

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 1 de 59

## CONTENIDO

1.	OBJETIVO .....	4
2.	ALCANCE .....	4
3.	NORMATIVIDAD .....	4
4.	DEFINICIONES .....	4
5.	DESARROLLO .....	5
	INTRODUCCIÓN .....	5
5.1	SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y MEDICION METEOROLÓGICA .....	6
5.2	INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS .....	8
5.2.1	Instrumentos de lectura directa.....	9
5.2.2	Instrumentos de lectura indirecta.....	10
5.2.3	Requisitos que debe satisfacer instrumental meteorológico.....	10
5.2.4	Calibración del instrumental.....	10
5.2.5	Patrones de comparación .....	11
5.2.6	Altura para la Instalación de algunos instrumentos.....	12
5.2.7	Errores del instrumento.....	13
5.2.8	Cuidado general de los instrumentos en la estación.....	13
5.2.9	Transporte de instrumentos .....	14
5.3	ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	14
5.3.1	Tipos de estación .....	15
5.3.2	Garita meteorologica .....	18
5.3.3	INSPECCION DE LAS ESTACIONES.....	18
5.4	Redes Meteorológicas .....	20
5.4.1	Tipos de Redes .....	20
5.5	TEMPERATURA DEL AIRE .....	22
5.5.1	Escalas y unidades de medición.....	22
5.5.2	Métodos de medición.....	23
5.5.3	Termógrafo.....	23
5.6	PRESION ATMOSFERICA.....	24
5.6.1	Tipos de barómetros.....	24
5.6.2	Barógrafos.....	25

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 2 de 59


5.7	HUMEDAD DEL AIRE .....	27
5.7.1	Métodos de medición.....	27
5.7.2	Instrumentos de medida y registro.....	31
5.7.3	Verificación de la información .....	33
5.8	VIENTO EN SUPERFICIE .....	35
5.8.1	Anemómetros .....	35
5.9	PRECIPITACIÓN.....	39
5.9.1	Métodos de medida y unidades .....	39
5.9.2	Instrumentos de medida .....	39
5.9.3	Instalación y emplazamiento de instrumental.....	42
5.9.4	Fallas y causas de errores en instrumentos de lectura directa y registradores ....	42
5.9.5	Métodos de observación.....	44
5.9.6	Verificación de la información .....	44
5.10	RADIACION SOLAR .....	46
5.10.1	Distribución espectral de la radiación solar .....	46
5.10.2	Instrumentos de medida .....	47
5.10.3	Evaluación de graficas de actinógrafo .....	48
5.11	INSOLACIÓN .....	50
5.11.1	Heliógrafo Campbell-Stokes .....	50
5.11.2	Tipos de gráficas .....	50
5.12	EVAPORACIÓN .....	52
5.12.1	Instrumentos de medida .....	52
5.13	ACTIVIDADES ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE UNA INSPECCIÓN.....	53
5.13.1	Normas que deben ser conocidas para el control de la zona a cargo a ser inspeccionada.....	54
5.13.2	Medidas a ser tomadas en la pre-visita de inspección y revisión de las estaCiones meteorológicas .....	55
5.13.3	Vigilancia y control de la calidad de información de las estaciones de la zona asignada.....	55
5.13.4	Acopio de datos, calidad, errores más frecuentes, errores por instrumental, errores sistemáticos, errores humanos o de observación .....	56
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
7.	CONTROL DE CAMBIOS.....	59

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 3 de 59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Instrumentos meteorológicos instalados de acuerdo al tipo de estación meteorológica  
17

Tabla 2. Instrumentos para la medida de la radiación  
47

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 4 de 59

## 1. OBJETIVO

Proveer una herramienta teórica para facilitar las actividades de operación, inspección y mantenimiento de la red de estaciones meteorológicas del IDEAM.

## 2. ALCANCE


El presente manual contiene en un lenguaje claro las normas y procedimientos necesarios para realizar las actividades antes, durante y después de las visitas de inspección a las estaciones meteorológicas. Dentro de cada rutina se involucran todas las actividades inherentes a la consecución del objetivo fundamental en el manejo de la red de estaciones: su óptima operación y mantenimiento.

## 3. NORMATIVIDAD

Ver normograma

## 4. DEFINICIONES

Ver glosario meteorológico

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 5 de 59

## 5. DESARROLLO

### INTRODUCCIÓN

El IDEAM, como entidad asesora del gobierno nacional y como responsable por la disciplina meteorológica en Colombia, produce información sobre la atmósfera, el tiempo y el clima del país. Para establecer cuál será el estado de la atmósfera en un lugar y en un momento determinado o para describir y explicar el clima de una región, se debe obtener información sobre el comportamiento de las variables meteorológicas. Nuestros sentidos y principalmente la vista, permiten hacer un gran número de observaciones. No obstante, en la mayoría de casos, nuestros sentidos no son suficientes para determinar o medir el fenómeno meteorológico y por lo tanto se recurre a los instrumentos.


Dado que en la medición de las variables meteorológicas, las cuales son generalmente variables físicas, conlleva la aplicación de un conjunto de criterios y de normas específicas, se deben tomar en consideración múltiples aspectos de carácter técnico, metodológico y humano, que faciliten este propósito.

