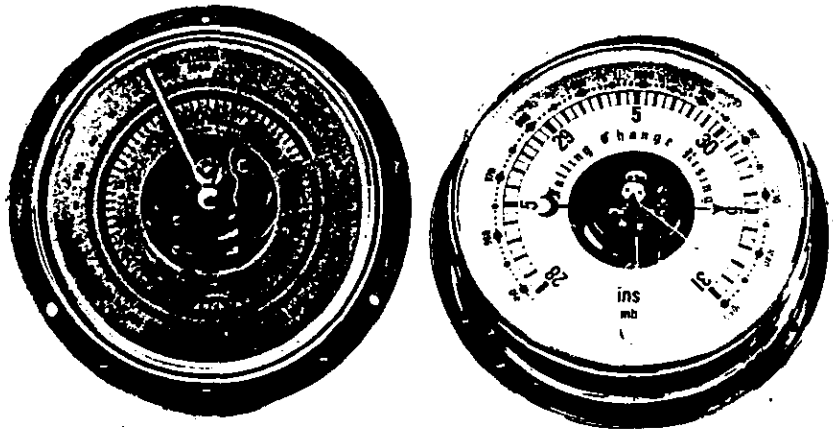


Figura 2.18.- Barómetro Aneroido.

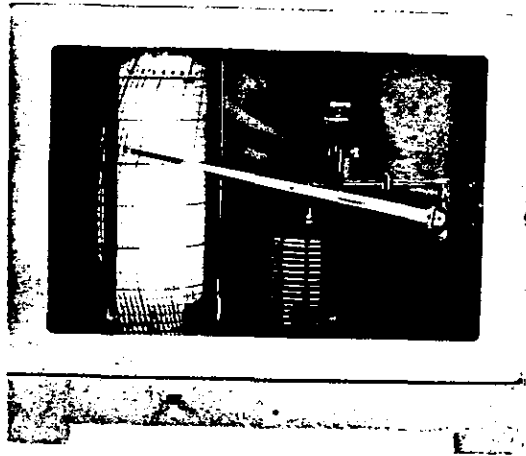


Figura 2.19.- Microbarógrafo.

frecuentes. Su principio de operación se basa en un sensor piezo-eléctrico que convierte los cambios de presión en variaciones de voltaje .

Correcciones a Barómetros

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:

• Barómetros de mercurio

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, debido a la fuerza de capilaridad.

El constructor del aparato da el valor que hay que añadir a la lectura del barómetro, para obtener la altura verdadera.

b) Por temperatura .- Al aumentar la temperatura, el mercurio se expande e indica una altura mayor; hay tablas para corregir la lectura del mercurio a diferentes temperaturas .

c) Por reducción al nivel del mar .- La presión disminuye al aumentar la altitud y por tanto, las observaciones hechas a diferentes alturas deben reducirse a un nivel común que se ha convenido sea el nivel del mar. A todas las lecturas hay que sumarle la corrección que es igual al peso de la columna del aire que existiría entre el punto en cuestión y el nivel del mar. Existen equipos programados y tablas elaboradas para realizar esta corrección .

d) Corrección 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 grados se considera como base para la construcción de los barómetros, por lo que a otras latitudes hay que aplicar esta corrección, la cual se calcula fácilmente a partir de tablas que existen para tal efecto.

Barómetros aneroides

Por temperatura.- A éstos 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.

2.2.E. Instrumentos y aparatos para medir precipitación

a) Pluviómetro de probeta

Este equipo es de los más utilizados por su sencillez y bajo precio, se compone de dos partes :

a. Cilindro metálico receptor. Este tiene una longitud de 45.5 cm y un diámetro de parte superior termina en una boca receptora con diámetro de 15.95 cm, lo cual da como resultado una superficie receptora de 200 cm².

b. Probeta graduada. La graduación está en milímetros y decimos de milímetros. Su diámetro guarda una relación con el diámetro de la boca receptora, la cual es variable según el fabricante, por lo regular es 10 veces menor; esto es que para un milímetro de agua en el cilindro colector tome una altura 10 veces mayor en la probeta a fin de facilitar la apreciación de las décimas de milímetro. Para medir la precipitación se vacía el agua acumulada en el colector a la probeta graduada y se hace la lectura.

b) Pluviógrafo de Hellmann

Es un aparato registrador que mide la cantidad de precipitación e indica la intensidad de caída. Su funcionamiento es el siguiente:

El agua recolectada por el pluviógrafo se dirige a un recipiente dotado de un flotador el cual está solamente unido a una plumilla inscripta que actúa sobre una gráfica de papel, la cual se haya colocada en un cilindro metálico que gira, por medio de un sistema de relojería, una vuelta por día.

En la gráfica, el eje de las abscisas indica las 24 h del día y el eje de ordenadas los milímetros de precipitación, de 0 a 10 mm. Al alcanzar el recipiente el valor de 10 mm, se vacía automáticamente por medio de un sifón y la plumilla inscriptora vuelve a cero sobre la gráfica, dejando una línea vertical que indica ese hecho; si la precipitación continua, el flotador comenzará a funcionar de nuevo y con ello la plumilla inscriptora comenzará a marcar otra vez. De esta forma, se van dejando trazos en forma de zigzag.

Como el pluviómetro, el pluviógrafo debe estar en un sitio libre de obstáculos, para que la precipitación llegue al área receptoras y se evite que penetren cuerpos extraños que, entre otras cosas, pueden inmovilizar al flotador.

c) Pluviómetro de Balancín

Estos pluviómetros tienen la particularidad de poder ser interconectados con otros equipos electrónicos, ya que su elemento sensor es un interruptor magnético, el cual es accionado por un imán colocado en un brazo, que a su vez es movido por un balancín que colecta la lluvia es dos pequeñas cazoletas que se llenan alternadamente y producen el movimiento del mecanismo sensor. La salida de este instrumento equivale a pulsos que corresponden a la cantidad de agua capturada en un determinado periodo de tiempo. En *la figura 2. 20* se muestra un Pluviómetro de Balancín.

2.2.F Aparatos que miden la radiación

a) Pirheliómetro

Es un instrumento destinado a medir la intensidad calorífica de la radiación solar directa, que incide en forma perpendicular a una superficie receptora; las observaciones se hacen solamente cuando el cielo está completamente despejado. Este equipo es el más precisos (exactos) de todos los instrumentos de radiación, por ello son comúnmente utilizados para calibraciones estándar. Debido a que son caros, por lo general sólo se encuentran en laboratorios de investigaciones especiales.

b) Piranómetro

Este aparato mide la radiación global sobre una superficie receptora horizontal. Dentro de las características generales que presenta este equipo tenemos: un elemento sensible, el cual está protegido por una cubierta de vidrio o de cuarzo que lo mantendrá limpio y seco, lo que proporciona una mayor sensibilidad al instrumento. Esta cubierta no solamente protege al receptor del viento y de la lluvia, sino que tiene la propiedad de dejar pasar solamente la radiación de onda corta entre 0.35 y 2.8 micras para vidrio sin color y entre 0.25 y 4 micras para el cuarzo.

La superficie receptora usualmente tiene por lo menos dos elementos sensores: uno ennegrecido que absorbe una gran porción de la radiación incidente y el otro cubierto con una pintura alta de alta reflectividad a la radiación de onda corta .

A diferencia de los pirheliómetros, los piranómetros están expuestos continuamente y a toda clase de climas, por tanto, los segundos deben ser resistentes e instalados con seguridad.

Un piranómetro deberá ubicarse donde ninguna sombra sea proyectada sobre el durante el día y en ninguna época del año; no deberá estar cerca de paredes con colores claros u otros objetos que probablemente reflejen la luz solar sobre el

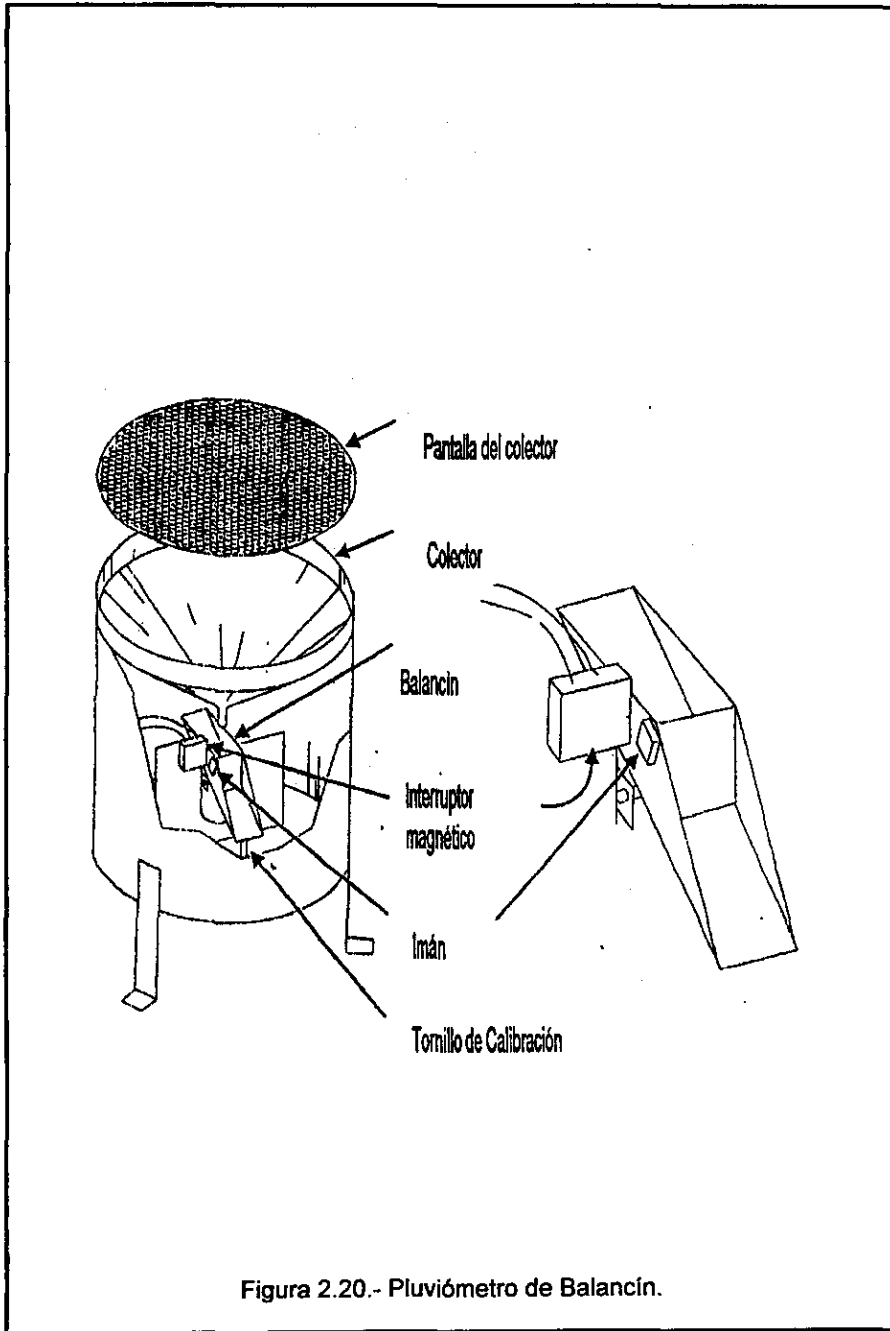


Figura 2.20.- Pluviómetro de Balancín.

receptor y no deberá ser expuesto a fuentes de radiación artificial. Este aparato se instala sobre una base sólida a 1.20 m de altura, nivelado.

c) Solarímetro y albedómetro

La radiación emitida por el Sol es una radiación de onda corta , que al ser absorbida por superficies generalmente negras, se convierte en calor. La intensidad de la radiación puede ser determinada, transformado ese calor producido por la radiación en electricidad, lo cual se logra por medio de un par termoeléctrico.

El solarímetro está constituido por un par termoeléctrico (o varios), protegido por un casquete de cristal y expuesto a la radiación directa del sol. La corriente producida por este par termoeléctrico, se conduce por medio de cable por un integrador que da la lectura en milivolts. El casquete de cristal junto con el elemento sensor (par termoeléctrico) están colocados sobre una plataforma circular horizontal a una altura de 1.20 m.

Exactamente igual al solarímetro es el albedómetro, sólo que éste se encuentra colocado en una posición invertida a la de aquél, de modo que no recibe la radiación directa sino la reflejada .

d) Heliógrafo de Campbell-Stokes

Es un instrumento registrador de la continuidad de las horas de brillo solar. Está formado por una esfera de vidrio de 10 cm de diámetro, montada en el interior de un casquete esférico con un diámetro tal que permite que los rayos solares formen un foco muy intenso en una banda registradora de cartulina. La cual se coloca en el soporte curvo concéntrico con la esfera en forma apropiada. Si el sol brillo todo el día, en la banda de cartulina aparecerá una traza carbonizada continua. Pero si lo hizo en forma intermitente, la mencionada traza será discontinua, esto se podrá observar en las bandas de las gráficas, como se muestra en la *figura 2.21*.

Las bandas registradoras son bandas de cartulina especial que casi no se dilatan por la acción de la humedad, de color azul o verde que absorbe la radiación solar, comúnmente conocidas como heliogramas. Existen tres clases de bandas que se utilizan respectivamente, de acuerdo a la época del año.

Las bandas de verano son curvas y largas con el borde convexo hacia arriba. Para el hemisferio norte se colocan aproximadamente del 16 de abril al 30 de agosto. Las bandas de invierno son curvas pero más cortas que las de verano, con el borde cóncavo. Para el hemisferio norte se colocan aproximadamente del 15 de octubre al último día de febrero. Las bandas de los equinoccios son rectas y un poco más anchas que las anteriores. Para el hemisferio norte se colocan aproximadamente del 1 de marzo al 15 de abril y del 1 de septiembre al 15 de octubre.

En la *figura 2.21* se muestran los tres casos de insolación que se pueden presentar: un día totalmente despejado, donde el sol quema continuamente la banda; la traza carbonizada discontinua de un día con nublados y cuando dicha banda no se quema por estar el cielo completamente nublado todo el día.

La insolación total diaria se obtiene sumando la longitud de la traza carbonizada, como puede verse en la figura mencionada. La banda se debe cambiar todos los días cuando el Sol se ha ocultado, de esa manera se asegura que al otro día, cuando el astro empiece a brillar, ya se tenga la banda lista. Esta se coloca orientada en la dirección norte-sur, fijándose para ello en la línea central que presenta esta dirección.

Como el heliógrafo registra en forma permanente los periodos de insolación, su instalación debe ser en un sitio sólido a 1.20 m de altura, libre de todo obstáculo que pueda interceptar los rayos solares en cualquier hora del día y época del año.

El eje de la esfera debe estar orientado en la dirección norte-sur (línea meridiana). El arco que sujeta el eje de la esfera es móvil; como el aparato debe estar orientado latitudinalmente, tiene una graduación como un índice para ajustar el aparato con la latitud del lugar; además, presenta un nivel de burbuja para nivelar el equipo. En la *figura 2.22* se muestra el Heliógrafo de Campbell-Stokes.

c) Piranómetro de Silicio

Este equipo mide la radiación solar global, por su bajo costo y su facilidad para interconectarse con otros equipos electrónicos se ha hecho *muy popular*. Su elemento sensor es una celda de silicón fotovoltaico que absorbe la radiación solar y la convierte en energía eléctrica, ésta varía en forma proporcional a la intensidad de luz recibida.

2.2.G Aparatos para la medición de la evaporación

a) Tanque estándar tipo "A"

Este aparato consta de un tanque evaporímetro, que es un depósito cilíndrico de lámina de hierro galvanizada de 1.22 m de diámetro en su base y 0.26 m de altura. Está colocado sobre una plataforma formada por barrotos de madera. La plataforma no debe quedar enterrada, con el objeto de facilitar el drenaje y que haya cierta ventilación del tanque, contribuyendo de esta manera a conservarlo en buen estado.

Al interior del tanque existe un cilindro de reposo que sirve para conseguir que una parte de la superficie del agua permanezca en completa quietud y permita medir con precisión su nivel. Está formado por un cilindro hueco de bronce, montado sobre

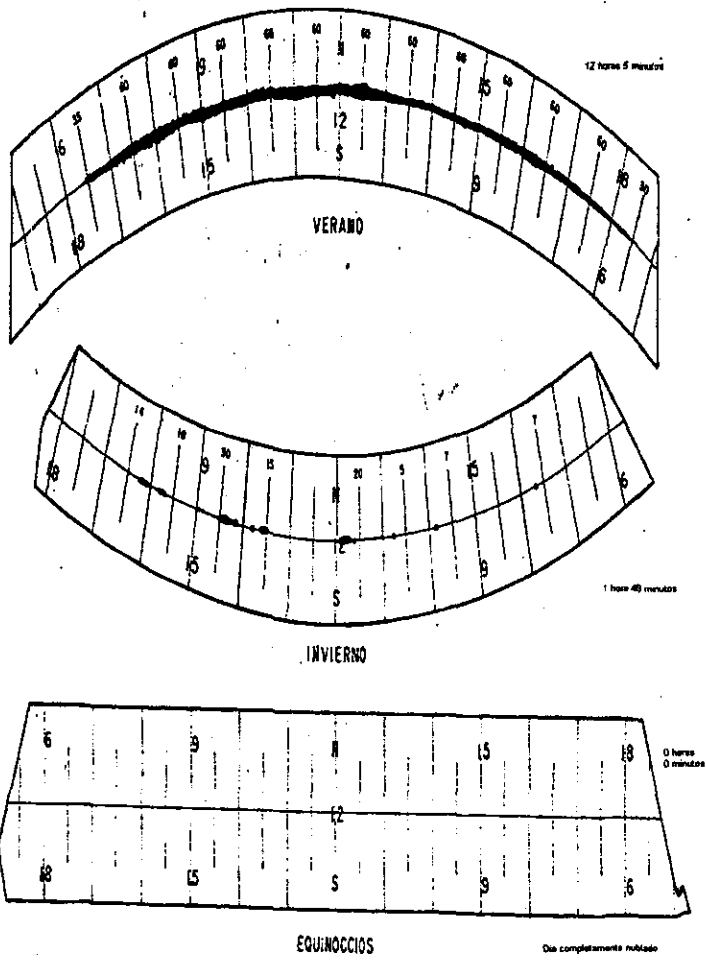


Figura 2.21.- Bandas registradoras de Campbell-Stokes.

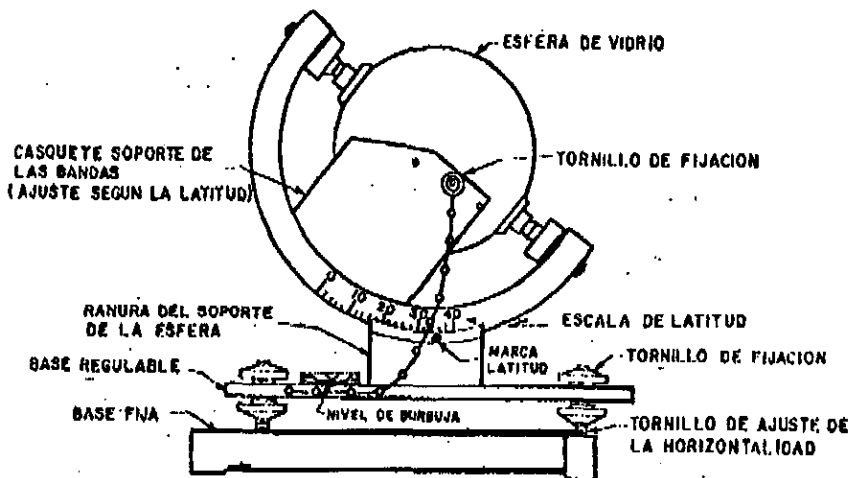


Figura 2.22.- Heliógrafo de Campbell-Stokes.

una placa triangular del mismo metal que se apoya sobre sus tres tornillos que permiten nivelarla.

En la parte de la placa que sirve de fondo al cilindro, hay una pequeña perforación, de manera que, colocando el aditamento dentro del tanque, el agua que llena a éste penetra al interior del cilindro conservando dentro del mismo nivel que el del tanque, pero sin movimiento alguno.

Cuenta con un micrómetro (*ver figura 2.23*) formado principalmente por un tornillo terminado en punta fina, cuya cabeza es un disco graduado. El tornillo pasa a través de una tuerca que lleva tres pequeños brazos radiales y que se halla fijada con solidez a uno de estos; hay una regla dividida en milímetros colocada paralelamente al tornillo. Cada vuelta del tornillo es de un milímetro, el disco está dividido en diez partes iguales que equivalen a decimos de milímetro y cada una dividida a su vez en diez partes iguales lo que permite tomar lecturas en centésimos de milímetro.

Para utilizar el micrómetro, se apoya en los tres pequeños brazos en la boca del cilindro de reposo y se hace avanzar el tornillo hasta que la punta toque la superficie del agua. La precisión de esta operación se habrá logrado en el momento en que se observe que se pone en contacto la punta del tornillo y dicha superficie.

La lectura que mide el nivel del agua se obtiene leyendo primeramente la indicación en milímetros que señala el filo del disco (a), sobre la regla (b), y sumando dicha cantidad el número de centésimos de milímetro que se puede apreciar en el disco, tomando como referencia la arista de la regla graduada. La observación se hará a las 7:00 a.m. todos los días.

En el tanque evaporímetro se coloca un anemómetro totalizador a la altura del tanque, y dos termómetros comunes o tipo Six, uno en la lectura de la superficie del agua y el otro sumergido. Esto con el fin de conocer las condiciones ambientales durante la evaporación. En la *figura 2.24* se muestra un tanque estándar tipo A.

b) Evaporígrafo

Este instrumento registra comúnmente la cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo, consta de un platillo metálico con diámetro definido, el cual se encuentra lleno de agua. La pérdida de peso causada por la evaporación se transmite por medio de un sistema de palancas al brazo registrador conectado con el soporte del platillo; así la evaporación se registra en el diagrama fijado en el tambor registrador, que gira con un avance constante al rededor de su eje por medio del mecanismo de relojería, el cual da una vuelta cada 24 hrs y tiene una marcha de siete días.

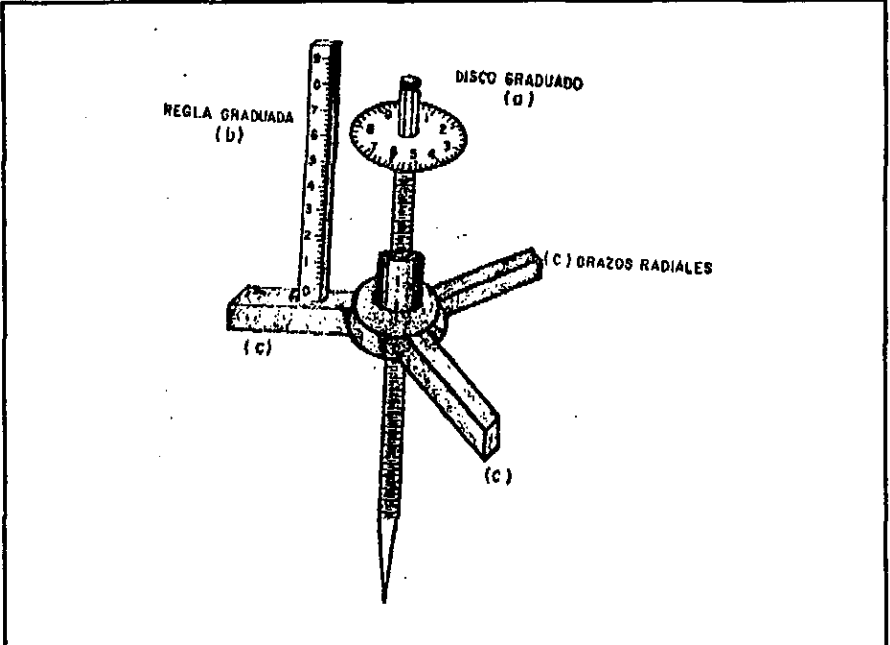


Figura 2.23.- Micrómetro.

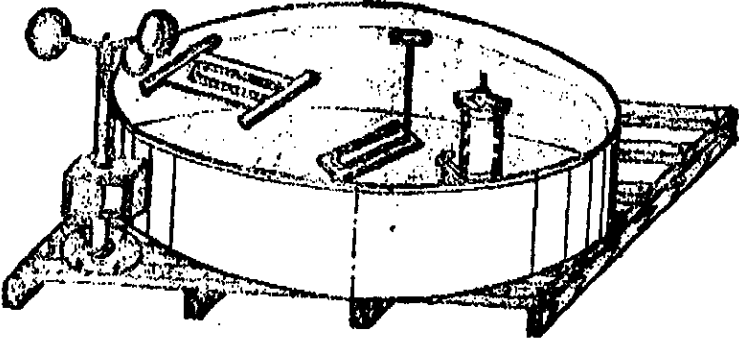


Figura 2.24.- Tanque estandar tipo A.

Se puede usar un solo diagrama para siete días, obteniéndose un registro en forma de una línea espiral; las curvas de los siete días están una por encima de otra, lo que permite hacer una comparación entre ellas. Se puede llenar el platillo de agua todos los días hasta la graduación indicada y usar el diagrama para un solo día. En la *figura 2.25* se muestra un Evaporígrafo.

2.2.H Instrumentos para la medición del nivel de agua

a) Límnígrafo

Estos equipos utilizan un flotador interconectado a través de un cable a un mecanismo de relojería, en el cual los cambios de nivel de agua se traducen en un movimiento proporcional, el cual registra los cambios en una gráfica montada en un cilindro que tiene un movimiento constante con una duración de 1, 7 o 31 días. En la *figura 2.26* se muestra un Límnígrafo.

b) Escalas

Son reglas graduadas fijas dentro del agua en las cuales se efectúan las lecturas de nivel, tomando referencia del espejo de agua a nivel del mar.

c) Sensores a nivel

Algunos sensores de nivel son instrumentos electrónicos que utilizan un material piezoeléctrico, que convierte las variaciones de presión del agua en variaciones de voltajes, proporcional a los cambios de nivel de agua. Estos instrumentos requieren el suministro de energía eléctrica para su funcionamiento. Por su diseño de alta precisión permite al sensor ser sumergido más allá de su rango de operación sin daño.

Por su dimensión (2.3 cm de diámetro), este sensor puede ser utilizado en lugares donde otros sensores no se pueden utilizar, ajustándose a una tubería de 25 mm puede hundirse a la profundidad deseada. Tiene una salida de 4 a 20 miliamperes para ser conectado a un acondicionador de señales.

Hasta este punto hemos estudiado en forma general los principios de medición para las variables atmosféricas, como son: la temperatura, la humedad, el viento, la presión atmosférica, la precipitación o lluvia, la evaporación y el nivel de agua, así como sus principales instrumentos de medición. Esto nos permitirá tomar una mejor decisión en la selección de una estación meteorológica.