En este sentido, el presente manual busca facilitar las actividades de operación y mantenimiento de la red de estaciones meteorológicas del IDEAM. Se establecen las normas y procedimientos necesarios para realizar las actividades antes, durante y después de las visitas de inspección a las estaciones meteorológicas. Dentro de cada rutina se involucran todas las actividades inherentes a la consecución del objetivo fundamental en el manejo de la red de estaciones: su óptima operación y mantenimiento

La parte inicial del manual incorpora una breve exposición sobre algunos conceptos básicos relativos a la atmósfera. En cuanto a las mediciones de las variables meteorológicas, se presentan siguiendo el orden de la Guía de instrumentos y Métodos de Observación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) No. 8/1996

Dentro de las actividades a realizar durante las visitas de inspección, se incluyen los aspectos inherentes a las variables meteorológicas susceptibles de medición, los instrumentos de medida y registro, así como los procedimientos a seguir en caso de reparación o calibración de los mismos, en la estación.

Gran parte de la información técnica presentada en este manual fue consultada en los manuales y guías sobre instrumentos y métodos de observación editados por la Organización Meteorológica – OMM y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, relacionados en la bibliografía.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 6 de 59

## 5.1 SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y MEDICIÓN METEOROLÓGICA

A continuación, se presentan algunos conceptos a ser tenidos en cuenta bajo el marco de del sistema de observación y medición meteorológica:

**Métodos de observación de fenómenos:** La observación del tiempo debe incluir el estado de la atmósfera y de ciertos fenómenos que se producen en la estación o en los alrededores visibles de la misma en el momento de la observación; estos datos se consignan en las casillas anotadas o designadas en la libreta de observaciones, teniendo en cuenta la intensidad y la naturaleza de los referidos fenómenos y sus situaciones de ocurrencia.

**Errores de observación y apreciación:** Los errores en la apreciación de fenómenos meteorológicos pueden darse debidos a la falta de orientación y definición de instrucción sobre cada uno de los fenómenos y además, de la falta de conocimiento e identificación en la que se presentan tales como: su duración, visibilidad, manifestaciones audibles, distancias, características físicas de ocurrencia y formaciones especiales en el ambiente.


**Corrección de observación y anotaciones:** La corrección sobre observaciones y anotaciones, se deberá tener en cuenta por parte del inspector de operación y revisión de estaciones en el momento de la visita, con el fin de revisar las anotaciones del observador sobre el particular, y proceder si es necesario, a realizar algunas pruebas sobre las características de ocurrencia de los diferentes fenómenos más significativos y de mayor posibilidad de ocurrir en la zona (nieblas, tormentas eléctricas, etc.).

**Verificación de la información:** Generalmente la verificación de los fenómenos meteorológicos, van acorde con las presentaciones de los estados de las condiciones del tiempo.

Cuando se realiza el análisis de la información meteorológica con todas sus variables, se observan los cambios y condiciones de tiempo que han transcurrido durante el día en un determinado lugar donde se disponga de una estación meteorológica y donde se hayan observado y tomado correctamente las observaciones pertinentes.

**Información Meteorológica y Climatológica:** Para tener una idea integral del estado de la atmósfera en un momento determinado, es necesario conocer las variables que determinan su ESTADO FÍSICO (Radiación y Brillo Solar, Temperatura, Presión y Humedad), su COMPOSICIÓN QUÍMICA (contenido de Bióxido de carbono, Óxidos de Nitrógeno y Azufre, Ozono, Metano, pH de la lluvia, entre otros) y sus PROCESOS DINÁMICOS (Dirección y Velocidad del viento, Evaporación, Precipitación, Nubosidad, Fenómenos atmosféricos, etc.)

**Elementos susceptibles de observación** - Tiempo presente y pasado (ocurrencia de meteoros), Dirección y velocidad del viento, Nubosidad (tipo de nubes y altura de la base), Visibilidad, Temperatura del aire y del suelo (diferentes niveles), Humedad del aire y del suelo (diferentes niveles), Presión atmosférica (Tendencia), Temperaturas extremas (aire, del aire cerca al suelo, en profundidad), Precipitación, Evaporación, Insolación y Radiación, Fenómenos especiales y Estado del suelo.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 7 de 59


**Uso de las mediciones Meteorológicas** - Protección de la navegación aérea, marítima y terrestre, diseño de obras civiles (alcantarillados, presas, etc), sector Hidroenergético, sector Agropecuario (agricultura, ganadería y pesca), prevención y atención de desastres naturales, fines jurídicos, planeación municipal, departamental y nacional, sector Académico, Investigación, programas internacionales de intercambio de datos, programas internacionales de investigación (Estudio Regional del Fenómeno El Niño, ERFEN, etc.)

**Observadores meteorológicos** - Los observadores voluntarios de las estaciones meteorológicas, son todas aquellas personas a quienes se les encomiendan (no siendo funcionarios del IDEAM) las labores de observación y mantenimiento básico de una estación. Ellas han aceptado desempeñar las siguientes actividades:

1. Mantener los instrumentos en buen estado de funcionamiento.
2. Cambiar oportunamente las fajas (gráficas) de los instrumentos registradores y efectuar en ellas las “marcas de tiempo” en los casos establecidos.
3. Efectuar las observaciones meteorológicas con la debida precisión, sin interrupción, en la forma, períodos y horarios establecidos.
4. Transcribir en forma exacta, clara y completa las observaciones, en los formularios diarios y/o mensuales impresos para tal fin.
5. Codificar y transmitir en forma horaria o diaria (según el caso), la información meteorológica si en la estación o en la cercanía de ella existe el equipo de comunicaciones adecuado.
6. Enviar a las oficinas del IDEAM la información original, recolectada en la estación, dentro de los cinco primeros días de cada mes, o entregarla a la persona encargada de recogerla.
7. Anotar en los formularios cualquier daño que se haya producido en los instrumentos, la fecha en que ha ocurrido y dar aviso oportuno al IDEAM, si es posible.
8. Guardar adecuadamente la papelería y otros elementos de trabajo para evitar su pérdida o deterioro.