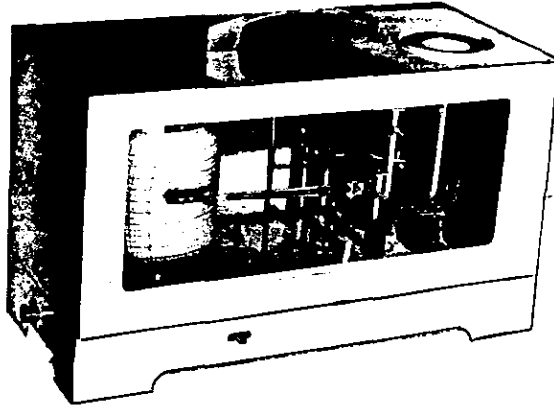


Figura 2.25.- Evaporígrafo.

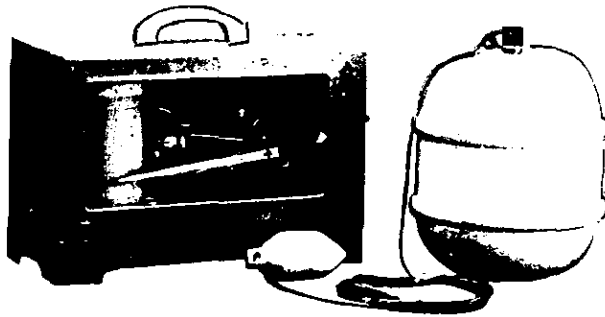


Figura 2.26.- Linnígrafo.

The front panel is covered with a sealed membrane that includes the display window and push button switches. The entire package is sealed against exposure.

The wiring termination strip consists of two sections. One is the two pin power connector and the other is the 23 pin instrument connector. The termination plugs are available in any length, and may be prewired before plugging into the VX1004.

The 16 character back lit LCD display and 5 key control permit set up and programming of the VX1004. An observer or technician may verify operation of the system or take instrument readings at any time.

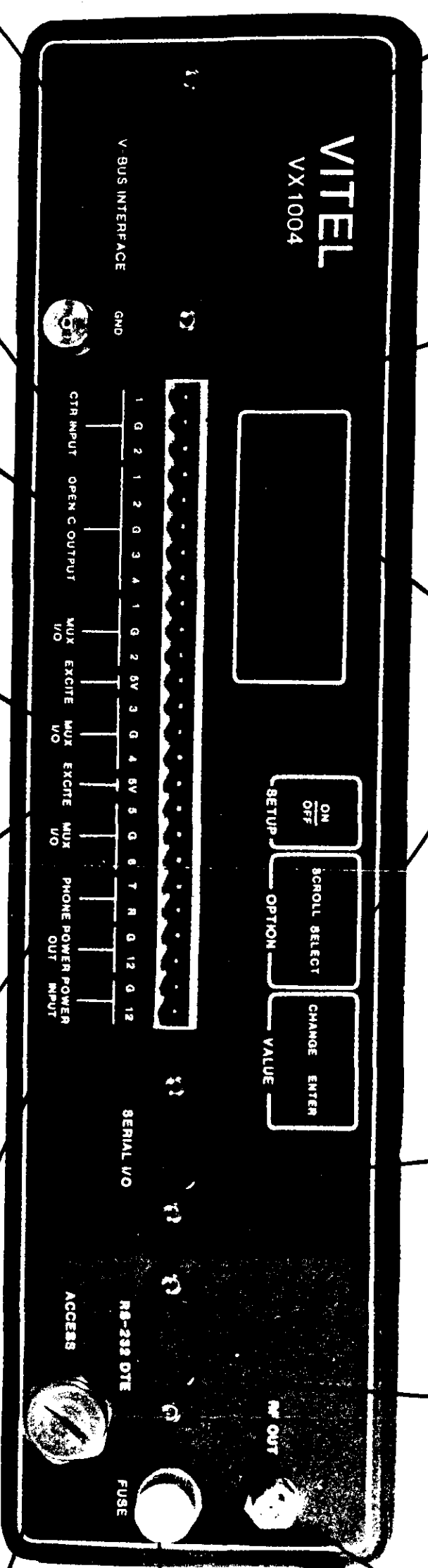
The serial I/O port can be programmed as a 3 wire (SDI-12) or 4 wire serial interface. The DB-9 connector has ground, 12 volt, and separate or merged TX and RX.

This is a standard DB-9 serial communications port. It may be used for DCP set-up with a dumb terminal or portable computer, or to access the data memory.

Output
This SMA connector is the RF output to the GOES or LOS radio antenna. For the fiber optic modem, this is an optical connector.

Fuse
The fuse protects the main power input. Spare fuses are packed with each unit.

Access
Removing the sealed cap screw provides access to 4 dip switches. Two set the thresholds of the counters, one resets the GOES fail-safe circuit and one is used to connect the internal backup battery.



ACTUAL SIZE

V-Bus Port

The B 25 connector is the access port to the V-Bus. Additional modules may be daisy chained to the port with flat ribbon cable.

Counter Inputs

These two dedicated counter inputs may be set at different thresholds, and may be used to measure frequency or as event counters.

Open Collector Outputs

Four 100 ma capacity open collector transistor outputs permit the VX1004 to have a modest control capability. High current or AC line devices can be controlled through the use of external isolation modules. This provides the ability to sound alarms or to control motors.

Mux I/O

There are 6 multiplexed I/O ports. These switch under program control to:

- 12 bit A/D converter which can be programmed for full scale values of 0.1, 1.0, or 5.0 volts;
- serial data exchange for reading shaft encoders;
- counter for frequency measurement;
- internal reference resistors for RTD measurement.

Telephone

Tip and Ring wiring points are used with the phone option.

Main Power Input

These two pins are plugged in separately from the I/O connector. The input voltage range is 7 to 18 volts, which is designed to make efficient use of alkaline batteries.

Excitation

- Three types of sensor excitation are available under program control:
- Current from the mux I/O ports for reading RTDs;
 - 5.0 volt precision references for bridge or potentiometric devices;
 - Switched battery power output.

Figura 3.5 DCP VX-1004 plataforma colectora y almacenadora de datos (data collection platform)

CAPITULO III

ESTACIONES METEOROLOGICAS

En este capítulo describiremos las diversas clasificaciones de las estaciones meteorológicas, bajo diferentes perspectivas; así mismo, describiremos algunos criterios y recomendaciones para la instalación de una estación meteorológica. Analizaremos todos y cada uno de los diferentes componentes que conformaran nuestra estación meteorológica propuesta.

3.1 TIPOS DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

Una estación meteorológica puede tener diferentes fines, dependiendo de los propósitos para los cuales fue instalada, ya que la información que nos proporciona se utiliza en diversas aplicaciones. Por consiguiente, en una estación meteorológica pueden conjugarse dos o más categorías simultáneamente.

De acuerdo a lo establecido por la OMM (Organización Meteorológica Mundial), las estaciones meteorológicas se clasifican de la siguiente manera:

3.1.A Según su finalidad general

a) 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.

b) Climatológicas. En éstas se obtienen datos meteorológicos, con una consistencia, homogeneidad y duración tales, que permiten describir el clima de una región determinada.

c) 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.

d) Especiales. Son estaciones establecidas con carácter temporal o permanente para la observación de determinados elementos o varios fenómenos.

e) Aeronáuticas. Están destinadas a efectuar observaciones y dar información sobre el estado del tiempo, su comportamiento y evolución, para servicio de la navegación aérea.

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

3.1.B De acuerdo a la información que suministran

a) Principales. Son estaciones básicas que por su distribución, equipo utilizado, observador, frecuencia y tipo de observación tienen por finalidad determinar las condiciones generales del clima de la región donde se encuentran emplazadas, proporcionando datos de todos los regímenes climáticos de la zona.

b) Ordinarias. Son aquellas cuya información define las condiciones climáticas locales o características especiales de uno o varios elementos meteorológicos, cuya tendencia general fue definida por las estaciones principales, con las cuales se establecen correlaciones para conocer las variaciones interzonales.

c) Adicionales. Estas surgen de la necesidad de información específica en lugares no cubiertos por las estaciones principales u ordinarias. Según sus características, pueden distinguirse las siguientes clases:

* Transitorias. Se establecen para obtener la información requerida de uso inmediato y temporal con miras a fundamentar proyectos y trabajos específicos, tales como estudios de cualquier fenómeno que afecta a los cultivos (heladas, vientos fuertes, granizadas, etc.) ayuda a fomentar la investigación de aspectos básicos sobre el balance hídrico, etc.

* Operacionales. Se instalan con carácter permanente o hasta cuando desaparezca la necesidad, en virtud de un cambio en el sistema de operación. Proveen datos específicos para abastecimiento y distribución de agua, control de irrigación y embalses, previsión de crecientes, etc..

d) De referencia. Se instala en un sitio adecuado a fin de obtener series de datos homogéneos y representativos (por un promedio de 30 años) que constituyen normales climatológicos. Estas proporcionan un buen margen de confianza en el tratamiento y aplicación de la información.

Más que una categoría, al hablar de estas estaciones nos estamos refiriendo a un atributo adicional de las estaciones principales ordinarias.

3.1.C Por el nivel al que se refiere la observación

a) Superficie. Son aquellas en las cuales se hacen observaciones visuales o instrumentales en la superficie ó dentro del suelo en el lugar donde se encuentran emplazadas.

b) **Altitud o aerológicas.** En éstas se lanzan globos y/o sondas que detectan el comportamiento del viento y/o la presión, la temperatura y la humedad en las capas de la atmósfera.

3.1.D Por el lugar de observación

- a) Terrestres
- b) Aéreas
- c) Marítimas

3.2 CRITERIOS PARA LA INSTALACION DE ESTACIONES

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

3.2. A En forma general

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

b) **Los factores geográficos.** Es necesario considerar la cercanía al mar, y en áreas continentales la proximidad de almacenamientos de agua naturales y artificiales.

c) **Las 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) **La naturaleza del suelo.** La naturaleza del suelo relacionada con el conocimiento de parámetros meteorológicos es determinante en el entendimiento de como 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) **La vegetación natural.** Los elementos meteorológicos como la radiación, temperatura, precipitación evaporación, 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) Zonas urbanas e industriales. En estas zonas, la necesidad de contar con datos meteorológicos como por ejemplo, respecto a la precipitación, principalmente, es de primordial importancia, ya que el recurso agua tiene un uso intensivo, y este dato se requiere para dotación de ciertos servicios indispensables a la población como sanidad, agua potable, desagües, contaminación, etc..

3.2.B En forma particular

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

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

c) Terreno nivelado. El terreno seleccionado para la estación no deberá presentar depresiones, ya que eso ocasionaría problemas en la época lluviosa, como inundación, y en el acceso a la toma de las observaciones, por lo cual el terreno deberá estar nivelado.

d) Tiene mucha importancia el hecho de que el observador viva cerca de la estación, por la constante vigilancia que se debe tener sobre el instrumental, así como para evitar la dificultad de trasladarse a la estación. Es muy importante disponer de un observador con deseo y disponibilidad de efectuar el trabajo.

e) Fácil acceso. Es de primordial importancia ubicar las estaciones en los sitios más apropiados con un fácil acceso, tanto para la instalación en sí de la estación como para el traslado del observador. La selección del lugar está condicionada a la consideración de los factores anteriores.

3.3 DIMENSIONES DE LA ESTACION Y DISTRIBUCION DEL INSTRUMENTAL

Las dimensiones de las estaciones pueden variar de acuerdo a la magnitud de las observaciones que se vayan a realizar en ellas.

Algunas estaciones podrán instalarse en amplias áreas de más de 400 m², o en áreas tan reducidas como la azotea de una escuela rural, pudiendo tener libre acceso o estar confinadas por alguna cerca de protección.

El instrumental mínimo que se requiere para una estación está determinado por su finalidad o por el tipo de observaciones que se realizan. Algo importante es que el instrumental se halle correctamente instalado de acuerdo a las especificaciones convencionales establecidas por la OMM, y que no exista interferencia entre los aparatos en la medición de los parámetros meteorológicos, es necesario que el lote donde quede ubicada la estación esté orientado en la dirección Norte - Sur (línea meridiana), pues muchos de los instrumentos requieren de esta orientación. Como se muestra en la *figura 3.1*

Algunas de las especificaciones más importantes establecidas por la OMM para la instalación de una estación meteorológica son:

- Los sensores de viento deben estar instalados en una torre de 10 m. de altura como mínimo
- Los sensores de humedad y temperatura deben estar protegidos contra los rayos solares y a una altura de 1.5 m.
- La estación debe instalarse en un área despejada con un radio de 30 m. como mínimo

La observación meteorológica

Consiste en la medición y determinación de todos los elementos, que en su conjunto caracterizan el estado atmosférico en un momento dado y en un lugar determinado, utilizando instrumental adecuado y complementado por la observación de los sentidos, principalmente la vista. Estas observaciones se realizan con métodos en forma sistemática, uniforme, continua y a horas establecidas.

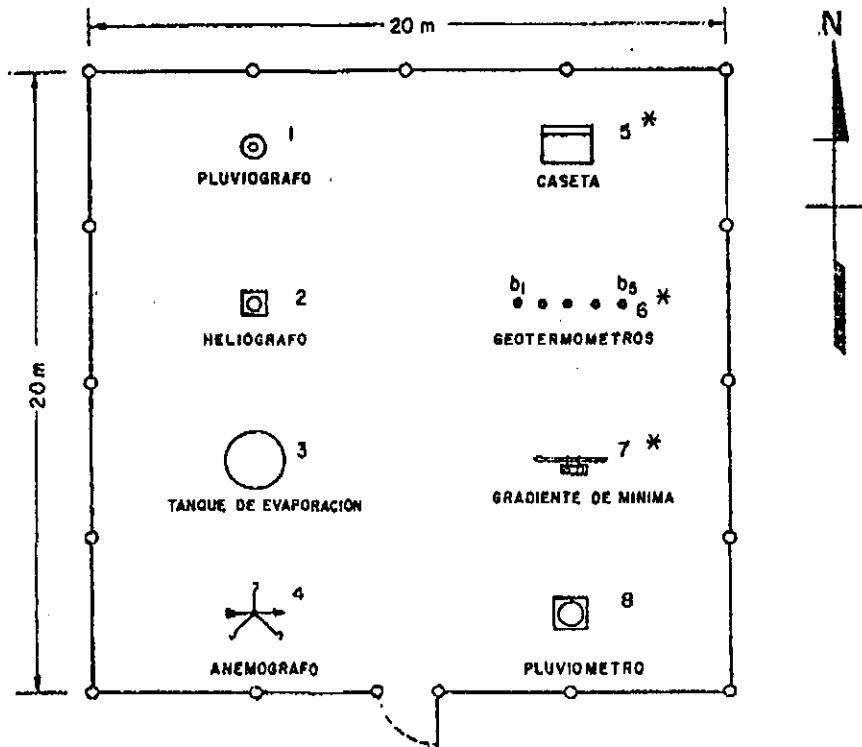
Las observaciones deben hacerse invariablemente en las horas indicadas y su ejecución en el menor tiempo posible. Estas dos condiciones son muy importantes y es preciso que las cumpla el observador, pues de ello depende la exactitud y veracidad de los datos y permite que éstos puedan ser comparables en otros lugares.

3.4 CLASIFICACION DEL INSTRUMENTAL METEOROLOGICO

El instrumental meteorológico que se puede encontrar en una estación se clasifica de la siguiente forma:

a) De lectura directa. Los instrumentos de lectura directa están basados en la alteración que sufre un elemento sensible cuando interviene un elemento meteorológico. Por ejemplo:

El pluviómetro, ante la lluvia altera su contenido; la veleta por influencia del viento mueve la paleta; el heliógrafo, por intervenciones de la luz solar quema el papel; los



5* { Termómetros de extremas
 Polímetro
 Higrotermógrafo

6*: 5, 10, 20, 50 y 100 cm
 de profundidad

7*: 5, 10, 30, 50 y 100 cm
 sobre el suelo.

Figura 3.1 Ubicación del instrumental mínimo en una estación meteorológica.

termómetros, por diferencia de temperaturas el líquido que contienen se contrae o dilata, etc.

b) De lectura indirecta. En este tipo de instrumentos se pueden distinguir tres partes esenciales, las cuales son:

* Elemento sensible. El cual va a estar presentando un cambio en sus características físicas o en su forma, de acuerdo a las manifestaciones del elemento meteorológico.

* Elemento transmisor - amplificador. El cambio o variación en el elemento sensible es transferido y amplificado por medio de un artificio mecánico eléctrico, electrónico o de cualquier otra naturaleza, como salida se encontrará una plumilla inscriptora o una carátula de lectura analógica o un "display" digital.

* Elemento registrador. Los aparatos vienen provistos de un tambor que tiene un sistema de relojería que hace que dé una vuelta por día o por semana; en éste se coloca una gráfica o banda de papel que permite imprimir a la plumilla inscriptora una sucesión de puntos representativos de las mediciones efectuadas; como éstas se hacen en forma continua, la sucesión de puntos constituye una línea que representa las variaciones experimentadas por el elemento meteorológico en un lapso determinado.

3.5 CASETA O ABRIGO METEOROLOGICO

El objeto de las observaciones meteorológicas, es contar con datos cuantitativos que representen las condiciones generales del lugar o zona geográfica. Por ejemplo: Cuando se coloca un termómetro a la intemperie y recibe directamente los rayos solares, éste al absorber la energía solar, aumentará su temperatura, por lo que el termómetro marcará su propia temperatura y no la temperatura del aire.

Eso hace necesario tener una caseta o algún tipo de abrigo meteorológico, en cuyo interior se colocan los termómetros para poder obtener así la temperatura del aire.

La caseta debe tener las siguientes características:

* Acondicionamiento.- Las 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 debajo 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. En la *figura 3.2* se muestra una caseta ó abrigo meteorológico.

* El material.- Este 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.

* La Orientación.- Es muy importante para evitar que los rayos solares penetren al interior de ésta, ubicando las puertas de la caseta al Norte .

* Los Instrumentos y aparatos.- Deben ir dentro de la caseta o abrigo meteorológico, los cuales son:

- a) Termómetro de máxima
- b) Termómetro de mínima
- c) Higrómetro
- d) Psicrómetro
- e) Evaporímetro tipo Piche
- f) Termógrafo
- g) Higrógrafo

3.6 REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA ESTACION METEOROLOGICA

3.6.A Características Generales

Dentro de las características que debe cumplir la Estación Meteorológica determinadas por el S.M.N. se encuentran:

a) La cubierta del equipo electrónico debe ser resistente y a prueba de intemperie, de tal forma que no llame la atención para evitar que sea robado, todo el conjunto del equipo y los sensores deberán estar montados en una torre tubular de acero galvanizado de 10 metros de altura soportada por tirantes de cable de acero. Se recomienda que la estructura de la torre sea de tipo basculante para facilitar su mantenimiento.

b) Todos los sensores deben estar montados sobre la torre para su protección, excepto el pluviómetro y el sensor de nivel de agua. Todas las interconexiones de los sensores se harán con cables blindados y en donde se requiera, protegidos por tubo licuatite o conduit.

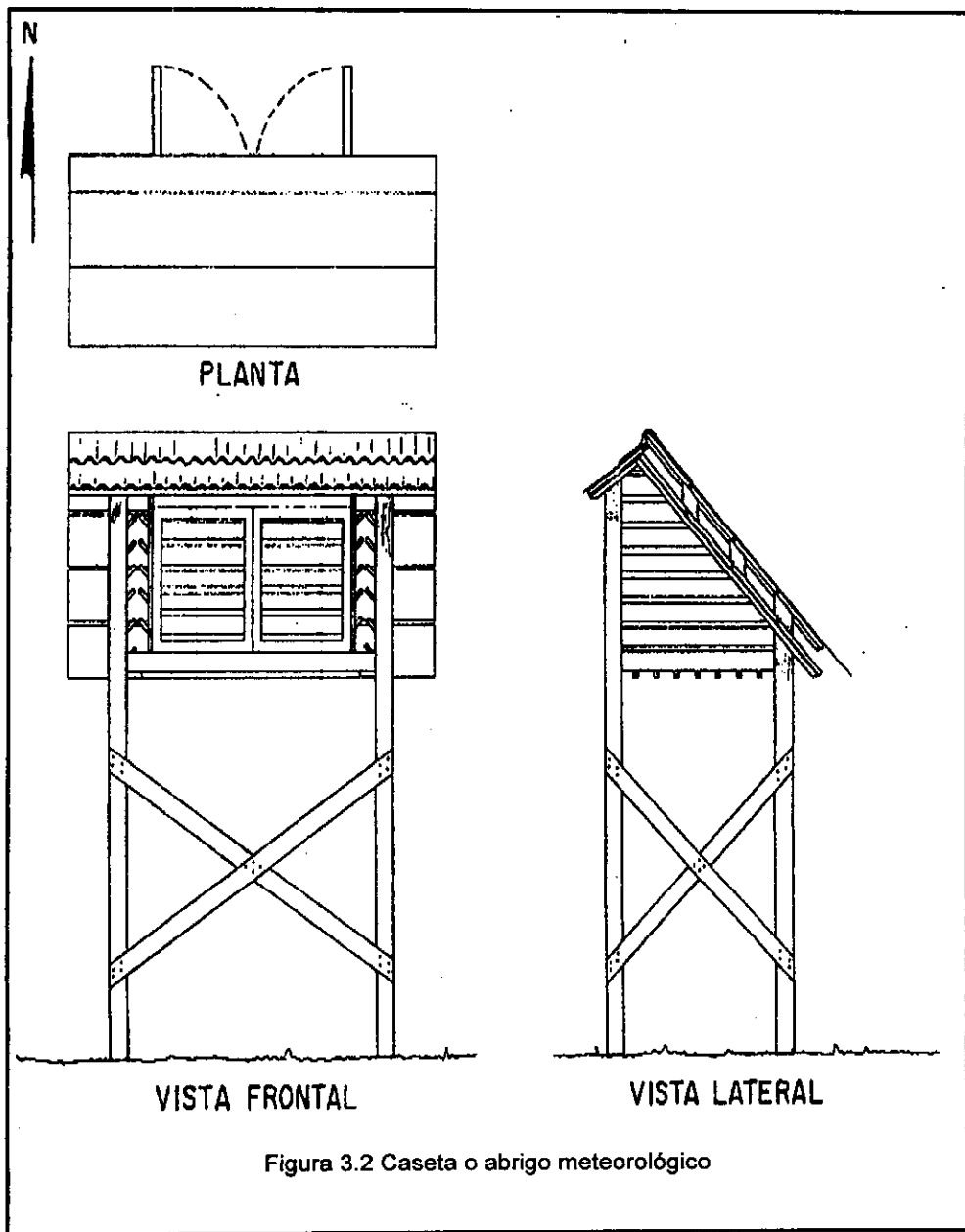


Figura 3.2 Caseta o abrigo meteorológico

El S.M.N. señala que estas estaciones deben contar únicamente con 6 tipos de sensores, aclarando que aquellas que se lleguen a instalar en las presas y cerca de los ríos se les coloquen además un sensor de nivel de agua.

A continuación se enlistan las variables a medir y sus sensores correspondientes, señalando las características particulares de cada uno de ellos.

- Temperatura del aire

Tipo	Resistencia de platino
Intervalo de medición	-20 °C a 60 °C o -30 °C a 50 °C
Umbral de respuesta	0.25 °C
Precisión	0.50 °C
Resolución	0.25 °C

- Humedad Relativa

Sensor tipo	Capacitor eléctrico
Intervalo de medición	0 % a 100 % HR (humedad relativa)
Umbral de respuesta	2 % HR
Precisión	3 % HR
Resolución	2 % HR

- Presión Barométrica

Sensor tipo	Membrana de silicio
Intervalo de medición	600 a 1065 mb
Umbral de respuesta	3 mb
Precisión	1 mb para intervalos de 100 mb 2 mb para intervalos de 200 mb
Resolución	0.05 mb

- Velocidad del viento

Sensor tipo	Anemómetro de copas
Intervalo de medición	0 a 60 m/s
Umbral de respuesta	0.75 m/s
Precisión	0.5 m/s
Resolución	0.5 m/s

- Dirección del viento

Sensor tipo	Veleta aerodinámica
Intervalo de medición	0° a 360°
Umbral de respuesta (mínima intensidad de viento que produce movimiento en la veleta)	1 m/s
Precisión	2.5°
Resolución	1.5°

- Precipitación

Sensor tipo	De balancín
Área de captación	400 cm ²
Resolución (sensor basculante)	0.25 mm

- Nivel de agua (solamente para estaciones Hidroclimatológicas)

Sensor tipo	Cristal piezoeléctrico
Intervalo de medición	5 m del cero con cero ajustable
Umbral de respuesta	0.5 cm
Precisión	1 cm
Resolución	0.25 cm

Requerimiento de energía

Debe contar con una fuente propia de energía, compuesta por un panel solar y una batería recargable, este sistema debe permitir que la estación sea completamente autosuficiente, permitiendo incluso que pueda trabajar hasta por 3 días seguidos sin recibir energía solar.

Funcionamiento completamente autónomo

El proceso de adquisición, procesamiento, almacenamiento y transmisión de datos debe hacerlo de forma completamente automática y programada.

3.6.B Requerimientos de operación de la estación

VARIABLES A MEDIR

Como ya se vio anteriormente, las estaciones climatológicas deben contar con sensores de: lluvia, presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, y en los casos específicos con un sensor de nivel de agua por lo que reciben el nombre de Estaciones Hidroclimatológicas.

Frecuencia con que deberá de tomar las muestras

Dirección del viento	Cada segundo
Velocidad del viento	Cada segundo
Temperatura	Cada minuto
Humedad Relativa	Cada minuto
Presión atmosférica	Cada minuto
Precipitación	Al presentarse el fenómeno
Nivel de agua	Cada minuto

Frecuencia con que presentará las variables

Dirección del viento	Cada 15 minutos
Velocidad del viento	Cada 15 minutos
Temperatura	Cada 15 minutos
Humedad Relativa	Cada 15 minutos
Presión atmosférica	Cada 15 minutos
Precipitación	Cada 15 minutos
Nivel de agua	Cada 15 minutos

Información almacenada

Deberá de contar con la capacidad de almacenar datos de todas las variables de 2 meses atrás, aun cuando la batería principal se descargue o se desconecte, los cuales podrán ser recuperados en campo por medio de una computadora personal portátil y un programa de comunicaciones.

Datos transmitidos

La información almacenada en la estación será transmitida al satélite GOES cada 3 horas. Esta información contendrá los valores promedio, máximos y mínimos para cada

variable, calculados cada 15 minutos. Cada estación tendrá un tiempo predeterminado para la transmisión y evitar que transmitan simultáneamente, además, contará con la opción de transmitir cuando registre valores fuera de cierto rango predeterminado a través de un canal de alarma, ya que éstos pueden ocurrir en cualquier momento.

3.7 ESTACION METEOROLOGICA AUTOMATICA PROPUESTA

Todos los componentes de la estación deben cumplir con las necesidades y los requerimientos del Servicio Meteorológico Nacional, así como, las normas internacionales vigentes que los fabricantes deben de satisfacer. En el caso de los transmisores vía satélite, estos además deben cumplir con los requisitos de la NOAA (National Oceanic And Atmospheric Administration), y de NESDIS (National Environmental Satellite Data And Information Service), ya que si no los cumple, no autorizarán el uso de los satélites GOES.

Una vez analizados y estudiados los requerimientos del S.M.N. el siguiente paso es localizar y seleccionar el equipo adecuado que cumpla o rebase las especificaciones dadas.

3.7.A Selección del equipo transmisor vía satélite

Empezaremos con el equipo transmisor, dado que es un elemento de suma importancia dentro de la estación y no existe gran variedad de fabricantes de este tipo de componentes. Así, al ser seleccionado el transmisor, la elección de los demás componentes se sujetara a los requerimientos técnicos del mismo, de los cuales por la gran variedad de marcas existentes en el mercado nuestra selección será de lo más completa dentro de las características del lugar donde se instale la estación.

Para la selección del equipo transmisor, realizamos investigaciones para determinar proveedores y/o fabricantes de este tipo de equipos, encontrando que en México no existen proveedores o representantes, por lo que el siguiente paso fue buscar en Los Estados Unidos, aquí nos llevamos la sorpresa que sólo existen tres fabricantes que cumplen con los requisitos establecidos, estas empresas son: Data General, Sutron y Vitel.

Al ponemos en comunicación con las empresas mencionadas y analizada la información proporcionada por éstas, la empresa que cumplió con todas las normas solicitadas fue Vitel. Por lo que una vez analizada esta información nos dimos cuenta que sus equipos cubren todos los requisitos que buscamos y que además cumple con las normas fijadas por la NOAA y NESDIS, necesaria para que se autorice el uso de los satélites meteorológicos GOES, según se hace constar en un certificado expedido por las dos instituciones mencionadas de la cual se nos proporciono una copia, que se puede consultar en el apéndice.

El equipo Transmisor

El equipo transmisor de Vitel , que cumple con los requisitos mencionados es el modelo VX-1004 DCP(*DCP = Data Collection Platform*) o sea, una Plataforma Colectora de Datos o *Data logger*. Sus características más sobresalientes son:

- a) Su tamaño compacto, 30.0 cm de largo, 8.00 cm de ancho y 5 cm de profundidad, con un peso de apenas 1.5 kg, lo que permite su montaje dentro de pequeños espacios, tales como un tubo de P.V.C de 10.1cm de diámetro . Estas características permiten al usuario su fácil instalación tal como se puede ver en la *figura 3.3*. Este equipo puede ser instalado en las casetas meteorológicas típicas o en cualquier otro lugar.
- b) Bajo consumo de energía, del orden de miliwatts, en modo " *stand by* " ó *de espera*, ya que se encuentra fabricado con tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Silicone) que tiene la cualidad de trabajar con bajos consumos de energía. Cuenta con dos modos de operación dentro de la configuración GOES, o sea transmisiones de tiempo programado (en nuestro caso cada 3 horas),y transmisiones al azar para casos de emergencia. En el modo de tiempo programado el consumo de energía promedio es de 80 miliwatts, asumiendo una transmisión de 20 segundos de duración cada tres horas. En el segundo modo todos los circuitos no usados son desconectados entre transmisiones para ahorrar energía. Con una transmisión de 2 segundos cada hora,(valor aproximado), el consumo de energía promedio es de 30 miliwatts. El fabricante propone que un juego de baterías alcalinas pueden suministrar energía hasta por 3 meses en el modo de tiempo programado y 9 meses en el segundo modo, pero en nuestro caso las baterías no serán alcalinas si no recargables, como veremos más adelante.
- c) Contiene un módulo básico, que se encarga del manejo y acondicionamiento de las señales de entrada, aceptando rangos típicos de corriente, voltaje y frecuencia.
- d) El alta o " *set up* " del equipo es bastante simplificado, ya que el ajuste de todos los parámetros y tiempos pueden ser programados en el frente del equipo, mediante teclas y un " *display* " , o a través de una computadora que se conecta utilizando el puerto RS232 DTE del equipo y un paquete de comunicaciones tales como el Telix, Bitcom, Procom, etc.
- e) Además cuenta con una batería de respaldo de litio de 3.2 volts con una vida promedio de 3 años, que permite mantener activa la memoria RAM de 64 kb, lo cual es muy importante en caso de fallas en la batería principal, ya que es en

VITEL VX1004 DCP

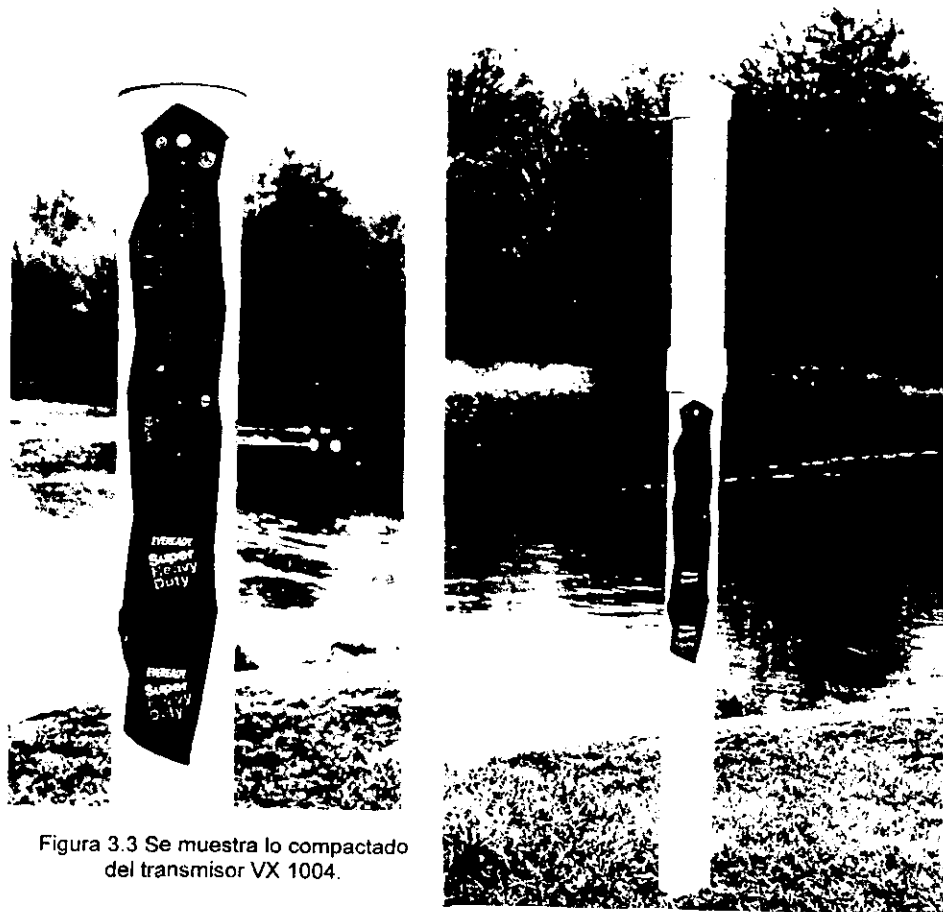
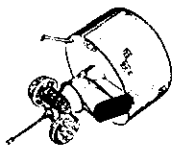


Figura 3.3 Se muestra lo compactado del transmisor VX 1004.

esta memoria donde se guardan los datos adquiridos durante los dos últimos meses. Esta batería también sirve para mantener funcionando el reloj de tiempo real del equipo. Este sistema nos permite hacer una preprogramación de todos los parámetros antes de su instalación en campo, ya que aunque se desconecte la batería principal la programación no se pierda.

A continuación haremos una descripción general del modelo VX-1004 y sus accesorios.

Empezaremos por mencionar que el VX-1004 es una plataforma colectora y almacenadora de datos("Data logger"). Cuando la DCP (*Data Collection Platform*) funciona en el modo de transmisión de datos y que por alguna circunstancia ésta es interrumpida, el equipo quedará funcionando sólo como "Data logger", guardando toda la información recabada y evitando la pérdida de la misma.

El modo de comunicación típico de estos equipos es a través de los satélites GOES y/o teléfono, o por medio de señales de radio con línea de vista (en inglés LOS= Line Optical Signal), en VHF ó UHF. Otras formas de comunicación disponibles son utilizando fibra óptica o líneas privadas como se ve en la *figura 3.4*.

El VX-1004 maneja 8 entradas analógicas o digitales utilizando un conector tipo clema con 23 terminales, cuenta también con dos modos de comunicación: Por su puerto serie RS-232 y por el conjunto formado por su teclado y su display de cristal líquido. En la *figura 3.5* se aprecian en detalle todas las características mencionadas, cabe señalar que en la figura que se muestra es de tamaño real.

La estructura del equipo se basa en módulos independientes, interconectados por conectores de 72 terminales, haciéndolo versátil en aplicaciones específicas de medición de variables y formas de transmisión. Cada módulo está contenido en una sola tablilla de circuito impreso de doble cara, con componentes de montaje de superficie elaborados con tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Silicone), con estas características este equipo es de los más avanzados en su tipo. Las dimensiones de las tablillas son de: 30.0 x 7.00 cm. Aproximadamente..

El fabricante maneja una versión de equipo estándar que incluye las siguientes tablillas:

- *Del panel frontal.
- *De acondicionamiento de entrada/salida.
- *De microprocesador.

Con estas tablillas el equipo funciona como "Data logger"

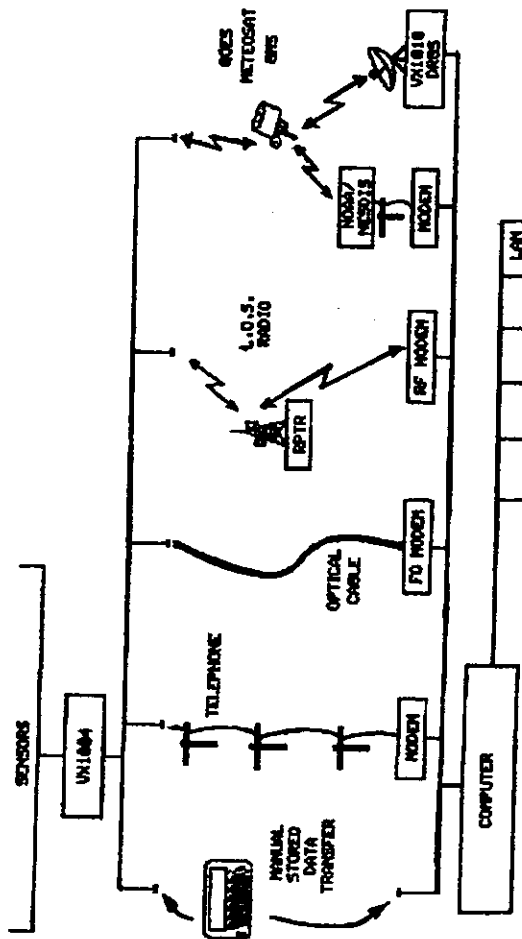


Figura 3.4 Diferentes medios utilizados para la transmisión de la información.

Incluye además, tabllillas opcionales como son:

- *Del sintetizador GOES/Oscilador de alta estabilidad.
- *De acondicionamiento telefónico.
- *De radio frecuencia.
- *De módem para fibra óptica.

Que en nuestro caso además de las tabllillas estandar necesitaríamos la del sintetizador GOES/Oscilador de alta estabilidad.

En la *figura 3.6* se muestra un diagrama general de las tabllillas que conformarán el equipo transmisor.

A continuación presentamos en forma resumida la función de cada una de las tabllillas:

Tablilla del panel frontal

Esta tablilla es la que se encuentra en la parte de exterior del conjunto de tabllillas, y sirve como tapa de todo el transmisor . En este panel se localiza el conector de radio frecuencia, donde se encuentra grabada la identificación de todos los conectores del equipo, También contiene dos accesos , uno para reemplazar el fusible y otro para habilitar o deshabilitar los interruptores, además sirve de soporte para ensamblar todas las tabllillas.

Tablilla de acondicionamiento de entrada /salida

Esta tablilla se encuentra localizada inmediatamente detrás del panel frontal del transmisor, en ella se encuentran instalados los siguientes componentes: El *display* de cristal líquido, en el que se visualizan las funciones de programación, las teclas de entrada para programar, un conector DB-25, llamado V-BUS INTERFACE , que permite la conexión con otros módulos utilizando cable plano, el conector de 23 terminales para la conexión de los cables de los sensores, un conector de 2 terminales para la alimentación de 12 volts del transmisor, un puerto serial DB-9 para señales de entrada /salida, un puerto de comunicaciones serie DB-9 para conectarse con una computadora o una terminal.

En esta tablilla se efectúan las adecuaciones necesarias de las señales de entrada/salida del transmisor. Otro detalle interesante de esta tablilla es que contiene también ciertos dispositivos de protección (varistores) contra descargas eléctricas (rayos), en cada una de sus entradas. También se encuentran algunos reguladores de voltaje que proporcionan los niveles de voltajes requeridos por los diferentes circuitos integrados del transmisor. Esta tablilla cuenta con un conector hembra de 72

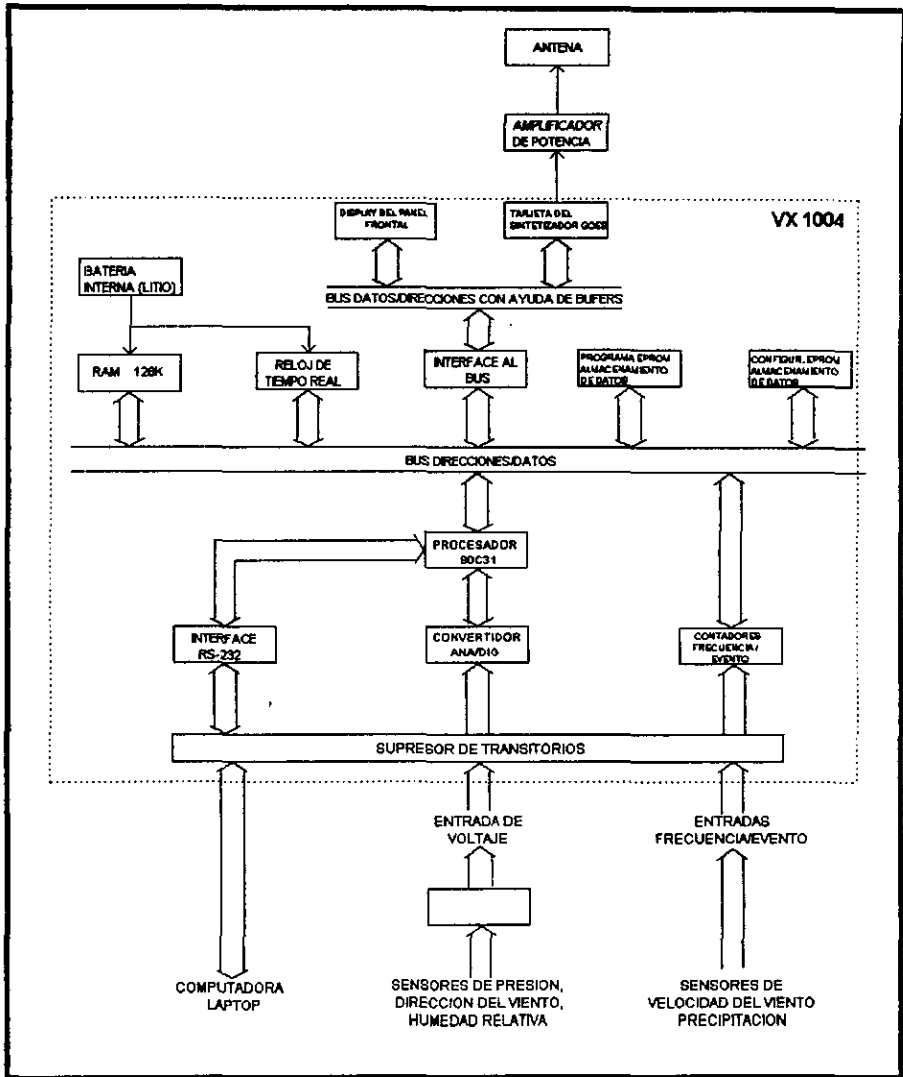


Figura 3.6 Diagrama general de las tablas que conforman el equipo transmisor.

terminales para su interconexión con la tablilla del sintetizador GOES / Oscilador de alta estabilidad. En ésta se localiza el fusible principal del equipo.

Tablilla del microprocesador

Esta tablilla es la que más componentes tiene, se localizan los componentes de control, programación y memoria del equipo, entre los más sobresalientes podemos mencionar el microprocesador 80C31 de Intel de 32 bits, el EPROM del tipo 27C512 donde se graba la programación particular que el usuario requiere (*SET UP*), también se encuentra con la memoria RAM de 60 K bytes del tipo TC55257BFL-85 para el almacenamiento de la información recabada, otros elementos son: la batería de respaldo del reloj y de la memoria, es del tipo BR2020 de 3V de litio, normalmente tienen un promedio de vida de 3 años, un conjunto de 3 interruptores de los cuales uno tiene la función de habilitar la batería de respaldo, el otro funciona como un restablecedor en caso de algún problema en el equipo y el tercero no se ocupa.

Tablilla del Sintetizador GOES/ Oscilador de alta estabilidad

Esta tablilla se localiza enseguida de la tablilla acondicionadora, de aquí sale directamente el conector de radio frecuencia localizado en el panel frontal. En esta tablilla se encuentra localizado uno de los componentes más críticos del equipo, como es el oscilador de tipo sintetizado, que debe de ser bastante preciso y estable, ya que de éste depende que el equipo transmita a la frecuencia autorizada sin provocar interferencias. El rango del sintetizador es de 401.65 a 402.4 MHz. y el ancho de banda de los canales de transmisión es de 1500 Hz. Todos los componentes del oscilador se encuentran dentro de una cubierta blindada, además esta tablilla se encuentra separada de las demás por una tablilla blindada y conectada a tierra.

El programa operativo principal para el adquirente de datos VX-1004 está escrito en lenguaje "C", instalado en una memoria EPROM (Erasable Programmable Random Only Memory). Cuando el adquirente (DCP) ha sido configurado para una aplicación particular, todos los parámetros son almacenados en una memoria EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Esto permite que la DCP pueda ser configurada también en el laboratorio o fábrica. Una vez configurada, la operación es inicializada por medio del panel frontal o por una terminal conectada a su puerto serie.

Los parámetros "SET UP" o de alta, caen en una de las dos categorías que son: Primero, parámetros que pueden ser registrados en términos generales como rangos de voltaje, rampas y pulsos. Segundo, instrumentos específicos que pueden ser seleccionados de un menú. Este menú incluye instrumentos como medidores de lluvia o medidores de nivel. Algoritmos simples de salida están disponibles para controlar, encender o apagar, abrir o cerrar algún equipo o dispositivo instalado.

Este equipo tiene varias opciones de antenas transmisoras vía satélite, que le permite el uso de diferentes frecuencias de transmisión. El diseño permite incorporar un amplificador de potencia de RF (Radio Frecuencia) para que la señal llegue con la potencia y calidad necesarias a los satélites sin importar su ubicación. El enlace entre la DCP y el amplificador se realiza a través de un pequeño cable coaxial de baja pérdida, el enlace entre éste y la antena se utiliza un cable coaxial tipo RG8 .

Conexión de señales

Cuando los sensores tienen requerimientos complicados de interconexión, se utilizan unos dispositivos electrónicos llamados STUs (Sensor Transition Units), los cuales acoplan las señales de salida de los sensores con las entradas del DCP, además permiten que se puedan utilizar cableados largos sin tener problemas de interferencia y/o pérdidas de señal.

En nuestro caso, los únicos sensores que requieren de este acondicionamiento son los de temperatura, humedad relativa y nivel de agua.

Las variables a medir con el DCP son:

- *Velocidad de viento, como una salida de frecuencia y una entrada a un contador.
- *Dirección de viento, donde la salida es a través de un potenciómetro y la entrada es analógica debida a un voltaje de 5 volts de excitación.
- *Pluviómetro, conectada a un contador.
- *Nivel de agua, conectado a una entrada analógica, con un voltaje de excitación de 5 volts.
- *Temperatura y humedad relativa conectada a una entrada analógica y con un voltaje conmutado de 12 volts (Sólo se energiza cada vez que hace una medición).

El procedimiento típico para la puesta en operación de estos equipos se puede resumir en los siguientes pasos:

- *Preprogramación de la unidad DCP en el laboratorio previo a su instalación.
- *Instalación de los elementos sensores en el conjunto de terminales.
- *Conexión del cable de la antena.
- *Conexión de la batería.
- *Verificación del sistema y pruebas de la recolección de datos.
- *Pruebas de transmisión de datos.

Una vez efectuados los pasos anteriores el equipo estará listo para ser enviado a campo y puesto a funcionar.

Con lo expuesto hasta este punto, tenemos una visión general de lo que es el equipo VX-1004 de Vitel.

3.7.B Selección de los sensores de medición

Debido a que nuestro equipo va a funcionar de una manera automática es necesario utilizar sensores e instrumentos que trabajen mediante señales electrónicas. En los siguientes apartados describimos los equipos seleccionados.

Sensor de temperatura y humedad

Al analizar la información de catálogos especializados, encontramos que los sensores de temperatura y humedad relativa se encuentran integrados en un sólo instrumento; esto se entiende ya que son dos parámetros que tienen estrecha relación, por lo tanto, haremos un análisis considerando estos dos sensores como uno solo.

El sensor seleccionado que cumple con los requerimientos y normas establecidas, es el modelo HMP-35, de la marca Vaisala ó su equivalente el 230-504 DataLynx cuyas características principales son:

a) Está diseñado para proveer una gran exactitud y rapidez en las mediciones, este sensor de humedad es un elemento de capacitancia, compuesto de una capa dieléctrica de polímero que absorbe las moléculas de agua del aire a través de un electrodo metálico, lo cual causa un cambio en la capacitancia, proporcional a la humedad relativa. La respuesta es esencialmente lineal e independiente de la temperatura, cada sensor es provisto con un filtro para protegerlo de suciedad y de contaminación atmosférica. El elemento está construido de tal manera que es fácilmente reemplazable.

b) Un circuito electrónico de estado sólido se encuentra interconstruido en cada sensor para producir una salida de 0 a 100 mv, correspondiendo a valores de humedad relativa de 0 a 100%. La señal de salida es unipolar eliminando los amplificadores diferenciales requeridos por otros sensores de humedad. El diseño incluye un circuito limitador para prevenir lecturas mayores de 100 % de humedad relativa (HR). Se obtienen exactitudes de 2% entre 0 y 80 % (HR). El tiempo de respuesta es de un segundo y su rango de temperatura de operación es de -40 °C a +80 °C. Estos sensores son muy versátiles y se utilizan comúnmente en mediciones de humedad ambiental para sistemas de adquisición de datos. Este normalmente requiere de un montaje especial que incluye un protector de radiación solar .

c) El sensor de temperatura está formado por un termistor que se comporta de una manera lineal donde sus cambios de resistencia son directamente proporcionales a los cambios de temperatura y su rango de medición es de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la *figura 3.7* se muestra este tipo de sensor de humedad relativa y temperatura. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

Sensor de velocidad de viento

Para la medición de la velocidad del viento seleccionamos el modelo: "Type 40" de la marca NRG Systems cuyas características son: su construcción resistente de policarbonato que le permite resistir velocidades hasta de 384 km por hora, su bajo momento de inercia, proporcionado por sus baleros de teflón, con lo cual se obtienen respuestas para vientos de muy baja velocidad. Debido a su construcción es un instrumento de larga vida y casi nulo mantenimiento comparado con otros instrumentos semejantes. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

Por su salida lineal estos sensores son ideales para usarse con sistemas de adquisición de datos y controladores. Este modelo tiene tres copas cónicas moldeadas en una sola pieza.

La rotación de las copas genera una corriente alterna senoidal de voltaje en una bobina formada por cuatro polos magnéticos. Dos ciclos de onda senoidal son producidos por cada revolución de las copas siendo su frecuencia directamente proporcional a la velocidad de viento. En la *figura 3.8* se muestra este tipo de sensor.

Sensor de dirección de viento

Para la medición de esta variable seleccionamos el modelo SERIE 200 de la marca NRG Systems. Este sensor está construido en material termoplástico y acero inoxidable lo que lo hace resistente a la corrosión y contribuye a una alta relación de resistencia-peso, en su construcción se utilizó un mínimo de partes para maximizar su funcionamiento. La veleta está conectada directamente a un potenciómetro de precisión de 10,000 ohms localizado en el cuerpo del instrumento, cuando se conecta a una fuente de voltaje c.d. regulado produce un voltaje de salida directamente proporcional a la dirección del viento, que puede ser desde 0° hasta 360° . En la *figura 3.9* se muestra este sensor. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

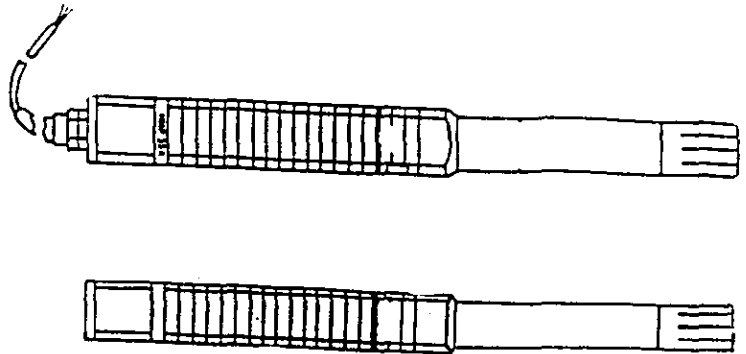


Figura 3.7 Sensor de temperatura y humedad relativa marca Vaisala mod. HMP-35.

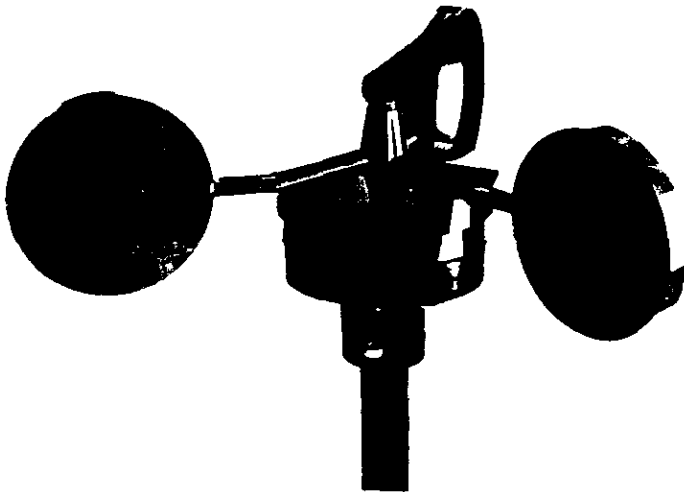


Figura 3.8 Sensor de velocidad de viento marca NRG Systems, mod. Type 40.

Sensor de presión barométrica

Para la medición de esta variable seleccionamos el modelo 230-700 de la marca Data Lynx, el cual está construido con electrónica de estado sólido y su elemento sensor es del tipo piezoeléctrico, que nos proporciona lecturas de presión para elevaciones de -60 hasta 3,657 metros (-200 hasta 12,000 pies).