Se consideran como observadores regulares, todos aquellos funcionarios del IDEAM o de otras entidades que en virtud de un convenio de trabajo han sido designados para operar estaciones meteorológicas. Esta clase de observadores, además de las actividades anteriores, deberán cuidar de la limpieza del jardín meteorológico y en el caso de los funcionarios del IDEAM, hacer los resúmenes mensuales.

**Horas de lectura de los instrumentos meteorológicos** - Se llama hora oficial de observación a la hora fijada por el IDEAM para realizar las observaciones meteorológicas. Para las estaciones Climatológicas las horas oficiales de observación son las 07, 13 y 19 HLC (Hora Legal Colombiana), es decir, las 7 de la mañana, la 1 de la tarde y las 7 de la noche para la temperatura y la humedad relativa. Para el caso de la precipitación, la evaporación y el recorrido del viento, las lecturas solamente se realizan a las 07 de la mañana. Es absolutamente indispensable que las observaciones meteorológicas sean hechas con puntualidad. Dado que es imposible observar

 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y          MANTENIMIENTO DE ESTACIONES          METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 8 de 59

todos los elementos simultáneamente, las observaciones deberán realizarse dentro del período de diez (10) minutos anteriores a la hora exacta de observación; únicamente las observaciones de la presión atmosférica deberán ser hechas exactamente a las horas prescritas.

**Marcas de tiempo** - Como la marcha del mecanismo del reloj de los instrumentos registradores es algunas veces irregular y por ello los valores registrados del elemento meteorológico suelen ser distintos de los medidos en los instrumentos de lectura directa, se deben hacer en las fajas las denominadas "marcas de tiempo" que facilitarán su evaluación posterior. Las horas para efectuar dichas marcas son las 07, 13 y 19 HLC. Se deben hacer inmediatamente después de la lectura efectuada en el instrumento no registrador, moviendo cuidadosamente con un lápiz la palanca portaplumilla unos milímetros hacia arriba. Las marcas no deben tener una longitud superior a 3 milímetros, porque un movimiento mayor de la palanca puede ocasionar graves daños en el instrumento. En los pluviógrafos y anemógrafos no deben hacerse marcas de tiempo; únicamente se revisa, en cada lectura, que estén funcionando correctamente.

**Metadatos:** Son aquellos datos que se obtienen sobre la forma como se obtienen los datos meteorológicos. Por ejemplo, cambios de instrumental, de observador, mantenimiento y calibración de los instrumentos, novedades de la estación, etc.

**Datos de identificación** - Determinación de las coordenadas (latitud y Longitud, redondeada al minuto más próximo) mediante un GPS. Determinación de la elevación. Asignación de un código dentro del catálogo nacional de estaciones meteorológicas. Apertura de la carpeta con los antecedentes, mapas de acceso, descripción del instrumental, datos del observador, etc. Inscripción en la correspondiente Red específica (Sinóptica, climatológica, de altura, etc.)

**El Catálogo:** Es el instrumento mediante el cual se presenta de forma organizada, la información relacionada con la red estaciones Meteorológicas de Colombia. Básicamente la información está relacionada con el código asignado a las estaciones, el tipo de estación, el nombre de la estación, la cuenca hidrográfica a la cual pertenece, el departamento y el municipio donde se haya localizada, las coordenadas geográficas y la elevación respecto al nivel medio del mar, la entidad a la cual corresponde y el área operativa (IDEAM).


## 5.2 INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS

Los instrumentos son una herramienta vital dentro de la actividad meteorológica, que permite cuantificar los parámetros meteorológicos bajo normas específicas, facilitando su medición, estudio y comparación. Los elementos que se miden con instrumentos son la radiación solar, la duración de la Insolación, las temperaturas de agua, aire y suelo, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del Viento, la Evaporación, la Humedad del aire, la altura de la base de las nubes y la precipitación.

**Instrumentos Patrones:** son instrumentos especiales que nos permiten conocer el "Valor Exacto" de la variable meteorológica. No necesitan otro instrumento para contrastarlos o calibrarlos, pues su exactitud se comprueba por medio de una experiencia en la que interviene la ley física que le dio origen.

**Instrumentos Comunes (convencionales):** Son aquellos que "No dan el Valor Exacto" de la variable, por lo cual deben ser contrastados y calibrados con los instrumentos patrones, es decir,



 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 9 de 59

para cada instrumento común debemos determinar el error que él comete.

**Bloques funcionales de los instrumentos Meteorológicos:** Se consideran tres bloques fundamentales: a) El sensor (tanto para instrumentos analógicos como digitales), es la parte funcional del instrumento; una propiedad física del sensor varia con los cambios de la variable medida, produciendo una “señal”; b) El convertidor de señales, el cual transforma la señal del sensor en una forma apropiada para ser leída o registrada y c) La presentación, a través de la cual es posible ver la señal en una escala (analógica) o en forma numérica (digital), una vez transformada y dispuesta en forma perceptible para el operador humano.