Este sensor es usado normalmente con *data loggers* pero puede ser configurado para usarse con un graficador o con un display analógico o digital. La tecnología de estado sólido permite hacer mediciones con precisión y repetibilidad, además podemos efectuar compensaciones por temperatura. La señal de salida de este sensor se puede obtener desde 0 a 5 volts de D.C. y de 0 a 1 mA. o de 4 a 20 mA, siendo ésta linealmente proporcional a la presión barométrica. Su bajo consumo de energía lo hace ideal para uso portátil y aplicaciones remotas. Los ajustes de cero y de escala se pueden efectuar a través de potenciómetros de calibración, en la *figura 3.10*, se muestra este sensor. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

Sensor de precipitación

Seleccionamos el pluviómetro modelo 2501 de la marca Sierra Misco ó su equivalente DataLynx modelo 260-200, su construcción es de aluminio y acero inoxidable para evitar cualquier tipo de corrosión, su principio de funcionamiento de basa en un balancín de dos compartimientos, que se llenan alternativamente de agua recolectada a través de un embudo, produciendo un movimiento alterno que a su vez activa un interruptor magnético, el cual es accionado por un imán montado en el cuerpo del balancín. Este interruptor magnético genera pulsos eléctricos en los que un pulso equivale a 0.25 milímetros de agua. El equipo recolector de datos registra estos pulsos haciendo una contabilidad acumulativa para obtener la cantidad de precipitación en un lapso de tiempo (intensidad de precipitación). En la *figura 3.11* se muestra este tipo de sensor. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

Sensor de nivel de agua

Para la medición de esta variable se consideraron diversos sensores, optando por el de mayor precisión, compatibilidad y bajo costo, siendo éste el modelo VS100 de la marca Vitel. Este sensor se encuentra construido dentro de un pequeño receptáculo de acero inoxidable haciéndolo resistente a corrosiones, ataques de peces y golpes.

El principio de funcionamiento se basa en un sensor piezoeléctrico, el cual convierte las variaciones de nivel de agua en cambios de presión, que a su vez son convertidos en variaciones de voltaje proporcionales a estos cambios. Este instrumento lleva interconstruido un circuito electrónico que convierte estas pequeñas variaciones de voltaje en una salida de 0 a 5 volts de C.D., requiere para su operación de un voltaje externo de 12 volts C.D. regulados.

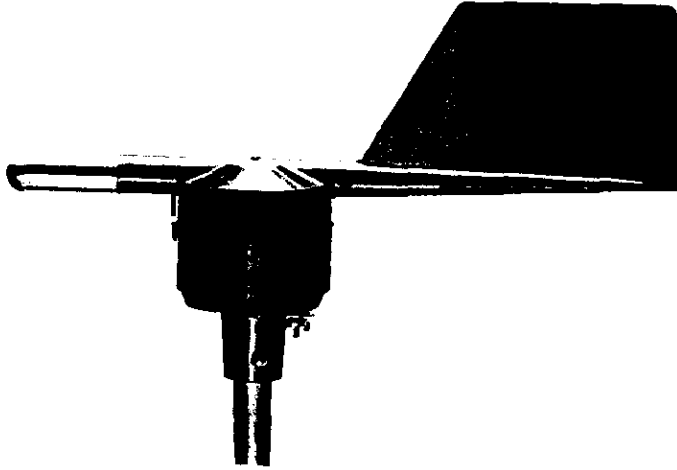
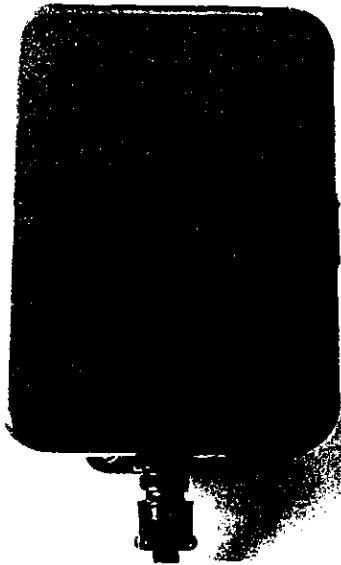


Figura 3.9 Sensor de dirección de viento marca NRG Systems, mod. Serie 200.



Pressure Altitude Equivalents		
mb	in Hg	Altitude
813	24.0	5974
830	24.5	5425
847	25.0	4886
864	25.5	4356
880	26.0	3824
897	26.5	3320
914	27.0	2814
931	27.5	2315
948	28.0	1824
965	28.5	1340
982	29.0	863
999	29.5	392
1013	29.9	std sea level
1016	30.0	-73
1033	30.5	-531

Figura 3.10 Sensor de presión barométrica marca Datalinx , mod. 230-700

Normalmente viene equipado con un cable de 10 m, pero se pueden proveer longitudes mayores de acuerdo a las necesidades del usuario, su construcción es de tal forma que permite la entrada de aire de la superficie al interior del instrumento, con la finalidad de compensar los efectos causados por las diferentes altitudes, con esto logramos que automáticamente, cuando el sensor no se encuentra sumergido, nos de una medición de 0 metros. En la *figura 3.12* se muestra este sensor.

3.7.C Accesorios

Dentro de los principales accesorios tenemos:

- * La antena de transmisión
- * La fuente de poder
- * La cubierta del equipo
- * La torre de instrumentos
- * Protectores de instrumentos

La antena de transmisión

La antena de transmisión es un elemento crítico para las transmisiones vía satélite, ya que una antena no adecuada o mal construida, puede provocar que las transmisiones no sean recibidas por el satélite y por lo tanto, que esa estación sea reportada como fuera de operación, aunque todo lo demás funcione adecuadamente. Otro factor importante a considerar es la orientación y la inclinación de la misma, ya que si no se encuentra debidamente ajustada, las transmisiones serán defectuosas, ya sea con baja potencia o fuera del rango de modulación, ocasionando con esto, transmisiones incompletas o erráticas.

Como ya lo mencionamos anteriormente, estos equipos transmiten a los satélites GOES que se encuentran instalados en una órbita geoestacionaria, en el llamado Cinturón de Clark, por lo mismo las antenas tienen que ajustarse de acuerdo a la latitud del sitio donde se instalen. Las antenas cuentan con un mecanismo que nos permite efectuar estos ajustes moviendo su ángulo de inclinación. Por la ubicación de nuestro país, se considera que con una inclinación de 45 grados es suficiente para que todas las estaciones transmitan en forma satisfactoria. La orientación de la antena debe estar orientada en dirección Sur que es donde se localiza la órbita de los satélites GOES. En la *figura 3.13*, se muestra una antena de este tipo.

En el apéndice aparecen todas las especificaciones de la misma. Esta antena es fabricada especialmente para estos equipos, donde su diseño y construcción son de características especiales. En nuestro caso está diseñada para UHF y para una frecuencia de 402.00 MHz.

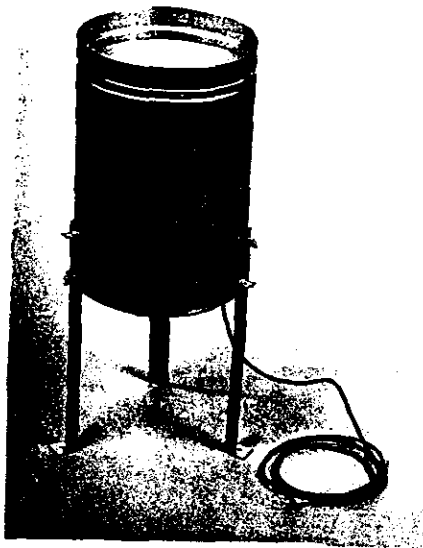


Figura 3.11 Sensor de precipitación marca Sierra Misco, mod. 2501.

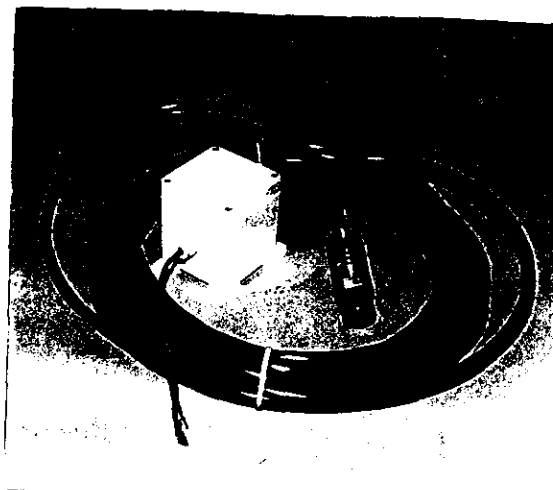


Figura 3.12 Sensor de nivel de agua marca Vitel, mod. VS 100.

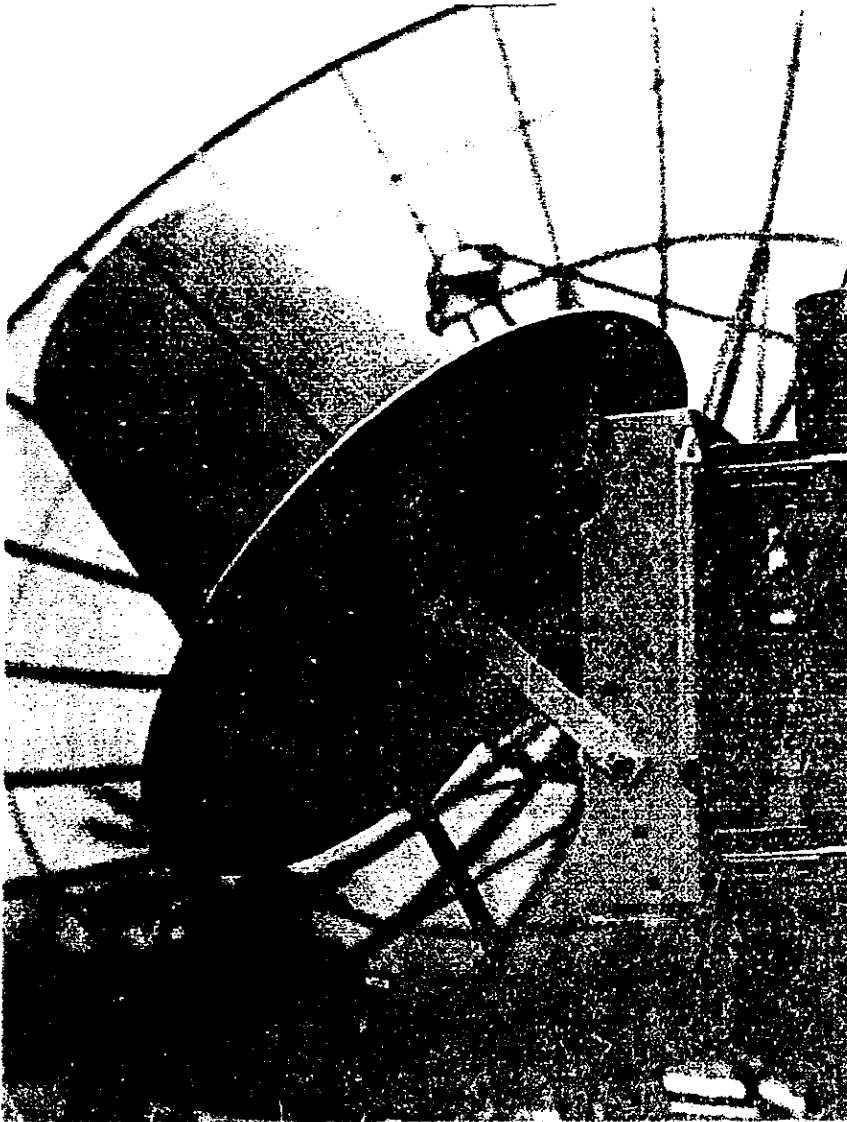


Figura 3.13 Antena de transmisión marca Vitel para 402 MHz.

La fuente de poder

Esta es una de las partes más importantes dentro de la estación, ya que sin ella la misma no operaría, por lo tanto debe de estar perfectamente dimensionada para cumplir con los requerimientos de voltaje y corriente que el equipo demanda. Como ya se mencionó, el equipo debe de ser capaz de funcionar de una manera autónoma, en cuanto a suministro de energía, requiriendo de una batería, que además debe ser recargada por un panel solar, debe tener la capacidad de alimentar a la estación hasta por un periodo de 5 días, o sea, que aún sin recibir carga del panel solar durante este periodo de ser capaz la estación de funcionar sin ningún problema.

Por lo tanto, para seleccionar la capacidad de las baterías necesitamos conocer el consumo de energía de todo el equipo de la estación, para lo cual recurrimos a las especificaciones dadas por el fabricante, las cuales son:

Voltaje de alimentación : 12 volts c.d. nominales, aunque puede operar con voltajes de 7 hasta 18 volts.

*Consumo de energía: 5 miliwatts como data logger en "Stand by" ó espera.
20 miliwatts como transmisor GOES también en reposo.
15 watts con un amplificador de potencia.*

De lo anterior podemos observar que el mayor consumo de potencia lo tiene cuando conectamos a un amplificador de potencia, que sería nuestro caso, como se comentó anteriormente. Afortunadamente estos 15 watts sólo se consumen durante el tiempo que dura la transmisión, y que es de 30 segundos aproximadamente, se efectuarán cada 3 horas para tiempo programado, para el caso de las transmisiones al azar estas tendrán que ser estimadas, y de acuerdo a recomendaciones del fabricante, y por experiencia con otros equipos, se considera que un número de 6 es bastante razonable, por lo tanto nuestro cálculo de consumo de energía sería :

8 trans. de tiempo programado + 6 trans. al azar = 14 transmisiones.

14 transmisiones en 24 horas, de 30 segundos cada una, o sea:

*tiempo de transmisión por día = 14 trans. x 30 seg. = 420seg. = 7min
que es igual a 0.1166 horas.*

considerando una autonomía de 5 días, tendremos:

5 x 0.1166 horas = 0.583 horas x 15 watts = 8.749 watts/hora

En el cálculo anterior no tomamos en cuenta el consumo correspondiente a los miliwatts.

De lo anterior deducimos que una batería de 12 volts- 9 Amp/hr es suficiente para esta aplicación. Buscando en catálogos de baterías encontramos que existe una de la marca Yuasa, que cumple con nuestras necesidades, y que es el modelo NP-6/9 AH, que es de 6 volts- 9 Amp/hr, por lo que conectando 2 en serie cumple con el voltaje requerido. Otras razones para su elección son el tamaño compacto (9.0 x 5.0 x 6.0 cm) y que son completamente selladas esto permite colocarlas dentro de la cubierta de PVC sin ningún problema. El tiempo promedio de vida según el fabricante es de 5 años. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

El siguiente componente de la fuente de poder es el panel solar, este debe ser capaz de reponer la energía consumida durante los periodos de transmisión de la estación, considerando que sólo recarga la batería en los periodos de insolación, y que además ésta no es constante, por lo que se recomienda considerar sólo 6 horas en promedio por día, como tiempo de recarga .

Para este componente debemos tomar varias consideraciones para su selección adecuada, como son: la capacidad, la eficiencia, la construcción, el peso y el tamaño, después de analizar varios catálogos, escogimos el modelo ASE-50 de la marca ASE Americas, Inc. que tiene las siguientes especificaciones:

*Voltaje : 14.4 volts a plena carga.
22.0 volts en vacío.*

Amperaje : 3 amperes en corto circuito.

Material: Policristal de silicio.

Dimensiones: 100 cm de largo por 40 cm de ancho

Peso: 6.1 Kg

En este componente el peso y las dimensiones son importantes, ya que iría instalado a unos 7 metros de altura por lo menos, lo cual hay que considerar al momento del diseño de la torre.

Un equipo complementario para la fuente de poder es un regulador, que nos permite tener un control sobre la corriente de carga que llega del panel solar a la batería y evitar que se sobrecargue, logrando con esto prolongar la vida útil de la misma. Este componente se consideró, ya que la intensidad de la luz solar no es constante, y por lo tanto existen periodos en los cuales la carga sería excesiva y en otros sería muy baja, lo cual implica una carga irregular de la batería, el regulador lo que trata de hacer es uniformizar esta carga, cortando corrientes mínimas y máximas y suavizando estos cambios. Además este regulador incluye un diodo de protección contra descargas de

la batería, esto podría suceder en los periodos en los que no haya sol y entonces la corriente de la batería fluiría de la batería al panel. Como se puede apreciar en la *figura 3.14*

Cubierta del equipo

Otro accesorio es la cubierta del equipo electrónico, ésta debe cumplir con ciertos requerimientos, como son el de proteger de la intemperie el equipo, además debe ser funcional y algo muy importante, como las estaciones en la mayoría de los casos se instalarán en lugares completamente desprotegidos y sin vigilancia, la cubierta tiene que ser de tal forma que no llame la atención e invite a ser robada (por eso no se pensó en utilizar un chasis tipo Nema 4, de ahí que se pensó en utilizar un tubo de PVC, común y corriente).

Las medidas y partes de ésta se ven en la *figura 3.15* en la cual como partes importantes resalta un tapón de acceso a la DCP, esto nos permite interconectarnos a su puerto serial utilizando un cable y una computadora portátil (*notebook*), sin tener que abrir la cubierta.

Torre de instrumentos

El siguiente accesorio a considerar es la torre de instrumentos, donde se instalarán todos los equipos de nuestra estación, hay varios aspectos a considerar, como veremos a continuación. Primero tiene que ser suficientemente fuerte y estable para soportar el equipo, además debe de contar con algún mecanismo que permita el acceso a los componentes colocados en lo más alto, a fin de efectuar su mantenimiento o reemplazo de los mismos, el equipo debe quedar fuera del alcance de los vecinos o visitantes, para evitar que sea dañado o robado. En general se podría describir esta torre como una estructura formada por tres tramos de 3 metros cada uno, y al final rematada con un tramo de 1 metro, lo que nos da una altura total de 10 metros (construida en acero galvanizado), altura mínima requerida para la colocación de los instrumentos medidores de viento. Esta torre se encuentra soportada por una base basculante, que le permite ser bajada con mayor facilidad por los técnicos. La sustentación se la dan 4 tirantes de cable de acero colocados en forma adecuada y a su vez sujetos por anclas clavadas en el piso. Para detalles ver *figura 3.16*.

Protectores de instrumentos

Por último tenemos otro accesorio que es el protector de radiación solar para los sensores de humedad relativa y temperatura, como se muestra en la *figura 3.17*. Este protector es necesario ya que estos dos sensores deben quedar a resguardo de los rayos directos del sol para poder obtener mediciones adecuadas. Este protector es de aluminio pulido con la finalidad de reflejar todos los rayos que inciden sobre de él,

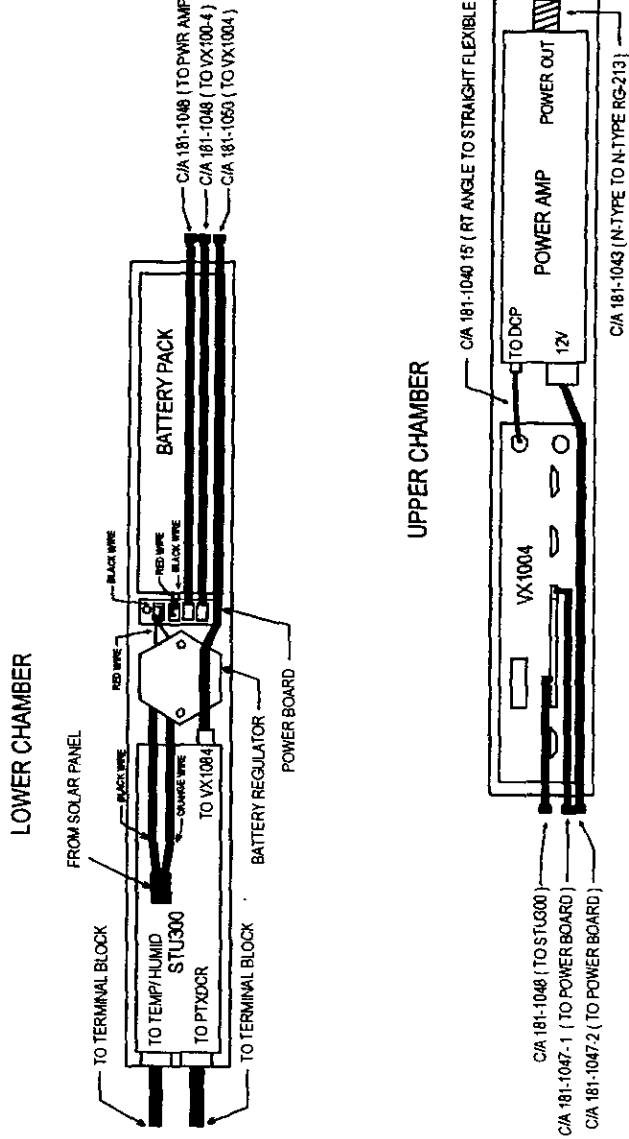


Figura 3.14 Fuente de poder.

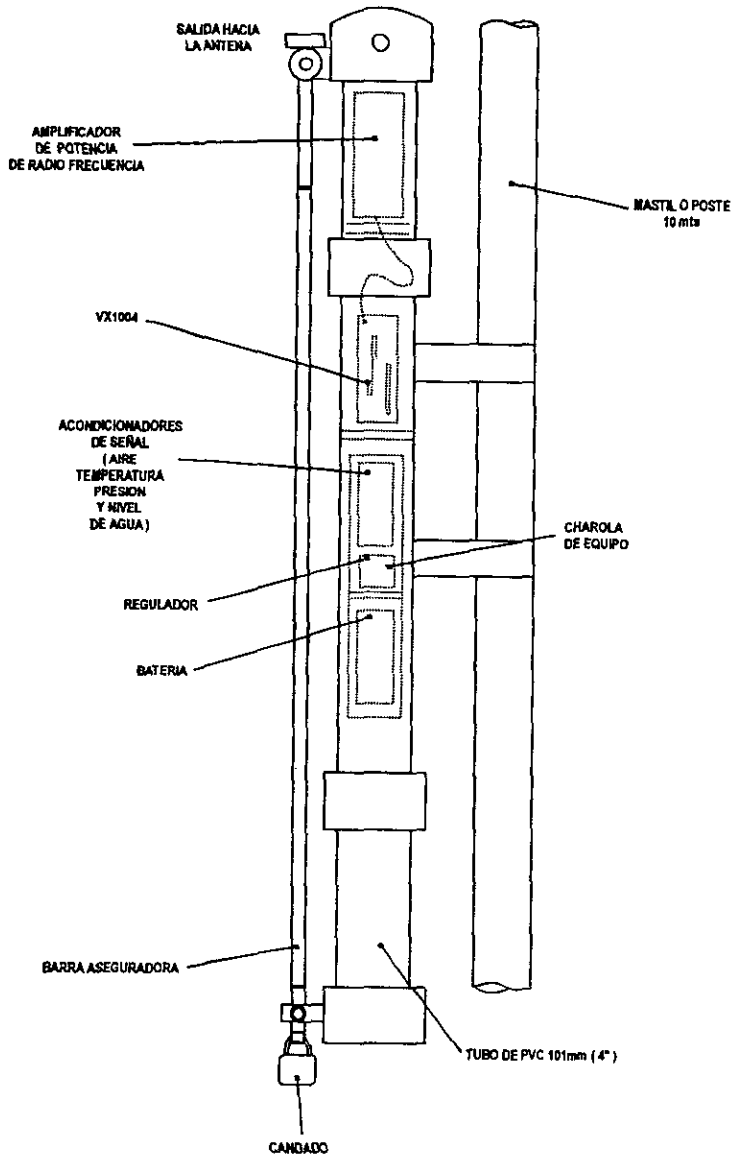


Figura 3.15.- Cubierta del equipo.

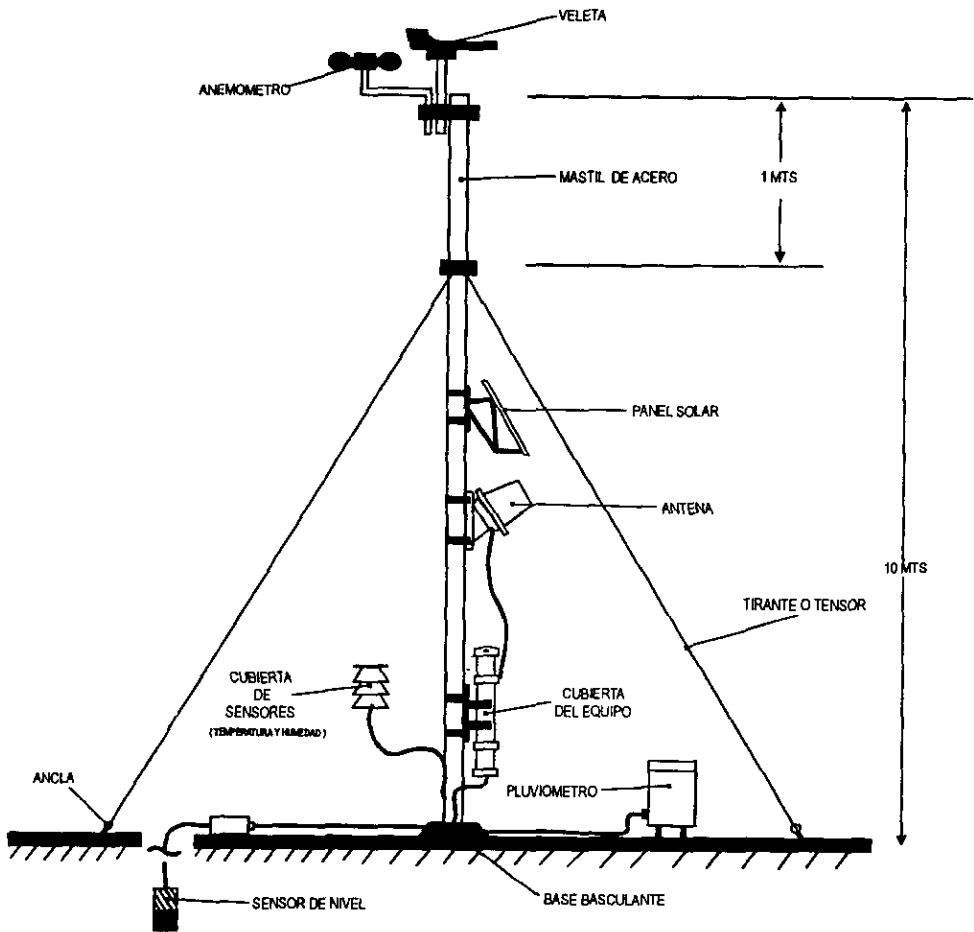


Figura 3.16 Torre de instrumentos.

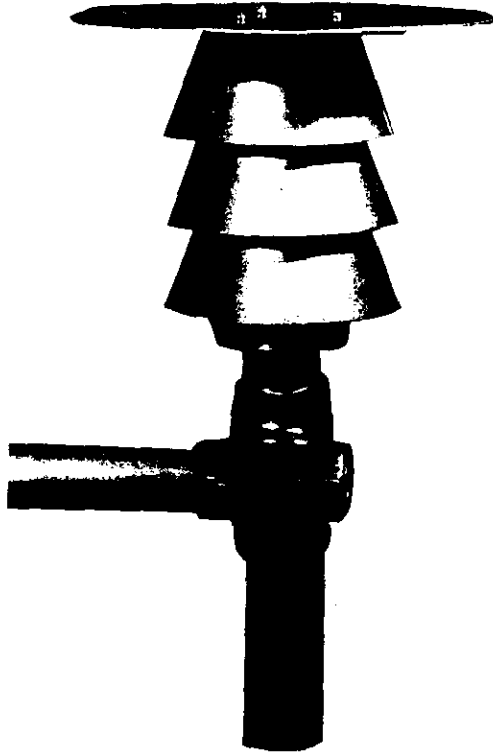


Figura 3.17. Protector para termómetro y sensor de humedad relativa.

conservando fresco su interior (esto equivale a efectuar mediciones a la sombra), además está construido de tal forma que el aire circule a través de él. (ver especificaciones técnicas en el apéndice)

En este capítulo hemos analizado en forma general los tipos de Estaciones Meteorológicas, criterios y recomendaciones para su instalación, así como su instrumental.