**Métodos de registro de mayor importancia en Meteorología** – a) Tinta sobre papel (plumilla entintada sobre una banda de papel); b) Pluma inscriptora sobre papel encerado (punta afilada sobre una banda de papel encerado) y c) Registro en papel electrosensible (corriente eléctrica por un electrodo puntual sobre papel electrosensible).

**Tambores registradores** - Las dos combinaciones posibles de estos elementos son las siguientes: a) El mecanismo de relojería va fijo al instrumento (solo gira el tambor). Con este sistema, existe menos riesgo de deteriorar el reloj; b) El mecanismo de relojería va fijo en el interior del tambor (gira con él). La marcha de los relojes debe ser ajustada por medio del regulador para que la velocidad de rotación se ajuste a la graduación horaria de las bandas.


**Fajas (bandas) de registro** - Las líneas que indican el tiempo sobre la banda tienen forma de arco de círculo; la separación de las líneas curvas que aparecen en sentido vertical sobre el diagrama son función de la velocidad de rotación del tambor. Las líneas horizontales representan los valores del elemento que se mide y su separación viene determinada por la amplitud del movimiento de la plumilla.

### 5.2.1 INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA

Son todos aquellos que no inscriben las mediciones en una faja de papel; por lo general, son más precisos pero cada medición requiere de una lectura. Las mediciones meteorológicas directas se hacen por medio de instrumentos que tienen sus sensores ubicados en el punto de medición. Entre los más convencionales están los termómetros, higrómetros, barómetros, anemómetros, etc.

Los instrumentos meteorológicos directos pueden usarse para la medición de variables a cierta distancia del observador, siendo entonces llamados instrumentos meteorológicos de lectura a distancia. Si a la salida de los datos de los instrumentos meteorológicos directos se usa un enlace de radio para su retransmisión al observador, esos instrumentos son llamados instrumentos de telemedida.

Todos los instrumentos de medición directa, según la forma en que indican la información, se clasifican en dos categorías: Analógicos y Digitales. El instrumento Analógico da una indicación de la cantidad medida en una forma analógica continua (analógica = salida similar o análoga a la forma de entrada). Un termómetro común es un instrumento analógico típico de medición de temperatura. El valor de la cantidad medida se efectúa con una precisión que depende de la graduación de la escala del indicador. En la práctica se considera que la precisión de lectura está limitada a la mitad de una división de la escala. El valor analógico de la cantidad medida puede

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 10 de 59

ser registrado sobre papel adecuado en forma gráfica, en función del tiempo.

El instrumento Digital proporciona una representación del valor de la cantidad medida en una forma numérica discreta. El valor numérico de la variable medida es indicado sobre una presentación digital. Este valor numérico también puede ser impreso sobre una faja de papel, mediante un dispositivo de impresión digital.

### 5.2.2 INSTRUMENTOS DE LECTURA INDIRECTA

Las mediciones meteorológicas indirectas se efectúan mediante uso de ondas, sean éstas sónicas o electromagnéticas. Los instrumentos meteorológicos usados, llamados indirectos, generalmente miden a distancia. Ejemplos de instrumentos o sistemas de medición indirecta son: los radares acústicos, los lidars (radares por rayos luminosos), los radiómetros infrarrojos, los radares de impulsos y efecto Doppler. Los instrumentos de medición indirecta abren nuevas perspectivas de perfeccionamiento en las mediciones.


### 5.2.3 REQUISITOS QUE DEBE SATISFACER INSTRUMENTAL METEOROLÓGICO

1. Exactitud: Se reconoce esta característica en un instrumento cuando su respuesta es compatible con la escala de su patrón de comparación y la respuesta es reproducible. Cuanto más exacto sea un instrumento más próximos estarán los resultados de la medición al “valor verdadero” de la cantidad medida.
2. Sensibilidad – Es la relación existente entre la variación de la salida a la variación de la entrada.
3. Especificidad de respuesta – Cuando es insensible a todas las variables, excepto a aquella para la que fue concebido.
4. Linealidad de la respuesta – Cuando su salida es una función lineal de su entrada (“la curva de calibración” es una recta)
5. Confiabilidad – Lo ideal es que los instrumentos meteorológicos funcionen con una proporción de fallas tan baja como sea posible.

### 5.2.4 CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTAL

Procedimiento para establecer una relación entre la indicación producida por la respuesta del instrumento y el valor de la señal impulsora o, en su caso, el valor autentico obtenido por otros métodos. Es importante considerar los siguientes aspectos:

1. El resultado de una calibración permite estimar los errores de indicación del instrumento o la asignación de intervalos en escalas arbitrarias.
2. Una calibración puede determinar también otras propiedades metrológicas.
3. El resultado de una calibración puede registrarse en un documento, denominado certificado

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 11 de 59

de calibración o informe de calibración.


4. El resultado de una calibración se expresa a veces como factor de calibración o como una serie de factores de calibración, en forma de una curva de calibración.

Las calibraciones iniciales de los instrumentos revelan desviaciones del resultado ideal, por lo que es preciso efectuar correcciones en los datos observados durante las operaciones normales. Es importante conservar las correcciones con los instrumentos en el emplazamiento de observación y dar a los observadores indicaciones claras sobre su uso.

### 5.2.5 PATRONES DE COMPARACIÓN

Con el término "patrón" se conocen diversos instrumentos, métodos y escalas utilizados para determinar la exactitud de las mediciones. Los organismos internacionales especializados han elaborado algunas definiciones:


1. Patrón - medida material, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición utilizado para definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud con el objeto de utilizarlos de referencia.
2. Patrón Internacional - patrón reconocido mediante un acuerdo internacional a fin de que sirva internacionalmente de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud de que se trate.
3. Patrón Nacional - patrón reconocido mediante decisión nacional a fin de que sirva de base en un país para asignar valores a otros patrones de la misma magnitud.
4. Patrón Primario - patrón designado o reconocido ampliamente como poseedor de las mayores calidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.
5. Patrón Secundario - patrón cuyo valor se asigna por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.
6. Patrón de Referencia - patrón que tiene generalmente la más alta calidad metrológica de que se dispone en un lugar dado o en una organización dada, del que se derivan mediciones realizadas allí.
7. Patrón de Trabajo - patrón utilizado rutinariamente para calibrar o comprobar medidas materiales, instrumentos de medición o materiales de referencia.
8. Patrón Itinerante - patrón, a veces de una construcción especial, destinado al transporte entre diferentes lugares.

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 12 de 59

### 5.2.6 ALTURA PARA LA INSTALACIÓN DE ALGUNOS INSTRUMENTOS

Estas son algunas de las alturas de los instrumentos, recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial "O.M.M" y aplicadas en Colombia.

- Anemómetro: Instalado sobre un (tubo) mástil de 1½" galvanizado, empotrado en una base de concreto, altura del eje de las cazoletas al piso 2 metros.
- Actinógrafo: se fija sobre un (tubo) mástil de 1½" galvanizado empotrado en una base de concreto; altura de la base superior (marco especial para fijación del actinógrafo) al piso 1,20 metros.
- Heliógrafo: sobre un (tubo) mástil de 1½" galvanizado empotrado en una base de concreto; altura de la base superior (marco especial para fijación del heliógrafo) al piso de 1,20 metros.
- Piranómetro: sobre un (tubo) mástil de 1½" galvanizado empotrado en una base de concreto; altura de la base superior del mástil (marco especial para fijación del Piranómetro) al piso 1,20 metros.
- Pluviómetro: se instala dentro de una canastilla fijada a un (tubo) mástil de 1½" galvanizado empotrado en una base de concreto; altura del borde superior del pluviómetro (boca colectora) al piso 1,00 metro.
- Anemocinemógrafo: se instala en un (tubo) mástil de 4" galvanizado con pasos intermedios, sobre una caseta construida en material (ladrillo) según planos; la altura del eje de las cazoletas al piso es de 10 metros.
- Anemógrafo: sobre un (tubo) mástil de 4" galvanizado, con pasos intermedios empotrado en el piso a una base de concreto. Altura del eje de las cazoletas al piso 10,00 metros; sostenido por 3 cables acerados de ¼"(vientos) distribuidos a 120° cada uno.
- Pluviógrafo: se instala sobre una base de concreto con 3 pernos fundidos con contratuerca para posterior nivelación, altura según el instrumento mínimo 1 metro; mezcla 1:2:4 formaleta en madera pulida de 20 x 20 x 10 cm. Profundidad del hueco 30 cm.
- Barómetro-Barógrafo: todos los instrumentos de medición de la presión atmosférica deben ser instalados en oficinas en condiciones normales de operación (lo veremos en el capítulo de presión atmosférica).
- Lisímetro o Evapotranspirometro: por su construcción de diseño especial, se deben solicitar los planos y las especificaciones de construcción.
- Tanque de Evaporación tipo A: va sobre una plataforma en madera cuadrada de 1,30 m de lado en madera inmunizada a 15 cm de altura sobre la superficie del terreno desnudo, debe ser nivelada.
- Termógrafo, Higrógrafo, Sicrómetro, Termómetro de Extremas: Los instrumentos termométricos e higrométricos, utilizados en meteorología, deben estar dentro de una caseta,

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 13 de 59

protegidos de la radiación solar, de las corrientes fuertes del aire, de las precipitaciones, el hollín, los daños accidentales y con una ventilación adecuada para que indiquen los valores reales que circulan a su alrededor.

Muchos de los instrumentos registradores utilizados en meteorología son del tipo en que el movimiento de las partes es amplificado por un sistema de palancas, que mueven una plumilla sobre una gráfica (banda) adosada a un tambor accionado a un sistema de relojería. Estos instrumentos registradores deben estar lo más exentos posibles de fricción no solamente en los cojinetes, sino también entre la plumilla y el papel, además deben compararse frecuentemente con instrumentos de lectura directa.

En caso de no tener un instrumento patrón, definimos el “valor más probable” por medio de una serie de mediciones, calculando su error; este valor así definido lo podemos considerar exacto para un fin determinado.

### **5.2.7 ERRORES DEL INSTRUMENTO**


Los errores de los instrumentos son de dos clases; por una parte los “Sistemáticos” que son aquellos que pueden conocerse en forma práctica, es decir realizando un experimento que permita trazar la curva de calibración o aplicando la ley teórica que los provocó y estudiando el fenómeno físico que intervino, por ejemplo, la dilatación del mercurio por efecto de la temperatura en el caso de los barómetros. Por otra parte los llamados errores “Instrumentales” que se presentan por la incertidumbre en la ley de la variación del elemento sensible o por problemas mecánicos, por los juegos muertos producidos en los desgastes de las partes mecánicas que pueden ocasionar un cambio en el factor de amplificación o por el rozamiento, que puede ser de tal magnitud que la variación del elemento sensible no puede vencerlo. Los juegos muertos y el rozamiento son la causa de los errores de toda transmisión mecánica, y existen aún cuando la construcción sea perfecta.