Considerando las características determinadas por el S.M.N. para la estación meteorológica, seleccionamos y describimos todos y cada uno de los elementos que conforman la estación meteorológica automática propuesta.

En este capítulo hablaremos de las características más sobresalientes de la transmisión de la información de una estación meteorológica, posteriormente trataremos como se realiza la recepción y el procesamiento de esa información en una central meteorológica. Es importante señalar que estas señales deben de cumplir con determinados requisitos impuestos por NESDIS, como condición indispensable para que se autorice el uso de los satélites GOES. Algunos de los requisitos más importantes son: que el equipo cuente con una base de tiempo muy precisa, para evitar traslapes en la información transmitida; otra es que transmita con un mínimo de potencia de 10 watts, que se encuentre en un cierto rango de modulación, y además que lleve el formato adecuado, conteniendo toda la información para la correcta identificación de la plataforma transmisora.

4.1. TRANSMISION DE LA INFORMACION

La información mínima que debe contener la transmisión, independientemente de los datos, es: Identificador de la estación, fecha, hora, y canal. Para el caso que nos ocupa, a cada una de las 600 estaciones que se vayan a instalar, NESDIS tendrá que asignarles su identificador, su hora de transmisión y el canal en el que transmitirán. Esta información se le programa a cada equipo, utilizando su propio display o a través de una computadora conectada a su puerto serial.

Además el transmisor envía otro tipo de información bastante útil, la que nos permite determinar el estado en que se encuentra la estación, e incluso hacer un diagnóstico, en caso de que se detecte algún problema en la recepción de los datos. Esta información es: potencia de la señal, ángulo de modulación, calidad de los datos, voltaje de la batería y si hay problemas con el reloj o errores de paridad.

Todos los bytes transmitidos están en caracteres ASCII (American Standard Code for Information Interchange), con 7 bits de datos y uno de paridad. Cada mensaje puede contener desde 1 a 8 campos de datos, dependiendo de cuantos sensores se encuentren habilitados, y si ésta es una transmisión de tiempo programado o al azar. Un "Campo de datos" es la cantidad de datos de cada sensor. El formato para un Campo de datos se define como:

<Flag><Parámetros de datos>

<Flag> es un byte de caracteres ASCII entre "1" y "8" los cuales indican de que sensor provienen los datos, como se observa en la siguiente tabla:

Flag Byte	Entrada en VX1004	Parámetro
"1"	Mux 1	Dirección de viento
"2"	Mux 2	Temperatura
"3"	Mux 3	Humedad Relativa
"4"	Mux 4	Presión Barométrica
"5"	Mux 5	Nivel de Agua
"6"	Mux 6	Reservado
"7"	Contador 1	Pluviómetro
"8"	Contador 2	Velocidad de viento

De lo anterior se puede observar que el formato de los parámetros de datos varía considerablemente, dependiendo del tipo de mediciones efectuadas y de los sensores habilitados. Un "grupo de datos" es la cantidad de datos grabados para cada sensor en un periodo de 15 minutos. El formato específico de cada grupo de datos varía de acuerdo con los parámetros de cada sensor, como veremos más adelante. Para transmisiones programadas un grupo de datos es enviado cada tres horas (8 grupos de datos /horas x 3 horas = 24 grupos de datos). Para transmisiones al azar, solo los tres últimos grupos de datos son enviados. El formato de datos para cada sensor es:

Mux 1, Dirección de viento.

Los datos son tomados cada segundo, y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio:	1 byte, 0-255, representando 0 a 360 grados. (1.4117 grados por conteo)
Mínima:	1 byte, número positivo entre 0 y 128, representando un número entre 0 y 180 grados para ser restado del valor promedio.
Máxima:	1 byte, número positivo entre 0 y 128, representando un número entre 0 y 180 grados para ser sumado al valor promedio.
Desviación Estándar :	1 byte, número positivo entre 0 y 255, representando la desviación estándar entre 0 y 360 grados.

Por lo tanto el formato en tiempo programado será:

< prom > < min > < max > < desv . Estan > ,

4 bytes /grupo x 12 grupos ==> 48 bytes

Mux 2, Temperatura.

Los datos son tomados cada minuto y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio: 1 byte, 0 a 255, representando -30 a +60 ° C.
(0.353 grados por conteo).

Mínimo: 1 byte, mismo formato que para promedio.

Máximo: 1 byte, mismo formato que para promedio.

Por lo tanto el formato para tiempo programado será:

<prom><min><max>

3 bytes/grupo x 12 grupos ==> 36 bytes

Mux 3, Humedad Relativa.

Los datos son tomados uno por minuto y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio: 1 byte, valores de 0 a 204, representando 0 a 100%

Mínima: 1 byte, mismo formato que promedio.

Máxima: 1 byte, mismo formato que promedio.

Por lo que su formato para tiempo programado será:

<prom><min><max>

3 bytes/grupo x 12 grupos ==> 36 bytes

Mux 4, Presión barométrica.

Los datos son tomados cada minuto y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio : 1 byte, 0 a 255, representando 0 a 200 mb.
(0.784 mb por conteo).

Mínima: 1 byte, mismo formato que promedio.

Máxima: 1 byte, mismo formato que promedio.

Por lo que su formato de tiempo programado será:

<prom><min><max>

3 bytes/grupo x 12 grupos ==> 36 bytes

Nota: Estos barómetros deberán calibrarse para los diferentes sitios de instalación y queden dentro del rango de medición del instrumento que es de 0 a 200 mb.

Mux 5, Nivel de agua.

Los datos son tomados cada minuto y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio: 2 bytes, 0 a 4095, representando de 0 a 10 metros.
(2.44 mm por conteo).

Mínimo: 1 byte, número positivo de 0 a 255, para ser restado del valor promedio.

Máximo: 1 byte, número positivo de 0 a 255, para ser sumado al valor promedio.

Por lo que su formato de tiempo programado será:

<2bytes prom><min><max>

4 bytes/ grupo x 12 grupos ==> 48 bytes

Mux 6, Reservado.

Mismo formato que el Mux 5, usualmente no se habilita.

Su formato en tiempo programado será:

<2 bytes prom> <min> <max>

4 bytes/grupo x 12 grupos ==> 48 bytes

Contador 1, Pluviómetro.

Las lecturas del pluviómetro son tomadas cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Conteo 2 bytes, 0 a 4095, este contador puede entonces ser
Acumulado: restablecido de 4095 a cero.

Conteos acumulados en 15 minutos:

1 byte por cada conteo, de 0 a 255 (0.5 mm por impulso).

Su formato de tiempo programado será:

<2 bytes por conteo>< 1 por conteo><12 por conteo>

14 bytes, pasando a 15 bytes, y codificado a 20 bytes

Su formato de transmisión al azar será:

<2 bytes por conteo><1 por conteo><2 por conteo > < 3 por conteo>.

5 bytes, pasado a 6 bytes, codificado a 8 bytes

Contador 2, Velocidad de viento.

Los datos son tomados cada segundo y procesados cada 15 minutos. Los siguientes datos son transmitidos:

Promedio: 1 byte, de 0 a 255 conteos por segundo
(Frecuencia) 1.317 m/seg. (Hz)

Mínima: 1 byte, 1 a 255, mismo formato que el promedio.

Máxima: 1 byte, 1 a 255, mismo formato que el promedio.

Desviación

Estándar : 1 byte, 1 a 255, mismo formato que el promedio.

El formato de tiempo programado será:

<prom><min><max><desv>

4 bytes /grupo x 12 grupos ==> 48 bytes

Con lo visto en este punto debemos de tener una idea más clara sobre la forma en que el transmisor VX-1004 procesa y codifica la información recabada para poder ser transmitida, y en su momento poder ser recibida y procesada para su almacenamiento en la Estación Receptora.

4.2 RECEPCION DE LA INFORMACION

El sistema de comunicaciones para los Satélites Geosíncronicos Meteorológicos se describe brevemente enseguida. Una DCP localizada remotamente transmite los datos a 402 MHz a alguno de los satélites en órbita, como pueden ser los GOES, GMS o Meteosat. El usuario recupera la información con una Estación Terrena Receptora Directa(DGRS: Direct Receive Ground Station). Esta estación se compone de varios elementos, como son la antena, el receptor, el equipo de procesamiento y almacenamiento y finalmente un equipo de impresión, tal como se aprecia en la *figura 4.1*.

Los satélites GOES y Meteosat emplean una DCP piloto como referencia, la cual continuamente envía una señal de transmisión utilizada para compensar la desviación de la oscilación en el satélite receptor. El satélite GMS no utiliza una DCP para la señal piloto, sin embargo, la empresa Vitel envía una señal piloto local falsa para las aplicaciones de este satélite (el modelo GR3170).

El sistema de recepción se compone externamente de: una antena y un amplificador de bajo ruido / convertidor de bajada (*Fedd/ LNA/ Down Converter*); además de un sistema de adquisición de datos, una computadora 486 DX y una impresora láser. En la *figura 4.2* se muestran estos componentes. A continuación veremos con mayor detalle cada uno de ellos, empezando por los componentes externos y continuando con los internos.

La antena

La antena es del tipo parabólica usualmente de un diámetro de 3 a 5 metros, aunque algunos sistemas portátiles utilizan antenas de 2 metros abatibles. El tamaño de la misma se determina de acuerdo con la situación geográfica del lugar de instalación. Entre más al sur se sitúe la antena, mayor será el diámetro de la misma, para la ciudad de México se estima que con una antena de 3.60 metros es más que suficiente para una optima recepción. Para el ajuste y orientación de la antena se necesita conocer dos datos, uno la posición de la de antena receptora y otro la posición del satélite. En la *figura 4.3* se muestra la carta que se utiliza para este fin.

El amplificador de bajo ruido y el convertidor (GR3150)

Este componente se localiza montado en el foco de la antena parabólica y combina un alimentador dipolo, un Amplificador de Bajo Ruido (*Low Noise Amplifier LNA*),

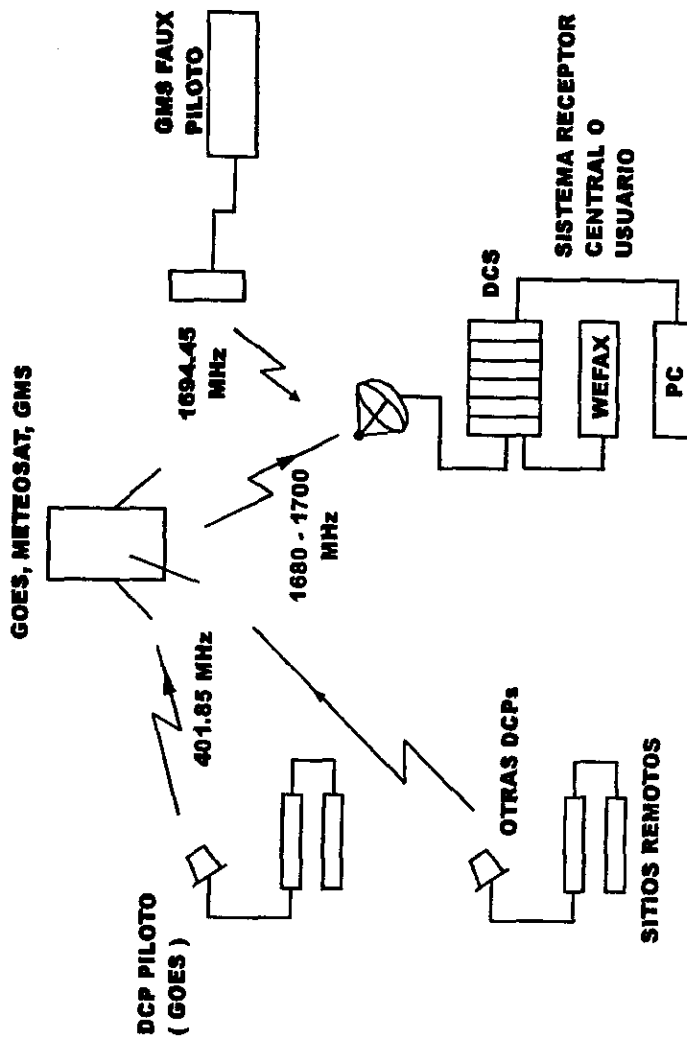


Figura 4.1 Diagrama general de un sistema de comunicación meteorológica vía satélite.

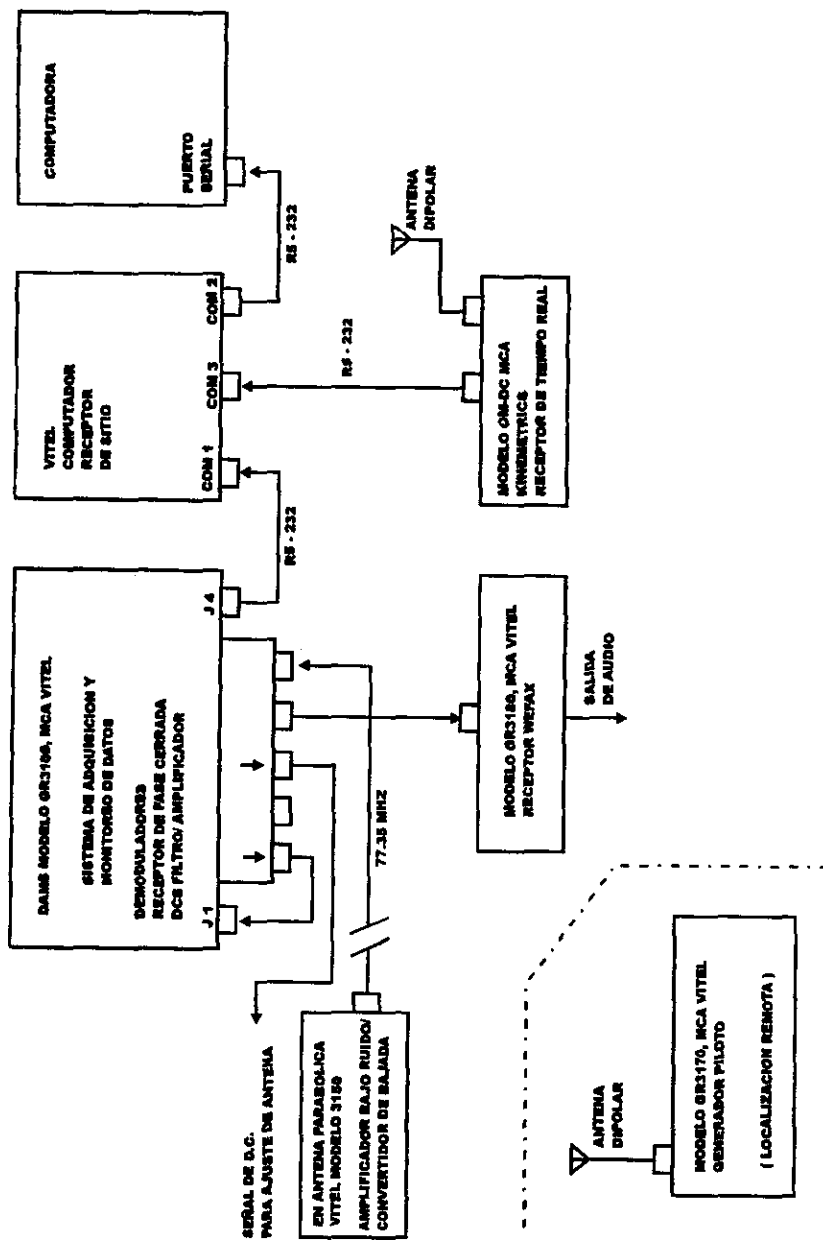


Figura 4.2 Diagrama a bloques del sistema de recepción vía satélite.

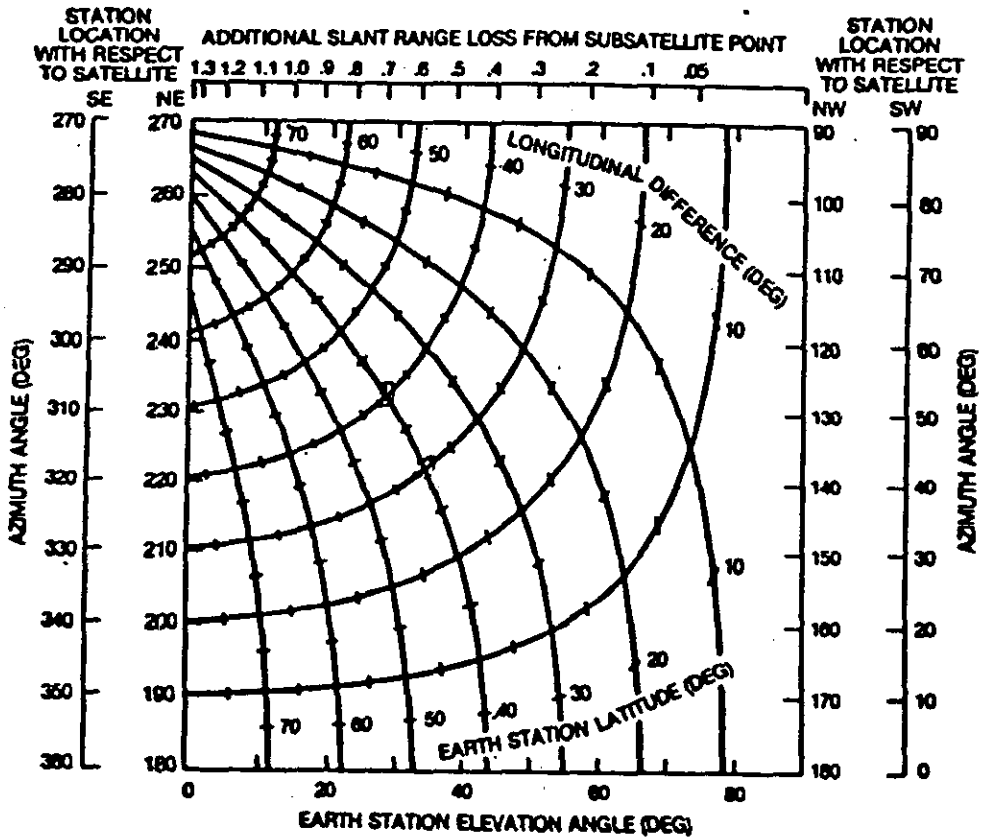


Figura 4.3 Carta para la determinación de la elevación de la antena.

y un convertidor de bajada en un solo gabinete a prueba de agua. Su alimentación es de 15 V CD, que se le suministra por el mismo cable coaxial de la señal. El dipolo toma la señal reflejada por la antena, esta señal es de muy bajo nivel por lo tanto tiene que ser amplificada, función que hace el LNA. El LNA tiene una figura de ruido de 1 dB o sea 80° K de temperatura de ruido. Con una antena de 3.6 metros resulta que tenemos una figura de mérito G/T de 15.

El convertidor recibe y convierte la señal piloto de 1694.45 MHz a una frecuencia intermedia de 77.35 MHz. Esta frecuencia es la enviada al receptor a través del cable coaxial. El cable coaxial que se emplea es del tipo RG58 para distancias de comunicación menores a 30 metros, para distancias mayores se recomienda utilizar cable de menor pérdida como el tipo RG8, las conexiones del cable se hacen utilizando conectores tipo N.

Sistema de adquisición y monitoreo de datos

El equipo de recepción tiene que ser compatible con el equipo de transmisión, afortunadamente la compañía Vitel fábrica un equipo receptor que cumple con lo anterior sin ningún problema, este es el modelo GR 3100, a continuación veremos algunas de sus principales características.

El modelo GR 3100 se le conoce como un Sistema de Adquisición y Monitoreo de Datos (DAMS), por sus siglas en inglés, de Data Acquisition and Monitoring System. La información que recibe puede contener la señal de cualquiera de los 266 canales disponibles de los satélites GOES. Este equipo está construido de forma modular, de manera que permite ser configurado para captar desde uno hasta diez canales simultáneamente. Lo anterior se logra agregando un módulo para cada canal que se desee, sin efectuar ningún otro cambio, ya que está construido en forma de rack (acepta diferentes módulos), lo que permite ser modificado o reparado de una manera práctica y rápida. Los componentes de este equipo son: módulo de filtros y amplificador, módulo acondicionador de entradas, módulo multiplexor y el demodulador como se muestra en la *figura 4.4*.

- Módulo de filtros y amplificador (GR3140)

El objetivo de este componente es amplificar la señal procedente del convertidor desechando las señales espurias utilizando etapas de filtraje, de tal forma que sólo quede la información enviada por las DCPs. La señal del convertidor primero pasa por un filtro pasa banda ajustado a 77.35 MHz, con un ancho de banda de 750KHz, de tal forma que todas las señales no deseadas son eliminadas por este filtro. La salida de este filtro es amplificada y dividida en dos partes. Una de ellas es amplificada y enviada al resto del equipo GR3100. El nivel de salida de la señal de 77.35 MHz es de -8 dBm en este punto. La otra parte de la señal es rectificadas y pasada por un filtro pasa bajas para convertirla en una señal de corriente continua, utilizada como

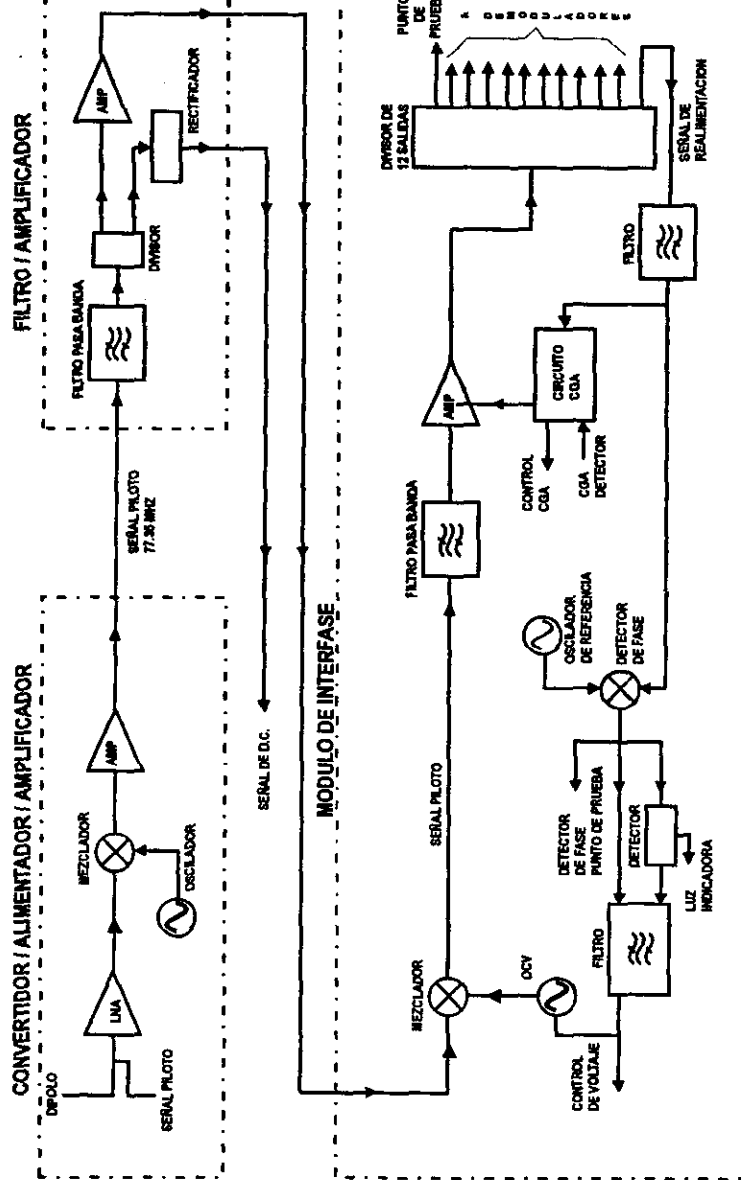


Figura 4.4 Diagrama del sistema de recepción Vitel GR3100.

indicadora de fuerza de la señal. Esta señal puede ser utilizada cuando se está ajustando la antena para obtener la posición de máxima señal. Este valor normalmente es de 0.28 a 0.39 volts cuando la antena recibe una señal del satélite.

- Módulo de acondicionamiento de entradas (GR 3130)

Este módulo acondiciona todas las entradas del sistema . En su fuente toma los 115 volts de corriente alterna y los convierte en +5, +15, y -15 volts de corriente directa que requiere el sistema. Se convierte la señal de 77.35 MHz a una señal estándar de 5 MHz, necesarias para los demoduladores de canal. El módulo contiene un circuito de Control Automático de Ganancia (CAG), para asegurar que cada módulo reciba exactamente la señal regulada en amplitud.

- Módulo multiplexor (GR 3110)

En este módulo se convierten todos los datos digitales de los demoduladores en una sola corriente de datos que es enviada al equipo de procesamiento (computadora). Este multiplexor cuenta con diez puertos serie, uno para cada demodulador del sistema.

- Módulo demodulador (GR 3120)

Este módulo realiza el procesamiento necesario de las señales recibidas de cada canal y obtiene el mensaje apropiado. A su vez se compone de: una tarjeta madre, donde se conectan 4 submódulos que son, el selector de canales, el enganchador de fase "latcher", el sincronizador de bits y el microprocesador.

***Selector de canales**

Este submódulo se encarga de seleccionar cada uno de los 266 canales que se desean recibir.

***Enganchador de Fase "latcher"**

En este submódulo se engancha cualquier señal presente en el ancho de banda del canal y efectúa varias mediciones de calidad de la señal recibida, tales como su potencia y modulación .

***Sincronizador de Bits**

En este módulo se efectúa la sincronización de la señal de reloj de 100 Hz procedente de el enganchador de fase "latcher".

*Microprocesador

En este submódulo se realiza el control y monitoreo de los otros submódulos del demodulador. Efectúa las funciones necesarias para transferir los datos del Sincronizador de Bits al Multiplexor. En este submódulo se localiza un convertidor analógico/digital que cuantifica mediciones de otros tres submódulos y los convierte en formato apropiado para enviarlos a la computadora.

Con esto terminamos la descripción de los componentes de nuestra estación meteorológica, a continuación veremos algunas características de la información recibida por este sistema.

Un formato típico de la información recibida es como el que se muestra a continuación:

palabra:	<u>6C191B4</u>	<u>366100820</u>	<u>CEABEAHCBFBB</u>	<u>46</u>	<u>-5</u>	<u>NN</u>	<u>77</u>	<u>W</u>
dígitos:	8	9	12	2	1	2	2	1 = 37

donde:

El número 16C191B4 - define la identificación de la DCP.

EL 366100820- define la fecha y tiempo del mensaje recibido.

El CEABEAHCBFBB- define los datos.

El 46- define la potencia de la señal.

El 5- define la desviación de la frecuencia.

El NN- define la calidad de los datos.

El 77- define el canal de transmisión.

El W- define el satélite.

En la *figura 4.5* veremos algunos mensajes reales recibidos por una estación como la mencionada anteriormente.

Hasta este punto hemos desarrollado las características más sobresalientes de la transmisión y recepción de la información vía satélite de una estación meteorológica. En el siguiente capítulo veremos el desarrollo de la red meteorológica.

En este capítulo veremos los costos de los instrumentos y equipos de las estaciones meteorológicas, además propondremos un método de instalación y finalmente presentaremos la ubicación de las 600 estaciones meteorológicas.

5.1 COSTOS DE LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

En este punto veremos algunos costos estimados del equipo sobre todo de los considerados representativos por su precio. Incluir esta parte permite darnos una idea del costo aproximado de una estación como la que estamos proponiendo y estimar el costo total de las 600 estaciones que requiere el S.M.N.

Los precios están dados en dólares americanos, y no incluyen traslados ni impuestos.

Precios de equipo

Descripción	Precio unitario
DCP marca vitel mod. VX-1004 DCP incluye amplificador mod. VX-1004 PA.	\$ 5,000.00
STU, unidad para alojar el sensor de presión y acondiciona las señales de los sensores.	\$ 550.00
Pluviómetro de balancín marca Sierra Misco mod. 2501-10	\$ 250.00
Anemómetro mod. 40, marca NRG Systems	\$ 102.00
Veleta mod. Serie 200, marca NRG systems	\$ 187.00
Sensor de humedad relativa y temperatura mod. HMP-35	\$ 660.00
Sensor de nivel de agua mod. VS 100 marca Vitel	\$ 1,244.00
Sensor de presión mod.230-700, marca Novalinx	\$ 660.00
Antena para transmisión mod. V-2TH marca Vitel	\$ 438.00
Protector de radiación solar para los sensores de humedad relativa y temperatura	\$ 60.00
Torre de instrumentos y accesorios de fijación	\$ 625.00

Total

\$ 9,776.00

De lo anterior calculamos el costo total aproximado de las 600 estaciones sería de \$ 5,865,600.00 dólares.

5.2 PROCEDIMIENTO DE INSTALACION

En este punto haremos una breve propuesta de lo que sería un procedimiento de instalación para este tipo de estaciones, además mencionaremos los requerimientos mínimos de personal y herramientas para efectuar dicha instalación.

En cuanto al personal nosotros recomendamos que se organicen brigadas de trabajo, compuestas por un encargado de brigada, que en este caso podría ser un pasante de ingeniería, y un ayudante que puede ser un técnico (en ambos casos se recomienda que sean del área electrónica. También se recomienda que, entre otras habilidades de preferencia sepan manejar y cuenten con licencia .

En lo referente a equipo y herramientas puede ser muy variable pero podemos partir de un mínimo necesario que sería el siguiente:

Una computadora notebook, un wattmetro, un multímetro, una brújula, una cámara fotográfica, un barómetro, un reloj preciso, un psicrómetro , un termómetro, desarmadores, llaves, cautín, marros, palas, barreta, machete, pinzas, etc.

En lo referente al vehículo de trabajo , se recomienda una camioneta pickup , ya que en muchos casos los accesos pueden ser difíciles y además que cuente con una caseta para protección de los equipos y herramientas.

En cuanto al trabajo de instalación de la estación se podría resumir de la siguiente manera:

- a) Al llegar al lugar indicado, se tiene que seleccionar el lugar más adecuado que cumpla con los requisitos de instalación mencionados anteriormente (Ver puntos 3.2 y 3.3).
- b) Colocar la base de concreto y atornillar la base de la torre cuidando que está quede orientada en sentido norte-sur.
- c) Armar la torre uniendo los 3 tubos de 3m y el de 1 m.

- d) Colocar el equipo y los sensores en la torre, en este paso es importante mencionar que la veleta debe estar orientada hacia el norte, el panel solar y la antena hacia el sur.
- e) Colocar los 4 tirantes de cable de acero utilizando el aro provisto para este fin.
- f) Colocar las 4 anclas de acero en los sitios adecuados para dar el máximo de seguridad a la torre.
- g) Ayudándose en el pivote de la base metálica de la torre efectuar la maniobra para poner la torre en forma vertical y sujetar los cables en las anclas.
- h) Una vez erguida y sujeta la torre se tienen que realizar los procedimientos de revisión y puesta a punto de la estación.
- i) Instalar la base de concreto de el pluviómetro y colocar éste de tal forma que quede perfectamente nivelado.
- j) Para el caso de la estaciones hidroclimatológicas, se tendrá que instalar el sensor de nivel , éste debe quedar colocado dentro del agua para que pueda realizar las mediciones apropiadas y anclado esto es con el objeto de que no sea movido por el agua ni robado.
- k) Una vez terminada la instalación se debe efectuar el reporte escrito y fotográfico de los trabajos realizados. Esto incluye grabar en un disco la configuración y algunos datos de cada estación.

Se estima que este trabajo debe tener una duración aproximada de 3 a 4 horas, dependiendo de la experiencia y habilidad de los brigadistas.

5.3 UBICACION DE LAS 600 ESTACIONES

Con la finalidad de hacer más accesible la información correspondiente a la localización de cada una de las estaciones, en las siguientes tablas presentamos las características principales de cada una de las estaciones instaladas.

Cabe hacer la aclaración que la localización de los sitios de instalación de las estaciones no se hizo de forma arbitraria, sino que el S.M. N. cuenta con estudio realizado por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) para que se eligieran los lugares apropiados de instalación para 2000 estaciones de este tipo en la República Mexicana, por lo tanto para esta primera etapa sólo se eligieron las 600 estaciones más representativas para el S:M:N, y que son las que hemos venido mencionado a lo largo de este trabajo.

A continuación veremos estas tablas:

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
AG01	EL 50 ANIVERSARIO	SANTIAGO - R. AGUASCALIENTES	SAN JOSE DE GRACIA	C	1022801	221125	2060
AG02	PRESA CALLES	SANTIAGO - R. AGUASCALIENTES	SAN JOSE DE GRACIA	H	1022500	220833	2040
AG03	CALVILLO	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	CALVILLO	C	1024301	215633	1650
AG04	LA CODORNIZ	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	CALVILLO	H	1024026	215944	1820
AG05	MEDIA LUNA	SANTIAGO - R. CALVILLO	CALVILLO	H	1024716	214838	1585
AG06	EL NIAGARA	SANTIAGO - R. AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES	H	1022020	214644	1818
AG07	PABELLON DE ARTEAGA	SANTIAGO - R. AGUASCALIENTES	PABELLON DE ARTEAGA	C	1021731	220945	1908
BC01	ABELARDO L RODRIGUEZ	BAJA CALIFORNIA N.W.	TIJUANA	H	1165428	322649	0140
BC02	EL ARCO	B.C. CENTRO OESTE	ENSENADA	C	1132530	280000	0300
BC03	BAHIA de los ANGELES	B.C. CENTRO ESTE	ENSENADA	C	1133322	285614	0004
BC04	EL BARRIL	B.C. CENTRO ESTE	ENSENADA	C	1125242	281809	0050
BC05	ISLA LOS CEDROS	B. CALIFORNIA CENTRO W	ENSENADA	C	1151030	280806	0005
BC06	CHAPALA	B.C. CENTRO OESTE	ENSENADA	C	1142150	292317	0623
BC07	DELTA	RIO COLORADO	MEXICALI	C	1151121	322200	0012
BC08	EJIDO ERENDIRA	BAJA CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	C	1162338	311638	2500
BC09	ING. EMILIO LOPEZ ZAMORA	BAJA CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	H	1163945	315345	0035
BC10	LA RUMOROSA	RIO COLORADO	TECATE	C	1166027	323255	1200
BC11	SANTA MARIA DEL MAR	B. CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	C	1156316	302400	0100
BC12	EJIDO VALLE DE LA TRINIDAD	B. CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	C	1154456	312122	0900
BC13	SANTA CLARA	B. CALIFORNIA N.E.	ENSENADA	C	1151710	310450	0400
BC14	EL PROGRESO	B. CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	C	1151127	285803	0400
BC15	COL VICENTE GUERRERO	B. CALIFORNIA N.W.	ENSENADA	C	1155955	304843	0100
BC16	EL PINAL	BAJA CALIFORNIA NW	ENSENADA	C	1161730	321100	0900
BS01	BAHIA TORTUGAS	B. C. CENTRO OESTE	MULEGE	C	1145350	274120	0015
BS02	CADUANO	BAJA CALIFORNIA S.E.	LOS CABOS	C	1094430	231630	0185
BS03	GUSTAVO DIAZ ORDAZ	BAJA CALIFORNIA CENTRO W	MULEGE	C	1125420	270815	0090
BS04	EL PILAR	BAJA CALIFORNIA S.W.	LA PAZ	C	1110005	242830	0090
BS05	LOS PLANES	BAJA CALIFORNIA S.E.	LA PAZ	C	1103920	235140	0045
BS06	MULEGE	B.C. CENTRO ESTE	MULEGE	C	1115904	265320	0035
BS07	PUNTA ABRECIOS	B. C. CENTRO OESTE	MULEGE	C	1133430	264240	0010
BS08	EL CARRIZAL	B. CALIFORNIA S.W.	LA PAZ	C	1101614	234520	0040
BS09	SAN JAVIER	BAJA CALIFORNIA S.W.	COMONDU	C	1113240	255155	0440
BS10	SAN JOSE DE GRACIA	B. C. CENTRO OESTE	MULEGE	C	1124320	263520	0165
BS11	SAN PEDRO DE LA PRESA	BAJA CALIFORNIA S.W.	LA PAZ	C	1105625	245040	0240
BS12	TODOS SANTOS	BAJA CALIFORNIA S.W.	LA PAZ	C	1101500	232700	0040
BS13	BUENA MUJER	B. CALIFORNIA S.E.	LA PAZ	H	1101137	240500	0190
BS14	GUERRERO NEGRO	B. CALIFORNIA CENTRO W	MULEGE	C	1140300	275800	0100
BS15	CABO SAN LUCAS	B. CALIFORNIA SE	LOS CABOS	C	1095500	225300	0100
BS16	SANTO DOMINGO	B. CALIFORNIA S.W.	COMONDU	C	1114700	252800	0100
CH01	ABRAHAM GONZALEZ	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	SN FCO DE CONCHOS	H	1052200	273400	1500
CH02	LA COLINA	RIO YAGUI	GUERRERO	H	1072800	282900	2020
CH03	ASCENSION	CUENCA CERRADA DEL NORTE	ASCENSION	C	1075900	310600	1500
CH04	BALLEZA	RIO BRAVO - CONCHOS	BALLEZA	C	1061000	265700	1920
CH05	LAS BUJRRAS	RIO BRAVO - CONCHOS	JULIMES	H	1052500	283200	1095
CH06	CAMARGO	RIO BRAVO - CONCHOS	CAMARGO	C	1050500	274000	1250

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
CH07	CARICHIC	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	CARICHIC	C	1070800	275000	2038
CH08	PRESA CHIHLAHUA	RIO BRAVO - CONCHOS	CHIHLAHUA	H	1081000	283400	1595
CH09	CONCHENO	RIO MAYO	OCAMPO	C	1058100	281800	2134
CH10	COYAME	RIO BRAVO - CONCHOS	COYAME	C	1050600	292800	1500
CH11	RANCHO EL CUARENTA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	AHUMADA	C	1055300	303300	1500
CH12	CD. CUAUHTEMOC	CUENCA CERRADA DEL NORTE	CUAUHTEMOC	C	1085100	282500	2010
CH13	RANCHO EL CUERVO	CUENCA CERRADA DEL NORTE	COYAME	C	1051000	301500	1170
CH14	CUMBRES DE HUERACHI	RIO FUERTE. HUITES	GUACHOCHI	H	1071700	264100	0780
CH15	DELICIAS	RIO BRAVO - CONCHOS	DELICIAS	C	1053000	281100	1165
CH16	ESCALON	MAPIMI	JIMENEZ	C	1042100	264500	1263
CH17	ESTACION GUZMAN	CUENCA CERRADA DEL NORTE	ASCENCION	C	1072700	310500	1795
CH18	FCO. T. MADERO	RIO BRAVO - CONCHOS	ROSALES	H	1053700	281000	1220
CH19	GOMEZ FARIAS	CUENCA CERRADA DEL NORTE	GOMEZ FARIAS	C	1074500	291600	2255
CH20	EL GRANERO	RIO BRAVO - CONCHOS	ALDAMA	H	1081700	285700	1051
CH21	GUACHOCHIC	RIO FUERTE. HUITES	GUACHOCHIC	C	1070600	282200	2700
CH22	GUADALUPE Y CALVO	RIO FUERTE. HUITES	IGPE Y CALVO	H	1065800	260600	2279
CH23	PICO DEL AGUILA	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	JIMENEZ	C	1045600	270800	1370
CH24	CD. JUAREZ	RIO BRAVO	JUAREZ	C	1062900	314400	1126
CH25	LAS LAJAS	CUENCA CERRADA DEL NORTE	BUENAVENTURA	H	1070100	295300	1500
CH26	MALOMA	MAPIMI	OJINAGA	C	1042000	289500	1300
CH27	MANUEL BENAVIDES	RIO BRAVO	MANUEL BENAVIDES	H	1081400	293900	2165
CH28	MESA DEL HURACAN	RIO YAQUI	MADERA	C	1035500	290500	1020
CH29	NONOAVA	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	NONOAVA	C	1064500	272700	1500
CH30	EJIDO RANCHO OJO LAGUNA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	CHIHLAHUA	C	1083000	292400	1800
CH31	LA BOQUILLA	RIO BRAVO - CONCHOS	HIDALGO DEL PARRAL	H	1054300	286500	1661
CH32	RANCHO LOS PEÑASCOS	MAPIMI	CAMARGO	C	1044000	275500	1500
CH33	PUERTO PALOMAS	CUENCA CERRADA DEL NORTE	ASCENCION	C	1073500	314700	1995
CH34	EL REJON	RIO BRAVO - CONCHOS	CHIHLAHUA	H	1060600	283600	1430
CH35	ROSETILLA	BRAVO-CONCHOS	SAUCILLO	C	1051700	281300	1206
CH36	SAMALAYUCA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	JUAREZ	C	1062800	312100	1275
CH37	RANCHO SANTA ANITA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	JANOS	C	1085000	311400	1468
CH38	SATEVO	RIO BRAVO - CONCHOS	SATEVO	C	1080700	276700	1500
CH39	STA CLARA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	NAMIQUIPA	C	1070100	291700	2040
CH40	RANCHO TACUBAYA	MAPIMI	CAMARGO	C	1042300	280800	1200
CH41	EL TINTERO	CUENCA CERRADA DEL NORTE	NAMIQUIPA	H	1072300	293400	1800
CH42	TRES OJITOS	RIO YAQUI	MADERA	C	1080200	290400	2100
CH43	VADO DE BANDERAS	RIO BRAVO	GPE. DTO. BRAVO	C	1053400	310000	1500
CH44	VALLE DE ALLENDE	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	ALLENDE	C	1052300	285600	1500
CH45	TUBARES	RIO FUERTE. HUITES	URIQUE	H	1080100	285600	0600
CH46	VALLE DE ZARAGOZA	RIO BRAVO - RIO CONCHOS	VALLE DE ZARAGOZA	H	1054200	272800	1800
CH47	VILLA AHUMADA	CUENCA CERRADA DEL NORTE	AHUMADA	C	1063100	303700	1205
CH48	VILLA ALDAMA	RIO BRAVO - CONCHOS	ALDAMA	C	1055700	285100	1500
CH49	VILLA CORONADO	RIO BRAVO - CONCHOS	CORONADO	C	1050800	264400	1500
CH50	BATOVIRA	RIO FUERTE. HUITES	MAGUARICHIC	C	1075500	275500	2400
CH51	CHINIPAS	RIO FUERTE. HUITES	CHINIPAS	H	1083200	272400	1640

CLAVE	INOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
CH82	CREEL	RIO FUERTE - HUITES	BOCOYNA	C	1074500	274500	2300
CH83	EL VERGEL	RIO BRAVO - CONCHOS/FUERTE	BALAZA	C	1062300	263000	2240
CH84	TOHAYAMA	RIO SINALOA	GUADALUPE Y CALVO	C	1074500	261000	1200
CH85	URIQUE II	RIO FUERTE - HUITES	URIQUE	H	1075500	271400	0699
CH86	SIQUIRICH	RIO FUERTE - HUITES	GUACHOCHI	H	1071300	271600	2000
CH87	CHINIPAS II	RIO FUERTE - HUITES	CHINIPAS	C	1080600	273700	1640
CH88	CUITECO	RIO FUERTE - HUITES		C	1075900	272600	2000
CH89	CEROCACHI	RIO FUERTE - HUITES		C	1080300	270900	1800
CH90	MAGUARICHIC	RIO FUERTE - HUITES		H	1080700	270700	2207
CH71	TEPOCHIQUE	RIO FUERTE - HUITES		H	1081800	273200	1800
CH72	VIDADERO II	RIO FUERTE - HUITES		H	1074500	273300	1800
CH73	PALO DULCE	RIO FUERTE - HUITES		H	1082300	270300	1600
CH74	BATOPILAS	RIO FUERTE - HUITES		H	1074300	270200	1600
CH75	SANTA ANITA	RIO FUERTE - HUITES		H	1074000	264600	1800
CH76	TURVACHIC II	RIO FUERTE - HUITES	CHIHUAHUA	H	1064800	263200	1500
CH77	BABORIGAME	RIO FUERTE - HUITES		C	1072000	262600	2000
CH78	BASIGACHIC II	RIO FUERTE - HUITES		C	1073000	271500	1800
CH79	TASAJERA II	RIO FUERTE - HUITES		C	1072800	265700	2000
CH80	LA LAJITA II	RIO FUERTE - HUITES		C	1074800	263800	2000
CH81	CIENEGA PRIETA II	RIO FUERTE - HUITES		C	1072800	262700	2200
CH82	CHINATU II	RIO FUERTE - HUITES		C	1063400	261200	2400
CL01	CUJCT	RIO ARMERIA		C	1034200	192530	1300
CL02	CRUCERO A CUYUTLAN	RIO ARMERIA	ARMERIA	C	1035700	185700	0030
CL03	TECOMAN	ENTRE ARMERIA Y COAHUYANA	TECOMAN	C	1035430	185340	0100
CL04	TROJES	RIO COAHUYANA	PIHUAMO	H	1032400	196600	0300
CM01	CANDELARIA	YUCATAN-OESTE - RIO CANDELARIA	CARMEN	C	910241	181111	0100
CM02	CHAMPOTON	YUCATAN-OESTE	PALIZADA	C	904408	192305	0100
CM03	DZIBALCHEN	YUCATAN-OESTE	HOPELCHEN	C	894333	182743	0100
CM04	ESCARCEGA	YUCATAN-OESTE	ESCARCEGA	C	904443	183730	0007
CM05	HECELCHAKAN	YUCATAN-NORTE	TENABO	C	900823	201017	0100
CM06	NUOVA COAHUILA	YUCATAN W. - R. CANDELARIA	CARMEN	C	904646	175328	0100
CM07	PALIZADA	RIO USUMACINTA	PALIZADA	C	920544	181941	0085
CM08	ISLA AGUADA	YUCATAN-OESTE	ESCARCEGA	C	913000	184706	0100
CM09	YOHALTUM	YUCATAN-OESTE	CHAMPOTON	C	901808	190033	0100
CM10	ZOH LAGUNA	YUCATAN-ESTE	HOPELCHEN	C	892503	183524	0100
CO01	ALLENDE	MEDIO RIO BRAVO	ALLENDE	C	1005100	282100	0375
CO02	PRESA LA AMISTAD	RIO BRAVO	ACUÑA	H	1010200	292500	0400
CO03	LOS ANGELES	EL SALADO	SALTILLO	C	1010300	290900	1800
CO04	PRESA CENTENARIO	MEDIO RIO BRAVO	JUAREZ	H	1005700	291200	0200
CO05	PRESA VENUSTIANO CARRAN	RIO MEDIO BRAVO - R. SALADO	JUAREZ	H	1004500	273300	0240
CO06	CUATRO CIENEGAS	RIO MEDIO BRAVO	CUATRO CIENEGAS	C	1020400	285900	0742
CO07	MUZQUIZ	RIO MEDIO BRAVO	MUZQUIZ	C	1013100	275300	0402
CO08	PRESA NOCHE BUENA	RIO BRAVO - R. CONCHOS	OCAMPO	H	1032500	282200	1200
CO09	LAS NORIAS	RIO MEDIO BRAVO	ACUÑA	C	1022000	281500	0800
CO10	OCAMPO	RIO MEDIO BRAVO - R. SALADO	OCAMPO	C	1022200	271800	1050

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
CO11	SAN ANTONIO DE LAS ALAZAR	EL SALADO	ARTEAGA	C	1003300	251600	2000
CO12	SAN BUENA VENTURA	MEDIO BRAVO - R. SALADO	SAN BUENAVENTURA	C	1013200	270500	6000
CO13	SAN JUAN DE LAS SABINAS	MEDIO BRAVO - R. SALADO	SABINAS	C	1011200	279500	0969
CO14	EJIDO SAN MIGUEL	RIO BRAVO - R. SALADO	OCAMPO	C	1021700	263900	1200
CO15	PRESA SAN MIGUEL	MEDIO RIO BRAVO	JIMENEZ	H	1005700	290500	0200
CO16	LA SAUCEDA	BAJO BRAVO R. SAN JUAN	RAMOS AZUPE	C	1011000	255100	1100
CO17	SIERRA MOJADA	MAPIMI	SIERRA MOJADA	C	1034200	271700	1200
CO18	STA TERESA DE LA RUEDA	MAZAS - LAG. MAYRAN	OCAMPO	C	1024500	255900	1200
CS01	PEÑITAS	RIO GRUJALVA	OSTUACAN	H	932900	172630	0047
CS02	EL TIGRE	RIO USUMACINTA	OCOSINGO	C	903900	163900	0200
CS03	JALTENANGO	ALTO RIO GRUJALVA	JALTENANGO LA PAZ	C	924310	195240	0650
CS04	CINTALAPA	RIO ALTO GRUJALVA	CINTALAPA DE FIGUEROA	C	924340	164110	0500
CS05	AQUESPALA	ALTO RIO GRUJALVA	FRA. COMALAPA	C	915440	154700	0675
CS06	EL CALIENTE	RIO CANDELARIA	LAS MARGARITAS	C	915900	161900	1550
CS07	EL CEDRO	RIO USUMACINTA	OCOSINGO	C	902430	162900	0150
CS08	CHAJUL	USUMACINTA - R. LACANTUN	OCOSINGO	C	905510	160715	0750
CS09	TASAS	RIO CANDELARIA	OCOSINGO	C	913700	164520	0454
CS10	MAPASTEPEC	COSTA DE CHIAPAS	MAPASTEPEC	C	925330	152650	0030
CS11	MOTZOINTLA	RIO ALTO GRUJALVA	MOTZOINTLA	C	921500	152200	1200
CS12	OCOSINGO	RIO CANDELARIA	OCOSINGO	C	920530	165410	0950
CS13	PIJIJAPAN	COSTA DE CHIAPAS	PIJIJAPAN	C	915940	173010	0200
CS14	SIMOJOVEL	RIO USUMACINTA	SIMOJOVEL	C	931240	154150	0038
CS15	VILLA FLORES	RIO CANDELARIA	VILLA FLORES	C	914310	170840	0700
CS16	CHICOASEN	RIO GRUJALVA	CHICOASEN	H	931450	161620	0600
CS17	SOLUSUCHIAPA	BAJO RIO GRUJALVA	SOLUSUCHIAPA	C	930730	165820	0675
DF01	AZCAPOTZALCO	VALLE DE MEXICO	AZAPOTZALCO	C	991248	182900	2277
DF02	IZTACALCO	VALLE DE MEXICO	IZTACALCO	C	990719	192322	2261
DF03	TACUBAYA	VALLE DE MEXICO	MIGUEL HIDALGO	C	991100	192400	2303
DF04	GRAVAMEX	VALLE DE MEXICO	MIGUEL HIDALGO	C	990600	192300	2200
DF08	PIMENTEL	VALLE DE MEXICO	COYOACAN	C	991116	192045	2261
DF07	BALDERAS	VALLE DE MEXICO	OCOSINGO	C	990946	192530	2277
DF08	F.A.M.	VALLE DE MEXICO	MIGUEL HIDALGO	C	991240	192620	2260
DF09	COLEGIO MILITAR POPOTLA	VALLE DE MEXICO	OCOSINGO	C	991030	192735	2260
DF10	H. COLEGIO MILITAR	VALLE DE MEXICO	TLALPAN	C	990950	191430	2350
DF11	ESCUELA SUPERIOR DE GUEJALTEPEC	VALLE DE MEXICO	OCOSINGO	C	991300	191950	2260
DG01	TEJAMEN	RIO SAN PEDRO	NUEVO IDEAL	C	1050800	244900	1980
DG02	TAMAZULA (SINALOA)	RIO CULIACAN	OCOSINGO	H	1065900	245900	1580
DG03	EL BALUARTE	RIO AGUANAYAL	CANATLAN	H	1024100	242200	2034
DG04	EL REAL DEL TULE (SINALOA)	RIO SAN LORENZO	OCOSINGO	H	1063800	244000	1200
DG05	FEDERALISMO MEXICANO	RIO CONCHOS	VILLA OCAMPO	H	1053400	263600	1784
DG06	PRESA FRANCISCO VILLA	RIO SAN PEDRO	POANAS	H	1036800	240000	1986
DG07	PUEBLO NUEVO (SINALOA)	RIO SAN PEDRO	PUEBLO NUEVO	C	1052200	232300	1680
DG08	CD. GUADALUPE VICTORIA	RIO SAN PEDRO	GUADALUPE VICTORIA	C	1040700	242800	1980
DG09	PRESA GUADALUPE VICTORIA	RIO SAN PEDRO	DURANGO	H	1044500	235700	1934
DG10	LA HUERTA DE TOPIA	RIO CULIACAN	TOPIA	H	1064200	252100	1800