### **5.2.8 CUIDADO GENERAL DE LOS INSTRUMENTOS EN LA ESTACIÓN**

Es lo más importante aunque, debido a que los instrumentos permanecen por largos periodos en funcionamiento y expuestos a las inclemencias del tiempo, los observadores no les prestan la atención adecuada, con el agravante de que no son atendidos periódicamente por personal autorizado.

Dentro de las funciones que desempeñan los inspectores es recomendable tener en cuenta que los instrumentos sean cómodos de calibrar (ajuste) en la estación; que mediante el accionamiento de tornillos de fácil identificación y en los demás ajustes que se requieran se utilicen las herramientas apropiadas, evitando de esta manera tentativas de ajuste sin conocer los perjuicios que puedan acarrear

Las partes metálicas de los instrumentos registradores deben mantenerse libres de salpicaduras de tinta, suciedad y óxido; las salpicaduras de tinta se absorben con papel secante y se ablandan con agua tibia en una solución de jabón, en casos extremos con alcohol. El óxido se disuelve con Kerosén y se limpia con un trapo, o se aplica un baño en aerosol de un antioxidante y se limpia

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 14 de 59

unos minutos más tarde. Nunca lijar los sensores especialmente los bimetales del termógrafo

### 5.2.9 TRANSPORTE DE INSTRUMENTOS

La principal falla de los instrumentos radica en el transporte y embalaje. Es muy importante tener en cuenta empacarlo adecuada y técnicamente dentro de un contenedor apropiado con paredes acolchonadas, para su desplazamiento o transporte normal resaltando los avisos de precaución (frágil, delicado, este lado arriba, etc.).

A continuación se relacionan algunas recomendaciones para el embalaje de los instrumentos:

Los relojes y tambores de reloj deben ser empacados separadamente en cartón corrugado, el sistema de escape frenado o preferiblemente con la cuerda agotada.

Los brazos porta plumillas deben estar separados del reloj y fijados en la barra separadora del brazo porta plumilla. Hay algunos instrumentos, especialmente los Higrógrafos, termógrafos, termo Higrógrafos que vienen provistos de un sistema (gancho) de fijación del brazo porta plumilla para el transporte. En caso de no tenerlo se debe fijar el brazo a la barra separadora con un hilo fino.

*Las ventanas de vidrio o plástico transparente* deben ser protegidas con papel corrugado y fijarse con cuñas plásticas para evitar vibraciones.

*Las plumillas* preferiblemente deben ir por separado y no fijas en el instrumento. Si es metálica debe estar limpia y si es del tipo de tinta seca (desechable), se debe proteger la punta.

Las partes móviles como flotador de pluviógrafos, haz de cabellos del hidrógrafo, brazos porta plumillas, etc. no relacionadas con el elemento sensible, deben ser sujetadas con correas (amarre plástico) con el fin de evitar que se desenganchen y cause daños a las demás partes del instrumento.


*En los equipos de viento* como anemómetros, anemógrafos y anemocinemografo, las cazoletas y la aleta direccional deben ir por separado, desarmadas y empacadas en forma independiente con las instrucciones de ensamblaje para su posterior instalación en la estación. El tipo de empaque de los instrumentos debe estar en relación con el tamaño del instrumento, distancia y lugar a donde debe ser transportado, tipo o clase de transporte a utilizar, condiciones de almacenamiento y manipulación.

### 5.3 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Se entiende como estación meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de las diferentes variables meteorológicas, usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.

En una estación que realiza observaciones de superficie se observan los siguientes elementos: tiempo presente, tiempo pasado, dirección y velocidad del Viento, Nubosidad, tipo de nubes, altura de la base de la nube, Visibilidad, Temperatura del aire y del suelo, Humedad relativa del aire y del suelo, Presión atmosférica, Precipitación, Evaporación, Radiación y Brillo Solar.




 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 15 de 59



### 5.3.1 TIPOS DE ESTACIÓN

Dependiendo de los propósitos para los cuales se instalan, las estaciones meteorológicas se clasifican de la siguiente manera, con base en normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y en los criterios del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)


- Estaciones Climatológicas - Son aquellas en las cuales se obtienen datos meteorológicos de una calidad y duración tales que permitan describir o explicar el clima de una región. En función del objetivo que se persiga, las estaciones se dividen en dos grandes tipos: Principales y Ordinarias.
- Estación Climatológica Principal (CP) - Es aquella en la cual se hacen observaciones de precipitación, temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima a 2 metros, humedad, viento, radiación, brillo solar, evaporación, temperaturas extremas del tanque de evaporación, cantidad de nubes y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores.
- Estación Climatológica Ordinaria (CO) - Es aquella en la cual se hacen observaciones de precipitación, temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima a 2 metros y humedad primordialmente. Poseen muy poco instrumental registrador. Algunas llevan instrumentos adicionales tales como tanque de evaporación, heliógrafo y anemómetro.
- Estaciones Sinópticas - Estación básica para el seguimiento, diagnóstico y pronóstico del tiempo. En esta estación se realizan observaciones y mediciones horarias de la temperatura, humedad, presión atmosférica, vientos, precipitación y fenómenos atmosféricos principalmente.. De acuerdo con la calidad, frecuencia y representatividad de las observaciones, esta categoría de estaciones meteorológicas se divide en dos grandes tipos: Principales y Secundarias.
- Estación Sinóptica Principal (SP) - En este tipo de estación se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 16 de 59

toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección, velocidad y recorrido de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, humedad, precipitación, temperaturas extremas, capas significativas de nubes y secuencia de fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.