CLAVE	NOMBRE	CIENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
DG11	EL SALTO (SINALOA)	RIO PRESIDIO	PUEBLO NUEVO	C	1051800	234800	2538
DG12	AGUA BLANCA (SINALOA)	RIO SAN LORENZO	SAN DIMAS	C	1054700	242800	2390
DG13	PRESA SANTIAGO BAYACORA	RIO SAN PEDRO	DURANGO	H	1043700	235000	1960
DG14	PRESA PEÑA DEL AGUILA	RIO SAN PEDRO	DURANGO	H	1043900	241200	1897
DG15	PRESA SAN BARTOLO	RIO SAN PEDRO	CANATLAN	H	1044000	243200	1930
DG16	SAN FCO DEL MEZQUITAL	RIO SAN PEDRO	SAN FCO. DEL MEZQUIAL	C	1042200	232800	1400
DG17	PRESA SANTA ELENA	RIO SAN PEDRO	SUCHIL	H	1040300	233700	2002
DG18	EL PALMITO RADAR	RIO NAZAS	INDE	C	1050013	253652	1650
GR01	CIUDAD ALMIRANO	RIO MEDIO BALSAS	PUNGARABATO	C	1004000	181900	0250
GR02	ATOYAC DE ALVAREZ	COSTA GRANDE GRO - R. ATOYAC	ATOYAC DE ALVAREZ	C	1002700	171300	0240
GR03	LA CALERA	RIO TEPALCALTTEPEC	ZIRANDARO	H	1010000	162700	0600
GR04	CHAUCIRGO	BALSAS - RIO AMACUZAC	HUITZUCO	C	990700	181700	0830
GR05	CHILPA	RIO MEDIO BALSAS	CHILPA	C	991200	173900	1450
GR06	EL COATEPIN	COSTA CHICA GRO - R. PAPAGAYO	CHILPANCINGO	C	995900	172300	1420
GR07	CUAJINICUILAPA	COSTA CHICA GRO - R. OMETEPEC	CUAJINICUILAPA	C	982400	162800	0040
GR08	EL GALLO	RIO GUTZAMALA	CUTZAMALA DE PINZON	H	1004100	164200	0900
GR09	GENERAL ANDRES FIGUEROA	RIO MEDIO BALSAS	AJUCHITLAN	H	1003000	160500	0600
GR10	GUAYAMEO	RIO MEDIO BALSAS	ZIRANDARO	C	1011500	181700	0655
GR11	ING. CARLOS RAMIREZ JULIO	RIO MEDIO BALSAS	ULLOA	H	995930	175700	0800
GR12	LAGUNA DE TUXPAN	RIO MEDIO BALSAS	IGUALA	H	991909	182134	1000
GR13	MALINALTEPEC	COSTA CHICA GRO - R. PAPAGAYO	MALINALTEPEC	C	985900	171900	1689
GR14	METLATONOC	RIO BALSAS	METLATONOC	C	983400	175800	2000
GR15	MEZCALA	RIO MEDIO BALSAS	TEPECOACUILCO	C	993600	175800	0515
GR16	EL OCOTITO	COSTA CHICA DE GRO (R. VER-ATO)	CHILPANCINGO	C	993100	171400	0800
GR17	OLINALA	RIO ALTO BALSAS	OLINALA	C	984500	174700	1451
GR18	REVOLUCION MEXICANA (GUJ)	COSTA CHICA GRO - R. NEXPA		H	991500	164900	0500
GR19	ZIHUATANEJO	COSTA GRANDE GRO - R. IXTAPA		C	1013600	174200	0200
GR20	TAXCO	RIO MEDIO BALSAS	TAXCO	C	993650	183500	1600
GR21	TEOLOAPAN	RIO MEDIO BALSAS	TEOLOAPAN	C	995200	182200	1650
GR22	LA UNION	COSTA GRANDE GRO - R. UNION	LA UNION	C	1014700	175400	0198
GR23	VALERIO TRUJANO	BALSAS - R. TEPECOACUILCO	TEPECOACUILCO	H	992812	181741	0900
GR24	VALLECITOS	COSTA GRANDE GRO - R. IXTAPA	J AZUETA DE ZARAGOZA	C	1012000	175300	0800
GR25	VICENTE GUERRERO	RIO MEDIO BALSAS		H	1001600	182300	0400
GR26	XOCHISTLAHUACA	COSTA CHICA GRO - R. OMETEPEC	XOCHISTLAHUACA	C	981400	164900	0052
GT01	CELAYA	LERMA - R. DE LA LAJA	CELAYA	C	1004900	203200	1752
GT02	CUERAMARO	LERMA - R. TURBIO	CUERAMARO	C	1014027	203734	1765
GT03	LA BOLONDRINA	LERMA - R. PENJAMO	PENJAMO	H	1004933	205053	1839
GT04	PRESA IGNACIO ALLENDE	LERMA - R. LA LAJA	SAN MIGUEL DE ALLENDE	H	1005000	205100	1850
GT05	IRAPUATO	LERMA - R. GUANAJUATO	IRAPUATO	C	1012100	204100	1724
GT06	JARAL DE BERRIOS	PANUCO - R. STA. MARIA	SAN FELIPE	C	1010128	214151	2100
GT07	JESUS MARIA	LERMA - R. LA LAJA	SAN FELIPE	H	1011216	212213	2100
GT08	LAGUNA DE YURIRIA	RIO LERMA	YURIRIA	H	1010700	201900	2000
GT09	LEON	LERMA - R. TURBIO	LEON	C	1013229	204302	1500
GT10	LA LLAVE	LERMA - R. GUANAJUATO	ROMITA	H	1013229	204302	1500
GT11	MARIANO ABAÑOLO	LERMA - R. LOS OCOTES	PENJAMO	H	1005553	203024	1500

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
GT12	PRESA EL PALOTE	LERMA - R. TURBIO	LEON	H	1014100	211500	1642
GT13	PENUELTAS	SANTIAGO - R. AGUASCALIENTES	DOLORES HIDALGO	H	1005237	210621	1850
GT14	POTRERILLOS	BAJO RIO LERMA	CD. M. DOBLADO	H	1015627	203648	2000
GT15	PRESA LA PURISIMA	LERMA - R. GUANAJUATO	GUANAJUATO	H	1011700	205100	1989
GT16	SALAMANCA	RIO LERMA	SALAMANCA	C	1011200	203400	1721
GT17	SAN JOSE ITURBIDE	LERMA - R. DE LA LAJA	SAN JOSE ITURBIDE	C	1003047	211615	2100
GT18	SAN LUIS DE LA PAZ	RIO BAJO LERMA	SAN LUIS DE LA PAZ	C	1002400	210000	1870
GT19	LA SOLEDAD	LERMA - R. GUANAJUATO	GUANAJUATO	H	1011648	210227	2100
GT20	PRESA SOLIS	RIO LERMA	ACAMBARO	H	1004000	200300	1800
GT21	XICHU	RIO SAN JUAN QUERETARO	XICHU	C	1000321	211800	1858
GT22	SAN FELIPE	RIO LERMA - R. LAJA	SAN FELIPE	C	1011200	212000	2400
H101	CD. SAHAGUN	VALLE DE MEXICO	TEPEARULCO	C	983500	194600	2400
H102	SAN CRISTOBAL	RIO METZITLAN	METZITLAN	C	985008	203630	1300
H103	JACALA	BAJO PANUICO - R. MOCTEZUMA	JACALA	C	991100	210100	0400
H104	CARDONAL	RIO TULA	CARDONAL	C	991307	201405	2050
H105	TLANCHINOL	BAJO PANUICO - R. TEMPOAL	TLANCHINOL	C	983925	205925	0800
H106	ENDHO	ALTO PANUICO - RIO TULA	TEPETITLAN	H	992500	200936	2048
H107	LIC. JAVIER ROJO GOMEZ	RIO ALFAJAYUCAN	ALFAJAYUCAN	H	992600	194600	1870
H108	REQUENA	ALTO PANUICO - RIO TULA	TEPEJI DEL RIO	H	992000	195700	2109
H109	VICENTE AGUIRRE	ALTO RIO PANUICO - RIO TULA	ALFAJAYUCAN	H	992200	202800	1900
H110	PRESA LA ESPERANZA	RIO METZITLAN	CUATEPEC	H	982010	200332	2210
H111	TENANGO DE DORIA	RIO TUXPAN	TENANGO DE DORIA	C	981333	202019	1700
JA01	ATENGUILLO	RIO AMECA	ATENGUILLO	C	1042930	205459	1320
JA02	AUTLAN	RIO ARMERIA - R. AYUQUILA	AUTLAN	C	1042138	194624	0688
JA03	BASILIO BADILLO	RIO ARMERIA - R. TUXCACUESCO	EL LIMON	H	1040332	195440	1500
JA04	BOLANOS	RIO BAJO SANTIAGO	BOLANOS	C	1034705	214844	0850
JA05	CAJON DE PEÑA	COSTA DE JALISCO	TOMATLAN	H	1050748	195936	0035
JA06	CHAPALA	RIO BAJO LERMA	CHAPALA	H	1031200	201725	1923
JA07	CHUATLAN	COSTA DE JALISCO	CHUATLAN	C	1043350	191408	0013
JA08	EL CUALE	RIO CUALE - VALLARTA	PUERTO VALLARTA	C	1051325	203554	0200
JA09	EL CUARENTA	SANTIAGO - R. LAGOS	LAGOS DE MORENO	H	1014417	212950	2100
JA10	CUQUIO	RIO ALTO SANTIAGO-R. ACHICHILCO	CUQUIO	H	1030213	205853	1789
JA11	ELIAS GONZALES CHAVEZ	ALTO SANTIAGO - R. CALDERON	ACATIC	H	1025306	204133	1500
JA12	EL ESTRIBON	RIO ALTO SANTIAGO-R. YAHUALICA	YAHUALICA	H	1025405	211053	1800
JA13	GARABATOS	LERMA - R. ZULA	TOTOTLAN	H	1024337	203633	1500
JA14	HOSTOTIPAQUILLO	BAJO RIO SANTIAGO	HOSTOTIPAQUILLO	C	1040400	210400	1079
JA15	LA HUERTA	GOSTA DE JALISCO-R. PURIFICACIO	LA HUERTA	C	1043835	192905	0340
JA16	HURIADO	ALTO SANTIAGO - R. MAZATEPEC	ACATLAN NE JUAREZ	H	1033928	202800	1250
JA17	LA JOYA	RIO LERMA - LAG. SAYULA	ATOYAC	H	1033038	200005	1800
JA18	LAGUNA COLORADA	RIO AMECA	ANTONIO ESCOBEDO	H	1035925	204520	1500
JA19	MASCOTA	RIO AMECA	MASCOTA	C	1044748	203135	1235
JA20	OCOTLAN	RIO ALTO SANTIAGO	OCOTLAN	C	1024628	202032	1551
JA21	LOS OLIVOS	RIO TEPALCALTEPEC	JILOTLAN DE LOS DOLORES	H	1025151	191228	0430
JA22	LA POLVORA	RIO MEDIO LERMA	DEGOLLADO	H	1021408	202914	1900
JA23	PURIFICACION	COSTA DE JALISCO	PURIFICACION	C	1043634	194310	0900

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
JA24	SANTA ROSA	RIO ALTO SANTIAGO	AMATITAN	H	1034217	205429	0710
JA25	TACOTAN	RIO ARMERIA - R. AYUQUILA	UNION DE TULA	H	1041812	200205	1403
JA26	TENASCO	RIO BAJO SANTIAGO - R. BOLANOS	COLOTLAN	H	1031155	221026	2100
JA27	TRIGOMIL	RIO ARMERIA - R. AYUQUILA	U. DE TULA	H	1042144	195833	1500
JA28	EL TULE	RIO ALTO SANTIAGO	ARANDAS	H	1022552	204327	1850
JA29	VAQUERIAS	SANTIAGO - RIO VERDE		C	1013630	214714	2100
JA30	LA VEGA	RIO ANECA	TEUCHITLAN	H	1035643	203544	1250
JA31	VICENTE C VILLASENOR	RIO TEPALCALTEPEC	VALLE DE JUAREZ	H	1025627	195816	2100
JA32	EL VOLANTIN	RIO BAJO LERMA	TIZAPAN	H	1030528	200407	1500
JA33	ZAPOTLANEJO	RIO ALTO SANTIAGO	ZAPOTLANEJO	C	1030415	203744	1500
JA34	CETAC	BAJO RIO LERMA	JOCOTEPEC	C	1024200	200608	1524
MC01	ARTEAGA	COSTA DE MICHOCAN	ARTEAGA	C	1021700	182100	0860
MC02	CARACUARO	RIO MEDIO BALSAS	CARACUARO	C	1010740	190115	1197
MC03	EL CAJON	RIO TEPALCALTEPEC	TEPALCALTEPEC	C	1023700	185500	0296
MC04	HUETAMO	RIO MEDIO BALSAS	HUETAMO	C	1005300	183500	0300
MC05	LA ESTANCIA	RIO MEDIO BALSAS	HUETAMO	C	1010600	183400	0400
MC06	PATZCUARO	LERMA - RIO GRANDE MORELIA	PATZCUARO	C	1013600	193200	2174
MC07	PERIBAN	RIO TEPALCALTEPEC		C	1022500	193100	2100
MC08	PUNTA SAN TELMO	COSTA DE MICHOCAN	AGUILA	C	1032900	181900	0070
MC09	TACAMBARO	RIO MEDIO BALSAS	TACAMBARO	C	1012800	191400	1755
MC10	TUZANTLA	RIO CUTZAMALA	TUZANTLA	C	1003500	191300	0668
MC11	URUAPAN	RIO TEPALCALTEPEC	URUAPAN	C	1020400	192500	1634
MC12	ZINAPECUARO	BALSAS - RIO CUTZAMALA	ZINAPECUARO	C	1004900	185200	1820
MC13	AGOSTITLAN	BALSAS - RIO CUTZAMALA	CIUDAD HIDALGO	H	1003700	193200	2380
MC14	CHINCUA	RIO ALTO LERMA	SENGUIO	H	1002000	184800	2458
MC15	COINTZIO	LERMA - RIO GRANDE MORELIA	MORELIA	H	1011500	183600	1950
MC16	CONSTITUCION DE APATZINGAN	RIO TEPALCALTEPEC	APATZINGAN	H	1021600	180500	0682
MC17	COPANDARO	RIO BAJO SANTIAGO	VILLA JIMENEZ	H	1010500	195600	1981
MC18	CUITZE0	RIO BAJO LERMA	CUITZE0	H	1010900	185900	1831
MC19	DEL BOSQUE	BALSAS - RIO CUTZAMALA	ZITACUARO	H	1002300	182300	1750
MC20	EL CUERAMAL	RIO TEPALCALTEPEC		H	1013500	184100	0800
MC21	MELCHOR OCAMPO (EL ROSA)	LERMA - R. ANGUILO	ANGAMACUITIRO	H	1014200	200700	1720
MC22	INFIERNILLO	RIO BAJO BALSAS	ARTEAGA	H	1015400	181600	0180
MC23	LA VILLITA	RIO BAJO BALSAS	MELCHOR OCAMPO DEL BALSAS	H	1021000	180400	0060
MC24	LAGUNA DEL FRESNO	RIO ALTO LERMA	MARAVATIO	H	1002500	192800	2070
MC25	ZICUJUAN	RIO TEPALCALTEPEC	VILLA JIMENEZ	H	1015500	185600	0300
MC26	ARISTEO MERCADO	LERMA - R. ANGUILO	VISTAHERMOSA	H	1014000	195900	2100
MC27	GONZALO	BAJO LERMA	VISTAHERMOSA	H	1022600	201800	1533
MC28	GUARACHA	RIO BAJO LERMA - R. JARIPO	VILLA MAR	H	1023500	195800	1570
MC29	JARIPO	RIO LERMA - R. JARIPO	VILLA MAR	H	1023500	195800	1570
MC30	MALPAIS	RIO BAJO LERMA	QUERENDARO	H	1005300	194500	1831
MC31	PUCUATO	RIO CUTZAMALA	CIUDAD HIDALGO	H	1004200	183600	2505
MC32	SABANETA	RIO CUTZAMALA	CIUDAD HIDALGO	H	1004100	193700	2513
MC33	SAN JUANICO	RIO TEPALCALTEPEC		H	1023800	195000	2100
MC34	TEPUXTEPEC	RIO ALTO LERMA	CONTEPEC	H	1001500	200000	2345

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
MC35	TICUITACO	RIO MEDIO LERMA	LA PIEDRA	H	1020100	201800	1750
MC36	UREPETIRO	LERMA - R. DUERO	TLAZALCA	H	1020900	198600	1754
MO01	CUAUTLA	RIO AMACUZAC	CUAUTLA	C	985900	184900	1303
MO02	PROGRESO	RIO AMACUZAC	JUTEPEC	C	981000	185100	1530
MO03	EL RODEO	RIO AMACUZAC	MICATLAN	C	992100	184600	1200
MO04	ZACATEPEC	BALSAS - RIO AMACUZAC	ZACATEPEC	C	991100	183900	1228
MO05	CAMPAMENTO ZEMPOALA	RIO AMACUZAC	ZEMPOALA	C	991708	180208	2400
MX01	DANCHO	ALTO PANUCCO - RIO TUILA	JILOTEPEC	H	983325	185300	2435
MX02	PRESA IGNACIO RAMIREZ	RIO ALTO LERMA	SAN BERNABE	H	984630	192740	2560
MX03	IXTAPAN DE LA SAL	BALSAS - RIO AMACUZAC	IXTAPAN DE LA SAL	C	984043	185110	1924
MX04	EL MOLINO	ALTO PANUCCO - R. SAN JUAN	AGUILCO	H	984415	200730	2435
MX05	SAN BERNABE	RIO ALTO LERMA	TEMORAYA	H	984215	192750	2569
MX06	TEJUPILCO	RIO BALSAS	TEJUPILCO	C	1000842	185337	1330
MX07	PRESA TEPETITLAN	RIO ALTO LERMA	SAN FELIPE DEL PROGRESO	H	985740	183935	2685
MX08	VALLE DE BRAVO	RIO CUTZAMALA	VALLE DE BRAVO	C	1001048	191218	1869
MX09	VILLA VICTORIA	RIO TEPALCALTEPEC	VILLA VICTORIA	H	1000310	192738	2608
MX10	CHALCO	VALLIE DE MEXICO	CHALCO	C	985700	191700	2200
MX11	CERRO GORDO	VALLE DE MEXICO	ECATEPEC	C	980400	193000	2350
MX12	CHIMALHUACAN	VALLE DE MEXICO	CHIMALHUACAN	C	985800	192500	2200
MX13	C.E.A.S	VALLE DE MEXICO	NAUCALPAN	C	991316	192700	2400
MX14	ZARZAPARRILLAS	VALLE DE MEXICO	COACALCO	C	990813	193811	2400
MX15	ATIZAPAN	VALLE DE MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	C	991518	193507	2400
MX16	CUAUTTLAN	VALLE DE MEXICO	CUAUTTLAN IZCALLI	C	991338	193800	2400
MX17	HUIXQUILUCAN	VALLE DE MEXICO	HUIXQUILUCAN	C	991728	192444	2400
MX18	LOS BERROS	RIO CUTZAMALA		C	1000400	192200	2642
MX19	CERRO DE LA CATEDRAL	VALLE DE MEXICO		C	993200	193300	3440
MX20	LAGO MABOR CARRILLO	VALLE DE MEXICO	NETZAHUALCOYOTL	C	985810	192811	2238
NL01	AGUALLEGUAS	BAJO BRAVO - R. ALAMO	AGUALLEGUAS	H	993300	261830	0184
NL02	GRANJA EXPERIMENTAL (AMAR)	RIO MEDIO BRAVO	AMAHUAC	C	1000800	271415	0187
NL03	JOSE LOPEZ PORTILLO (CERR)	RIO SAN FERNANDO	LINARES	H	982400	245615	0200
NL04	LINARES	RIO SAN FERNANDO	LINARES	C	993400	245200	0684
NL05	MARCIANO GONZALEZ	EL SALADO	GALEANA	C	1003500	243200	1800
NL06	MONTEMORELOS	RIO PILON	MONTEMORELOS	C	994810	251100	0309
NL07	EL POTOSI	EL SALADO	GALEANA	C	1002000	245047	1725
NL08	RAICES	EL SALADO	GALEANA	C	1001415	243400	1800
NL09	EL CUCHILLO	RIO SAN JUAN		C	991522	254305	0200
NL10	RODRIGO GOMEZ (LA BOCA)	RIO SAN JUAN	SANTIAGO	H	1000740	252540	0450
NL11	SABINAS HIDALGO	RIO MEDIO BRAVO - R. SALADO	SABINAS HIDALGO	C	1000330	262925	0400
NL12	SALINILLAS	RIO MEDIO BRAVO - R. SALADO	ANAHUAC	H	1002215	272545	0226
NL13	SAN JOSE DE VAQUERIAS	RIO SAN FERNANDO	GENERAL TEPAN	H	990200	250700	0100
NL14	EL REALITO	BAJO BRAVO R. SAN JUAN	GRAL. TERAN	C	992058	251749	0200
NL15	CONGREGACION CALLES	BAJO BRAVO - R. SAN JUAN	MONTEMORELOS	H	995600	251318	0460
NL16	LAS ENRAMADAS	BAJO BRAVO - R. SAN JUAN	LOS RAMONES	H	993000	252900	0190
NL17	TEPEHUAJE	BAJO BRAVO - R. SAN JUAN	CAMERITA	H	994600	253000	0255
NY01	AMATLAN DE LAS CAMAS	RIO AMECA	AMATLAN DE LAS CAMAS	C	1042409	204800	0800

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
NY02	CERRO BLANCO	RIO BAJO SANTIAGO	STA MARIA DEL ORO	C	1043300	212300	2121
NY03	CHAPALAGANA	SANTIAGO - R. HUAYNAMOTA	JESUS MARIA	C	1042900	215700	0400
NY04	COMPOSTELA	RIO HUICICILA	COMPOSTELA	C	1045500	211400	0874
NY05	SAN BLAS	RIO SAN BLAS	SAN BLAS	C	1051700	213200	0002
NY06	IXTLAN DEL RIO	RIO AMECA	IXTLAN DEL RIO	C	1042200	210200	1042
NY07	JESUS MARIA	SANTIAGO - R. HUAYNAMOTA	NAYAR	C	1043200	221800	0810
NY08	EL CARRIZAL II	BAJO RIO SANTIAGO	EL NAYAR	C	1045100	215000	0110
OX01	PRESA PRESIDENTE BENITO	RIO TEHUANTEPEC	STA MAJALAPA DEL MARQUEZ	H	952400	162800	0180
OX02	HUATULCO	COSTA DE OAXACA	SANTA MARIA HUATULCO	C	961900	154900	0108
OX03	IXTEPEC	RIOS PERROS-ESTANCADOS-EST-CH	CD. IXTEPEC	C	950600	163500	0080
OX04	MIHUATLAN	COSTA CHICA GRO - R. ATOYAC		C	963500	161900	1807
OX05	MIGUEL DE LA MADRID HURTZ	RIO PAPALOAPAN	SAN LUCAS OJITLAN	H	961300	181200	0076
OX06	PUTLA DE GUERRERO	COSTA CHICA GRO - R. ATOYAC	PUTLA VILLA DE GUERRERO	C	975600	170700	0840
OX07	S. J. B. ATATLAHUCA	RIO PAPALOAPAN	S. J. BAUTISTA ATATLAHUCA	C	965100	173200	1000
OX08	SAN FELIPE USILA	RIO PAPALOAPAN	SAN FELIPE USILA	C	963200	175300	0230
OX09	SANTIAGO ASTATA	COSTA DE OAXACA	SANTIAGO ASTATA	C	954000	160000	1800
OX10	SANTIAGO PINOTEPA NACION	COSTA CHICA GRO - R. ARENA	SANTIAGO PINOTEPA NAL	C	980300	162200	0202
OX11	SAN MIGUEL QUETZALTEPEC	RIO PAPALOAPAN	SAN MIGUEL QUETZALTEPEC	C	954700	165900	0730
OX12	TEMASCAL	RIO PAPALOAPAN	SAN MIGUEL SOYALTEPEC	H	962400	181500	0076
OX13	SAN JUAN LAJARCIA	RIO TEHUANTEPEC	SAN PEDRO MIXTEPEC	C	971100	155200	0200
OX14	PUERTO ESCONDIDO	COSTA DE OAXACA	SAN JUAN LAJARCIA	C	955600	163000	0795
OX15	SAN MIGUEL CHIMALAPA	RIO CHICAPA	SAN MIGUEL CHIMALAPA	C	944700	164400	0028
OX16	SAN ANTONIO HUIITEPEC	COSTA CHICA GRO - R. ATOYAC	SAN MIGUEL HUIITEPEC	C	970900	165500	2375
OX17	SAN JUAN YAAE	RIO PAPALOAPAN	SAN ANTONIO HUIITEPEC	C	961600	172600	1200
OX18	SANTIAGO IXTLAUTLA	COSTA CHICA GRO - R. ATOYAC	SANTIAGO IXTLAUTLA	C	974000	163400	0800
OX19	SANTO DOMINGO TEOJOMULCO	COSTA OAX - RIO VERDE	SANTO DOMINGO TEOJOMULCO	C	971200	163600	1300
OX20	SANTA MARIA CHILCHOTLA	RIO PAPALOAPAN	SANTA MARIA CHILCHOTLA	C	964900	181500	1040
OX21	SANTA MARIA IXCATLAN	RIO PAPALOAPAN	SANTA MARIA IXCATLAN	C	971100	175100	1790
OX22	TILTEPEC	COSTA CHICA GRO - R. ATOYAC	SAN PEDRO TOPILTEPEC	C	972200	173000	2500
OX23	TLAXIAGO	ALTO BALSAS - R. MIXTECO	SANTA MARIA ASUNION	C	974100	171600	1988
OX24	TOTOLAPA	RIO TEHUANTEPEC	TLACOLULA DE MATAMOROS	C	961800	164000	0880
OX25	TUXTEPEC	RIO PAPALOAPAN	TUXTEPEC	C	960800	180500	0019
PU01	TLACOTEPEC	RIO PAPALOAPAN	TLACOTEPEC DE B. JUAREZ	C	973800	183931	1812
PU02	ACATLAN DE OSORIO	ALTO BALSAS - R. MIXTECO	ACATLAN	C	980223	181312	1200
PU03	AMELUCA	RIO TUXPAN	PANTEPEC	C	974938	203319	0055
PU04	ATLIXCO	ALTO BALSAS - R. NEXAPA	ATLIXCO	C	982500	195500	1850
PU05	CHIGNAHUAPAN	RIO TEGOLUTLA		C	980200	195000	2300
PU06	IZUCAR DE MATAMOROS	ALTO BALSAS - R. NEXAPA	IZUCAR DE MATAMOROS	C	982830	183630	1400
PU07	NECAXA	RIO TEGOLUTLA	DIVISION NECAXA	H	980000	201242	0950
PU08	CUIDAD SERDAN	ALTO BALSAS - C. CERRADA	CHALCHICOMULA DE SESMA	C	972743	185917	2510
PU09	LA SOLEDAD	RIO TEGOLUTLA	MAZATEPEC	C	972648	196738	0816
PU10	HUEHUETLAN EL CHICO	ALTO BALSAS - R. NEXAPA	HUEHUETLAN EL CHICO	C	984300	182200	0960
PU11	MANUEL AVILA CAMACHO	ALTO BALSAS - R. ATOYAC	MANUEL AVILA CAMACHO	H	980632	185438	2050
PU12	CALTEPEC	RIO PAPALOAPAN	CALTEPEC	C	972700	181200	1000
PU13	NUOVO VICENCIO	CUENCA CERRADA DE ORIENTAL		C	974130	191845	2450