- Estación Sinóptica Secundaria(SS) - Al igual que en la estación sinóptica principal , las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad del aire, presión y viento. Poseen relativamente poco instrumental registrador. Algunas llevan instrumentos adicionales tales como tanque de evaporación, heliógrafo y anemómetro.
- Estaciones Pluviométricas - Las estaciones pluviométricas están destinadas a la medición de la precipitación con una calidad y frecuencia tal que sea posible hacer un reconocimiento de las lluvias a nivel climático de una región o localidad. Según el instrumental instalado, se clasifican en pluviométricas y pluviográficas
- Estación Pluviométrica (PM) - Es una estación meteorológica donde se mide con instrumentos de lectura directa (pluviómetro) la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas, con una frecuencia normal de una vez al día (07 HLC).
- Estación Pluviográfica (PG) - Es aquella que registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia.. El Pluviógrafo, registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.
- Estaciones Agrometeorológicas (AM) - En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otras observaciones que ayudan a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (5, 10 y 20 cm sobre el suelo)
- Estación de Radiosonda (RS) - La estación de radiosonda tiene por finalidad la medición directa de parámetros atmosféricos tales como temperatura del aire, presión atmosférica, humedad relativa y dirección y velocidad del viento en las capas altas de la atmósfera (tropósfera y baja estratósfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente y que lleva un dispositivo con los sensores que miden y transmiten la señal con los datos.
- Estación Mareográfica (MM) - Estaciones para observación del estado del mar. Mide nivel, temperatura y salinidad de las aguas marinas. Se incluyen en la categoría de estaciones meteorológicas especiales.




 <b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y          MANTENIMIENTO DE ESTACIONES          METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 17 de 59

- Estaciones Meteorológicas automáticas - La mayoría de las variables requeridas para fines sinópticos, climatológicos o aeronáuticos pueden medirse con instrumentos automáticos. A medida que aumentan las capacidades de los sistemas automáticos, también lo hace constantemente la relación entre las estaciones meteorológicas meramente automáticas y las estaciones meteorológicas dotadas de observadores (con instrumentos automáticos o sin ellos). Los requisitos exigidos sobre el emplazamiento y la exposición, los cambios de instrumentos y la inspección y el mantenimiento se aplican igualmente a las estaciones meteorológicas automáticas.

Como referencia, en la siguiente tabla se relacionan los instrumentos meteorológicos que se instalan en los diferentes tipos de estaciones consideradas anteriormente:

**Tabla 1. Instrumentos meteorológicos instalados de acuerdo al tipo de estación meteorológica**

<b>Instrumentos</b>	<b>SP</b>	<b>SS</b>	<b>CP</b>	<b>CO</b>	<b>AM</b>	<b>PG</b>	<b>PM</b>
Pluviómetro	x	x	x	x	x	x	x
Pluviógrafo	x	x	x	x	x	x	
Sicrómetro y T. Extremas	x	x	x	x	x		
Higrógrafo	x		x		x		
Termógrafo	x		x		x		
Anemógrafo	x	x	x		x		
Anemómetro			x		x		
Heliógrafo	x		x		x		
Actinógrafo	x		x		x		
Tanque de Evaporación			x		x		
Barómetro	x	x					
Microbarógrafo	x	x					
Rociografo					x		
Extremas 5 y 10 cms.					x		

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 18 de 59

Geotermómetro 5 cms.					x		
Geotermómetro 10 cms.					x		
Geotermómetro 20 cms.					x		
Geotermómetro 30 cms.					x		
Geotermómetro 50 cms.					x		
Geotermómetro 100 cms.					x		
Lisímetro					x		


### 5.3.2 GARITA METEOROLOGICA

La caseta o garita Meteorológica está diseñada de tal manera que permite eliminar los efectos de la radiación solar directa y el tiempo atmosférico adverso sobre los instrumentos. Adicionalmente, debe minimizar los efectos de la intemperie sobre los instrumentos y asegurar iguales condiciones meteorológicas que las del aire exterior. Existen numerosas variedades de casetas, cuyas características más importantes, son:

1. Elaboradas en material de baja conductividad térmica.
2. Ventilación natural.
3. Tamaño que garantice temperatura interior igual a la del aire exterior.
4. Persiana doble que permita buena ventilación y minimice los efectos del calor radiante.
5. Protección contra radiación y el tiempo adverso.
6. Cubierta superior de doble capa, con espacio de ventilación entre ambas.
7. Pintura blanca no higroscópica (interior /exterior).
8. Altura que permita que los bulbos termométricos estén entre 1.25 y 2 metros.