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
PU14	SAN MARTINITO	ALTO BALSAS - R. ATOYAC	TLAHUAPAN	C	983446	192014	2600
PU15	PENA COLORADA	ALTO BALSAS - R. MIXTECO	PIAXTLA	H	981730	180016	1000
PU16	TLAMACAS		AMECAMECA	C	986667	190333	3976
Q001	SAN JUAN DEL RIO	ALTO PANUJO - R. SAN JUAN	SAN JUAN DEL RIO	C	995900	202200	1978
Q002	EL BATAN	MEDIO LERMA - R. LA LAJA	CORREGIDORA	H	1002528	203015	1500
Q003	CONSTITUCION DE 1917	ALTO PANUJO - R. SAN JUAN	SAN JUAN DEL RIO	H	1000400	202500	1933
Q004	CENTENARIO	ALTO PANUJO - R. SAN JUAN	TEQUISQUIAPAN	H	995400	213000	2100
Q005	JALPAN	PANUJO - R. STA. MARIA	JALPAN	H	992800	211300	0860
Q006	HUIMILPAN	LERMA - R. LA LAJA	HUIMILPAN	C	1001600	202200	2292
Q007	PIRULES	LERMA - R. LA LAJA	PIRULES	H	1001400	205100	2072
Q008	SAN IDELFONSO	ALTO PANUJO - RIO TULA	AMEALCO	H	995000	201200	2400
Q001	NICOLAS BRAVO	YUCATAN-ESTE	OITON P. BLANCO	C	885500	182600	0128
Q002	TAMPAK	YUCATAN-ESTE	FELIPE CARRILLO PUERTO	C	884200	183400	0026
Q003	TULUM	YUCATAN-NORTE	COZUMEL	C	872800	201200	0003
RL01	CONCORDIA	RIO NAZAS	SAN PEDRO	C	1030655	254638	1100
RL02	VIESCA	RIO AGUANAVAL	VIESCA	C	1024823	252022	1100
RL03	ACATTA		FRANCISCO I. MADERO	C	1030157	262823	1500
RL04	BAJIO DE AHUICHILA	RIO AGUANAVAL	VIESCA	C	1023757	250694	1500
RL05	PARRAS	RIO NAZAS	PARRAS DE LA FUENTE	C	1021032	252622	1521
RL06	AGUA PUERCA	RIO NAZAS	MAPIMI	H	1042914	251406	1480
RL07	AGUSTIN MELGAR NAZAS	RIO NAZAS	NAZAS	H	1040405	251551	1226
RL08	CANON FERNANDEZ	RIO NAZAS	CUENCAME	H	1034606	251625	1200
RL09	FRANCISCO ZARCO	RIO NAZAS	CUENCAME	H	1034600	251600	1400
RL10	J. SALOME ACOSTA	RIO NAZAS - R. RAMOS	SANTIAGO PAPASQUIARO	H	1052400	251700	1670
RL11	LOS NARANJOS	RIO AGUANAVAL	SIMON BOLIVAR	H	1031900	243600	1650
RL12	EL PALMITO-LAZARO CARDEN	RIO NAZAS	INDE	H	1050013	253652	1600
RL13	SAN JUAN DEL RIO	RIO NAZAS	SAN JUAN DEL RIO	C	1042732	244629	1700
RL14	SARDINAS	RIO NAZAS - R. DEL ORO	SAN BERNARDO	H	1053403	260400	1639
RL15	SIMON BOLIVAR	RIO AGUANAVAL	SIMON BOLIVAR	C	1031327	244119	1525
RL16	CONEJOS	RIO NAZAS	MAPIMI	C	1035400	261540	0900
RL17	CUENCAME	RIO NAZAS	CUENCAME	C	1031228	245043	1500
RL18	EL TARAHUMAR	NAZAS - R. RAMOS	TEPEHUANES	C	1062100	253000	2100
RL19	GUANACEVI	NAZAS - R. DEL ORO	GUANACEVI	C	1060000	252600	2230
RL20	IGNACIO ZARAGOZA	RIO AGUANAVAL	DURANGO	C	1059608	232100	2100
RL21	LA ZARCA	RIO NAZAS	VILLA HIDALGO	C	1034330	254312	1990
RL22	SAN MIGUEL DE LOBOS	RIO CULIACAN - R. HUMAYA	TEPEHUANES	C	1055048	251049	2300
S101	ADOLFO LOPEZ MATEOS	RIO CULIACAN - R. HUMAYA		H	1072300	250500	0122
S102	SAN JUAN	RIO MOCORITO	MOCORITO	H	1074800	253500	0400
S103	SANALONA	RIO CULIACAN - R. TAMAZULA	CULIACAN	H	1070900	244800	0200
S104	TOPOLOBAMPO	CUENCA BAJA R. FUERTE	AHOME	C	1090200	253900	0100
S105	AURELIO BENASSINI	RIO ELOTA		H	1064100	240700	0200
S106	PANUJO	RIO BALUARTE	CONCORDIA	C	1055600	232500	1600
S107	EL CARRIZO	CUENCA BAJA RIO FURTE	AHOME	C	1050200	261500	0007
S108	YECORATO	RIO SINALOA	CHOIX	C	1061800	262200	0407
S109	MIGUEL HIDALGO	RIO FUERTE		H	1063400	263000	0012

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
SI10	LA CONCHA	RIO ACAPONETA	ESCUJINAPA	C	1052800	223200	0200
SI11	TECUIAPA	RIO SINALOA	BADIRAGUATO	C	1072300	255100	0640
SI12	PLOMOSAS	RIO BALLEARTE	ROSARIO	C	1052800	230400	1800
SI13	GUATENIPA	RIO CULLIACAN - R. HUMAYA	BADIGUARATO	H	1071400	252100	0400
SI14	GUILLERMO BLAKE	RIO SINALOA		H	1062100	260700	1200
SI15	ROSA MORADA	RIO MOCORITO	MOCORITO	C	1075000	252400	0685
SI16	GUSTAVO DIAZ ORDAZ	RIO SINALOA	SINALOA	H	1075900	254900	0800
SI17	EL ROSARIO	RIO BALLEARTE	ROSARIO	C	1055500	230000	0027
SI18	HUITES	RIO FUERTE, HUITES		H	1082200	265400	0600
SI19	IXPALINO	RIO PIAXTLA	SAN IGNACIO	C	1063700	235700	0300
SI20	NUESTRA SEÑORA DE COSAL	RIO ELOTA	COSAL	C	1063600	242300	0600
SI21	JOCUJITTA	RIO PIAXTLA	SAN IGNACIO	C	1061900	241500	0800
SI22	JOSEFA ORTIZ DE D.	RIO FUERTE		H	1084300	262400	0123
SI23	EL DORADO	RIO SAN LORENZO		C	1072200	241800	0015
SI01	CERRITOS	EL SALADO	CERRITOS	C	1001700	222600	1135
SI02	CHARCAS	EL SALADO	CHARCAS	C	1010700	230800	2057
SI03	EL GRITO	EL SALADO	MOCOTEZUMA	C	1010800	223900	1729
SI04	EL TORO	EL SALADO	VILLA DE RAMOS	C	1012900	225000	1960
SI05	LA MAROMA	EL SALADO	CATORCE	C	1005822	232900	2000
SI06	LAGUNILLAS	RIO BAJO PANUCO	LAGUNILLAS	C	993500	273400	1390
SI07	LANGOS DEL CARMEN	EL SALADO	VILLAS HIDALGO	C	1004100	225100	1800
SI08	MATEHUALA	EL SALADO	MATEHUALA	C	1003800	233900	1615
SI09	PRESA DE GUADALUPE	EL SALADO	GUADALCAZAR	C	1000900	225200	1200
SI10	TEPEYAC	EL SALADO	CD. DEL MAIZ	C	995400	223900	1000
SI11	VILLA DE RAMOS	EL SALADO	VILLA DE RAMONES	C	1015600	225100	2210
SI12	PRESA ALVARO OBRERON	EL SALADO	ALAGUINES	H	993800	221100	1200
SI13	TANSABACA	RIO BAJO PANUCO	STA. CATARINA	H	991705	214005	0256
SI14	SAN VICENTE	BAJO RIO PANUCO	SAN VICENTE TANCUYALAB	H	983338	214121	0023
SO01	ABELARDO RODRIGUEZ	RIO SONORA	HERMOSILLO	H	1109600	290500	0211
SO02	ADOLFO RUIZ CORTINEZ	RIO MAYO	ALAMOS	H	1060600	271300	0135
SO03	AGUA PRIETA	RIO YAQUI	AGUA PRIETA	C	1063400	312000	1189
SO04	ALVARO OBRERON	RIO YAQUI	CAJEME	H	1095300	274900	0070
SO05	ARIZPE	RIO SONORA	ARIZPE	C	1101100	302000	0870
SO06	BACADERHUACHI	RIO YAQUI	BACADERHUACHI	C	1092700	294600	0600
SO07	BACANORA	RIO YAQUI	BACANORA	H	1092300	285900	0100
SO08	BAVISPE	RIO YAQUI	BAVISPE	C	1085600	302800	0902
SO09	C.I.A.N.O.	RIO YAQUI	SAHUJORA	C	1094000	272900	0029
SO10	CAJON DE ONAPA	RIO SONORA	SAHUJORA	H	1104400	292800	0100
SO11	CANANEA	RIO SONORA	CANANEA	C	1101800	305900	1489
SO12	CARBO	RIO SONORA	CARBO	C	1105700	294100	0464
SO13	LA COLORADA	RIO SONORA	LA COLORADA	C	1103500	284600	0500
SO14	COMAQUITO	RIO CONCEPCION	INMURIS	H	1104200	304900	0950
SO15	CUAUHTEMOC	RIO CONCEPCION	ATIL	H	1113200	305200	0600
SO16	CUCURPE	RIO SONORA	CURPE	C	1104200	302000	0800
SO17	GOLFO DE STA CLARA	DESERTO ALTAR	SN. LUIS RIO COLORADO	C	1142900	314200	0200

CLAVE	NOMBRE	CIUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
S018	IGNACIO R. ALATORRE	RIO MATAPE	GUAYMAS	H	1102400	282500	0214
S019	JACINTO LOPEZ	RIO YAQUI	AGUA PRIETA	H	1094000	305200	1200
S020	LAZARO CARDENAS	RIO YAQUI	VILLA HIDALGO	H	1082300	302700	0965
S021	MAXIMILIANO R. LOPEZ	RIO MATAPE	CAJEME	H	1084800	273400	0100
S022	MOCOTEZUMA	RIO YAQUI	MOCOTEZUMA	C	1094200	294800	0877
S024	NAVOJOA GRANDE	RIO MATAPE	VILLA PESQUEIRA	C	1100300	290400	0634
S025	ONABAS	RIO MAYO	NAVOJOA	C	1092600	270500	0780
S026	PITIGUITO	RIO CONCEPCION	PITIGUITO	C	1093300	282700	0175
S028	EL PLOMO	RIO CONCEPCION	ALTAR	H	1120800	304200	0286
S029	PUERTO LIBERTAD	RIO YAQUI	SOYOPA	H	1120600	311500	0700
S030	SAN BERNARDO	PUERTO LIBERTAD	PITIGUITO	H	1093800	299500	0192
S031	SAN LUIS RIO COLORADO	RIO SONORA	ALAMOS	C	1124000	296500	0007
S032	LA SANGRE	RIO COLORADO	ALAMOS	C	1085100	272400	0205
S033	SONOYA	RIO CONCEPCION	SAN LUIS RIO COLORADO	C	1144800	322900	0027
S034	EL TAPIRO	DESERTO ALTAR	TUBATAMA	C	1125100	315200	0398
S035	TEZOCOMA	RIO YAQUI	PLUTARCO ELIAS CALLES	C	1094900	301400	0500
S036	URES	RIO MAYO	QUIRREGO	C	1091500	274200	0260
S037	VICAM	RIO SONORA	URES	C	1102300	292600	0432
S038	YECORA	RIO YAQUI	GUAYMAS	C	1101700	273900	0046
S039	ALAMOS	RIO YAQUI	YECORA	C	1085700	282200	1500
S040	CAZANATES	RIO FUERTE	ALAMOS	C	1085700	270200	0389
S041	CALLE 200	RIO FUERTE	CAJEME	H	1085500	264300	0137
S042	CALLE 600	RIO YAQUI	CAJEME	C	1100500	272500	0100
S043	EL CARRIZAL	RIO YAQUI	HERMOSILLO	C	1095000	272500	0100
S044	NOGALES	RIO SONORA	NOGALES	C	1114400	290600	0050
TB01	FRONTERA	RIO COLORADO	NOGALES	C	1105600	311900	1120
TB02	HUIMANGUILLO	RIOS GRUJALVA USUMACINTA	SENTLA	C	923942	183185	0100
TB03	MACUXPANA	RIO BAJO GRUJALVA	HUIMANGUILLO	C	931422	182605	0100
TB04	PARAISO	RIO BAJO GRUJALVA	MACUXPANA	C	924053	174848	0600
TB05	TENOSIQUE	BAJO GRUJALVA	PARAISO	C	831229	182418	0100
TB06	PARQUEOLOGICO E. ZAPATA	RIO USUMACINTA	TENOSIQUE	C	912608	172518	0600
TL01	ATLANGA	RIO USUMACINTA	EMILIANO ZAPATA	C	914600	174400	0900
TL02	CALPULALPAN	ALTO BALSAS - R. ZAHUAPAN	ATLANGATEPEC	H	981210	193320	2498
TL03	HUAMANTLA	VALLE DE MEXICO	CALPULALPAN	C	983350	193510	2578
TL04	IXTACUITLA	ALTO BALSAS - C. CERRADA	HUAMANTLA	H	975440	191857	2553
TM01	EL CARRIZAL	ALTO BALSAS - R. ATOYAC	IXTACUITLA	C	982230	191820	2220
TM02	CHARCO LARGO	RIO BARBERENA	ALDAMA	C	981403	224403	0400
TM03	CORRALEJO	RIO SOTO LA MARINA	SOTO LA MARINA	C	975910	241045	0040
TM04	EMILIO PORTES GIL	RIO SOTO LA MARINA	SAN CARLOS	C	990040	242337	0210
TM05	INTERNACIONAL FALCON	ALTO PANUICO - R. GUAYALEJO	XICOTENCATI	H	894719	225631	0100
TM06	JOSE BERNARDO G. DE LARA	RIO MEDIO BRAVO	BUENA VISTA GUERRERO	H	991000	263400	0100
TM07	MAGUEYES	BAJO PANUICO - GUAYALEJO	ANTIGUO MORELOS	H	990349	223205	0100
TM08	MARTE R. GOMEZ	RIO SOTO LA MARINA	MAINERO	C	993304	243400	0420
		BRAVO - R. PESQUERIA		H	985600	281200	0100

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
TM09	MIENDEZ	RIO SAN FERNANDO	MIENDEZ	C	983500	250700	0128
TM10	MIQUIHUANA	EL SALADO	MIQUIHUANA	C	984511	233426	1770
TM11	MEJUYO LAREDO	MEDIO RIO BRAVO	MEJUYO LAREDO	C	983000	273000	0171
TM12	PALMILLAS	ALTO PANUICO - R. JAUMAYE	PALMILLAS	C	983300	231800	1550
TM13	PEDRO J. MENDEZ	RIO SOTO LA MARINA	HIDALGO	H	983329	241000	0560
TM14	LA PIEDAD	RIO SOTO LA MARINA	SAN FERNANDO	C	975200	253300	0100
TM15	RAMIRO CABALLERO DORANT	BAJO PANUICO - R. LAS ANIMAS	MANTE	H	984118	233722	0100
TM16	REPUBLICA ESPAÑOLA	SOTO LA MARINA - R. CARRIZAL	ALDAMA	H	975929	231529	0600
TM17	REYNOSA	RIO BRAVO	REYNOSA	C	981600	260100	0039
TM18	SAN FERNANDO	RIO SAN FERNANDO	SAN FERNANDO	C	980500	245100	0043
TM19	VENUSTIANO CARRANZA II	BAJO PANUICO - R. GUAYALEJO	GONZALEZ	H	984300	225100	0100
TM20	VICENTE GUERRERO	RIO SOTO LA MARINA	-----	H	984000	235741	0150
VR01	ACAYUCAN	RIO PAPALOAPAN	ACAYUCAN	C	945500	175700	0088
VR02	AGUA DULCE	COATZACOALCOS - R. TONALA	COATZACOALCOS	C	940900	180800	0030
VR03	ALVARADO	RIO PAPALOAPAN	ALVARADO	C	954500	184600	0015
VR04	ARROYO HONDO	NORTE VER R. MISANTLA	MISANTLA	C	965000	185600	0410
VR05	CAMELO (LA ICA)	RIO PAPALOAPAN	COTAXTLA	C	962600	184400	0081
VR06	LA GANGREJERA	COATZACOALCOS	-----	H	941900	180600	0015
VR07	CHICONTEPEC	BAJO PANUICO - R. TEMPOAL	CHICONTEPEC	C	981000	205600	0595
VR08	COSCOMATEPEC DE B.	RIO JAMAPA	COSCOMATEPEC	C	970200	180400	1588
VR09	SAN ANDRES TUXTLA	RIO PAPALOAPAN	SAN ANDRES TUXTLA	C	951300	182700	0323
VR10	EJ. ARROYO PRIETO-HUAYAC	RIO TUXPAN	HUEYACOCOTLA	C	982900	203200	2100
VR11	JESUS CARRANZA	COATZACOALCOS	JESUS CARRANZA	C	950200	172600	0022
VR12	JUAN RODRIGUEZ CLARA	RIO PAPALOAPAN	JUAN RODRIGUEZ CLARA	C	952400	180000	0148
VR13	LAGUNA VERDE	RIO ACTOPAN - LIMON	LAGUNA VERDE	C	962500	194300	0200
VR14	MINATITLAN	COATZACOALCOS	MINATITLAN	C	943200	175900	0020
VR15	MIRADORES	RIO ACTOPAN	ZAPATA	H	984500	192700	0982
VR16	NARANJOS	NORTE DE VERACRUZ	AMATLAN	C	974000	212100	0100
VR17	PASO DE PIEDRAS	CHICAYAN/BAJO PANUICO - R. COMALES	PANUICO	H	980800	214700	0100
VR18	PEROTE	ALTO BALSAS - C. CERRADA	PEROTE	C	971600	183500	2384
VR19	POZA RICA	RIO CAZONES	POZA RICA	C	972800	203300	0190
VR20	TANTOYUCA	BAJO PANUICO - R. CHICAYAN	TANTOYUCA	C	981300	212100	0217
YC01	DZILAM DE BRAVO	YUCATAN-NORTE	DZILAM DE BRAVO	C	885400	212400	0002
YC02	MAXCANU	YUCATAN-NORTE	MAXCANU	C	900000	203600	0021
YC03	CATMIZ	YUCATAN-ESTE	TZUCACAB	C	888900	195500	0096
YC04	RIO LAGARTOS	YUCATAN-NORTE	RIO LAGARTOS	C	881000	213500	0002
YC05	SOTUTA	YUCATAN-NORTE	SOTUTA	C	890100	203600	0021
ZC01	EL CAZADERO	RIO AGUANAVAL	RIO GRANDE	H	1030530	224125	1820
ZC02	CONCEPCION DEL ORO	EL SALADO	CONCEPCION DEL ORO	C	1012525	243700	2190
ZC03	EXCAME (MIGUEL ALEMAN)	BAJO SANTIAGO - R. BOLAÑOS	TEPECUITLAN	H	1032146	213600	1686
ZC04	LA FLORIDA	RIO SANTIAGO	VAL PARAISO	C	1033609	224110	1850
ZC05	FRESNILLO	EL SALADO	FRESNILLO	C	1024739	231040	2090
ZC06	INDEPENDENCIA NACIONAL	BAJO SANTIAGO - R. BOLAÑOS	MONTE ESCOBEDO	C	1033000	221918	2000
ZC07	ING. JULIAN ADAME ALATORR	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	VILLANUEVA	H	1025618	220538	1548
ZC08	PRESA LEONARDO REYNOSO	RIO AGUANAVAL	FRESNILLO	H	1031213	230941	2050

CLAVE	NOMBRE	CUENCA	MUNICIPIO	TIPO	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
ZC09	PINOS	EL SALADO	PINOS	C	1013423	221754	2419
ZC10	VILLA DE COS	EL SALADO	VILLA DE COS	C	1021905	231851	2050
ZC11	VILLANUEVA	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	VILLANUEVA	C	1025312	222113	1800
ZC12	LA VILLITA	SANTIAGO - R. BOLAÑOS	TEPECHITLAN	C	1032027	213554	1800
ZC13	TEUL DE GONZALEZ ORTEGA	SANTIAGO - R. TLALTENANGO	TEUL DE GONZALES ORTEGA	C	1032739	212747	1900
ZC14	SAN BENITO	EL SALADO	MAZAPIL	C	1014200	235309	1955
ZC15	PAJARITOS DE LA SIERRA	BAJO SANTIAGO - R. HUAYNAMOTA	VALPARAISO	C	1041342	224200	2700
ZC16	OJO CALIENTE	SANTIAGO	OJO CALIENTE	C	1021500	223415	2050
ZC17	BOCA DEL TESORO	BAJO SANTIAGO - R. BOLAÑOS	JEREZ	C	1025714	228508	1800
ZC18	JUCHIPILA	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	JUCHIPILA	C	1030658	212406	1270
ZC19	JIMENEZ DEL TEUL	SANTIAGO - R. HUAYNAMOTA	JIMENEZ DEL TEUL	C	1034755	231524	1900
ZC20	COL. GREYER P. SIFUENTES	EL SALADO	VILLA DE COS	C	1022007	235330	1850
ZC21	CANITAS DE F. PESCADOR	EL SALADO	CANITAS DE F.P.	C	1024415	233543	2050
ZC22	EL SALVADOR	EL SALADO	EL SALVADOR	C	1005145	243100	1710
ZC23	EL CHIQUE	SANTIAGO - R. JUCHIPILA	TABASCO	H	1025300	220000	1800
ZC24	MIGUEL AUZA	RIO AGUANAVAL	MIGUEL AUZA	C	1032400	241735	1970

Como pudimos observar en las tablas anteriores, éstas contienen información importante para su localización geográfica pero no es suficiente para identificar plenamente a las estaciones. Para esto se tienen que definir otros parámetros, que son proporcionados por NESDIS, y que tienen que ser solicitados por el S.M.N. Estos parámetros son:

El identificador, que está compuesto por 8 caracteres alfanuméricos y define a cada estación de manera única, de esta forma la estación es identificada por el Puesto Central de Registro, un ejemplo puede ser como 15702C23 .

El canal de transmisión por el cual transmite cada estación, que pueden ser tales como el 59, 63, 65 etc.

La hora de transmisión, esta hora es importantísima y es única para cada estación y esta dada en relación al horario Z o de Greenwich , un ejemplo sería 01 37 00, en el formato: hora minutos segundos.

La frecuencia con que debe transmitir cada estación, y define el intervalo de tiempo que debe de existir entre transmisión y transmisión ,para nuestras estaciones este intervalo será normalmente de 3 horas.

Estos cuatro parámetros que acabamos de mencionar forman parte de la configuración que debe quedar guardada en la DCP de las estaciones y a su vez grabada en los discos, para una futura referencia.

Con lo visto hasta este capítulo damos por terminado este trabajo, esperando que la información proporcionada en el mismo sea de utilidad para algún trabajo práctico o como referencia para otros trabajos.

Como vimos a lo largo del presente trabajo, el pronóstico del tiempo y la climatología son tópicos importantes para el desarrollo y desempeño de la mayoría de las actividades del hombre. Durante la investigación efectuada para este trabajo, pudimos constatar que los equipos y métodos utilizados por el Servicio Meteorológico Nacional, para la determinación de las variables climatológicas y su pronóstico distan de ser confiables y oportunos.

El desarrollo de la tecnología en las áreas de comunicaciones y electrónica, ha permitido la automatización y la medición de las variables climatológicas haciendo más rápida y confiable la recolección de datos. Con este tipo de equipos automáticos y la transmisión de datos vía satélite hacen que las estaciones meteorológicas tradicionales o con operador queden en la obsolescencia. Por lo tanto, la modernización y automatización de los equipos del Servicio Meteorológico Nacional propuesta por nosotros se hace imprescindible. Con lo anterior y un apropiado manejo de la información hará que este servicio realmente cumpla con su objetivo.

El diseño de las estaciones meteorológicas propuestas por nosotros son de apariencia sencilla, es decir poco llamativas, al proponer que los equipos se instalen dentro de un tubo de PVC, sin embargo su diseño electrónico es de vanguardia, haciendo que sus requerimientos de mantenimiento sean mínimos, y al no requerir de operador, éstas podrán ser instaladas en cualquier sitio y aún en lugares remotos y despoblados ya que su operación es completamente automática. Lo anterior no sería posible sin la cada vez más imprescindible participación de los satélites artificiales en este campo y en todas las actividades humanas.

Como se mencionó en el capítulo 1, la puesta en marcha de la red base compuesta por 150 estaciones climatológicas implicaría una inversión directa en equipo de aproximadamente de 1.5 millones de dólares, sin considerar el Puesto Central. Con esta primera etapa el Servicio Meteorológico Nacional contaría con información general de las condiciones atmosféricas del país de forma oportuna y confiable. De esta manera se daría un gran paso hacia la modernización del servicio.

En una segunda etapa, la instalación de las 450 estaciones restantes, implicaría una inversión aproximada en equipo de 4.5 millones de dólares. Con esta infraestructura el Servicio Meteorológico Nacional prácticamente estaría cubriendo sus necesidades inmediatas de información meteorológica. La relación beneficio-costo es incalculable, ya que el aprovechamiento de esta información es de gran utilidad para diferentes áreas, tales como la agricultura, la navegación aérea y marítima, etc.

Desafortunadamente este tipo de estaciones tienen un 90% de componentes de importación, lo que representa una dependencia total de los fabricantes extranjeros en cuanto a la adquisición de refacciones y componentes para su mantenimiento. Por otra parte el equipo transmisor requiere de la aprobación de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y de National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) para su operación y uso con los satélites meteorológicos existentes.

Cabe mencionar que la información existente para el estudio de la Meteorología desde el punto de vista de la Ingeniería (comunicaciones y electrónica), prácticamente no existe, por lo que el presente trabajo pretende contribuir de forma modesta a llenar este vacío.

Finalmente podemos concluir que con la realización de este trabajo tuvimos la oportunidad de involucrarnos en un campo poco conocido, como es la Meteorología y pudimos descubrir la estrecha relación que existe entre esta ciencia y la ingeniería en sus diferentes especialidades.

Enciclopedia de las Ciencias; Volumen 3
Ciencia de la Tierra 2ª. Parte
Editorial, Cumbre, S.A. México, D.F. 1989

Catálogo Novalynx
Instruments & Systems for wather and water monitoring
Editorial NovaLynx Corporation, Calif. EUA, 1994

Short-form Catalogue
Climate Measuring Technique
Editorial, Wilh. Lambrecht Gmbh Göttingen, Göttingen, Alemania.1992

La atmósfera y la predicción del tiempo
Biblioteca Salvat de Grandes Temas
Salvat Editores, S.A. España

Los Satélites Artificiales
Biblioteca Salvat de Grandes Temas
Salvat Editores, S.A. España

Compton's Interactive Encyclopedia
Meteorology, Satellite, Atmosphere & Weather
Editorial, Compton's NewMedia, Inc. EUA, 1994

Data Collection System Automatic Processing System
NOAA-NESDIS
Editorial, Integral Systems, Inc. Philadelphia, EUA, 1990

Operational And Maintenance Manual VX1004
Data Acquisition and Telemetry Unit
Vitel Inc. Virginia, EUA, 1992

Nueva Enciclopedia Temática, Tomo 1
Geología, Astronomía, Física
Editorial Cumbre, S.A. México, D.F. 1989

Operational And Maintenance Manual GR3100
Data Acquisition and Monitoring System
Vitel Inc. Virginia, EUA, 1992

Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio
Stanley Wolf , Richard F. M. Smith
Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
México , 1992