### 5.3.3 INSPECCION DE LAS ESTACIONES

Las estaciones sinópticas y climatológicas principales deben inspeccionarse al menos una vez cada dos años. Las estaciones meteorológicas agrícolas y las estaciones especiales deben inspeccionarse a intervalos suficientemente cortos para garantizar la calidad de las observaciones, así como el correcto funcionamiento de los instrumentos.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 19 de 59


### 5.3.3.1 Supervisores e inspectores meteorológicos

Son aquellos funcionarios del IDEAM cuya misión es la de visitar con frecuencia las estaciones meteorológicas a fin de ayudar a garantizar la calidad de las observaciones y el correcto funcionamiento de los instrumentos y de la estación en general. Los objetivos principales de las visitas de supervisión o inspección son:

1. Registrar el estado de la estación y cualquier cambio o hecho especial que debe constar en la historia de la misma.
2. Verificar que el emplazamiento y la exposición de los instrumentos correspondan a los protocolos establecidos para tal efecto.
3. Verificar que los instrumentos sean del tipo apropiado, estén en buen estado y sean contrastados regularmente con sus instrumentos patrón.
4. Determinar la existencia de todos los errores instrumentales, de instalación y otros defectos y tomar las medidas necesarias para corregirlos.
5. Verificar que exista uniformidad en los métodos de observación y en los procedimientos para el cálculo de cantidades derivadas de las observaciones.
6. Instruir y alentar al observador meteorológico.
7. Revisar las técnicas de observación y comprobar que las instrucciones dadas fueron entendidas y aplicadas correctamente; en caso de ser necesario se debe realizar una reinstrucción al observador.
8. Verificar preliminarmente la calidad de la información meteorológica; detectar y eliminar las fuentes de error en las observaciones.
9. Comprobar que los observadores cumplen correctamente con las tareas asignadas.
10. Dar el mantenimiento adecuado a las estructuras, al equipo y en general al jardín meteorológico.
11. Suministrar oportunamente la papelería e insumos requeridos para la buena marcha de la estación.
12. Retirar periódicamente la información meteorológica.
13. Retirar el instrumental dañado y el que debe ser enviado al laboratorio para su calibración.
14. Verificar que los observadores sean competentes para realizar sus tareas.

### 5.3.3.2 Mantenimiento del emplazamiento y de los instrumentos

El emplazamiento y los instrumentos de observación deben recibir un mantenimiento regular

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 20 de 59

para evitar un deterioro significativo de la calidad de las observaciones, entre la inspección de las estaciones. Los programas de mantenimiento periódico (preventivo) comprenden el cuidado regular de los emplazamientos de observación (por ejemplo, corte de la hierba y limpieza de las superficies de los instrumentos expuestos), así como la revisión de los instrumentos automáticos.

La verificación rutinaria del control de calidad realizada en la estación debe concebirse de manera que las fallas del equipo se detecten lo antes posible. Según la naturaleza de la avería y de la estación, el equipo deberá sustituirse o repararse con arreglo a las prioridades y a la periodicidad convenidas. Es importante llevar un registro de las averías de los instrumentos.

#### **5.4 Redes Meteorológicas**

Una red meteorológica es un conjunto de estaciones, convenientemente distribuidas, en las que se observan, miden y/o registran los diferentes fenómenos y elementos atmosféricos que son necesarios en la determinación del estado del tiempo y el clima en una región, para su posterior aplicación a diversos usos y objetivos.


El espaciamiento óptimo de las estaciones debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. Los costos de instalación deben estar en función del objetivo para el cual serán utilizados los datos.
2. La variabilidad temporal y espacial de los fenómenos que han de analizarse. En relación con este punto, la OMM clasifica las escalas horizontales de los fenómenos meteorológicos, así:
  - a) Pequeña escala (menos de 100 Km.); por ejemplo, tormentas, vientos locales, tomados;
  - b) Mesoescala (100 a 1.000 Km.), por ejemplo, frentes y formaciones de nubes;
  - c) Gran escala (1.000 a 5.000 Km.); por ejemplo, depresiones y anticiclones;
  - d) Escala planetaria (más de 5.000 Km.); por ejemplo, ondas largas en la troposfera superior.
3. La naturaleza de la topografía de la región donde la red ha de establecerse. Una estación situada en terreno accidentado o en la costa, probablemente no sea representativa en gran escala o mesoescala. Sin embargo, incluso en estaciones no representativas, la homogeneidad de las observaciones en el tiempo puede permitir a los usuarios emplear eficazmente los datos.

##### **5.4.1 TIPOS DE REDES**

Por su importancia, se destacan algunas de las redes que conforman la red Meteorológica Nacional.

*Red Pluviométrica:* Es la red de mayor cubrimiento a nivel nacional compuesta por estaciones

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 21 de 59

donde se hace la medición de la precipitación con registros continuos (pluviógrafos) o por lectura una vez al día (pluviómetros).

*Red Climatológica:* Esta red la componen las denominadas estaciones climatológicas en las cuales se miden, además de la precipitación, otras variables meteorológicas como la temperatura, las características de humedad del aire, el brillo solar, el viento (dirección, recorrido y velocidad) y la evaporación, con el propósito de obtener las variables usadas para el seguimiento y estudio del clima. En las estaciones climatológicas se toman datos tres veces al día y/o se registran continuamente.

*Red Agrometeorológica:* Las estaciones se encuentran distribuidas en zonas agrícolas y localizadas dentro de granjas experimentales o institutos de investigación aplicada, dedicados a la agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura y edafología.

*Red Sinóptica:* Es la red básica para el seguimiento, diagnóstico y pronóstico del tiempo; las estaciones sinópticas están localizadas principalmente en los aeropuertos del país. En estas estaciones se realizan observaciones y mediciones horarias de la temperatura, humedad, presión atmosférica, vientos, precipitación y fenómenos atmosféricos principalmente. Para el diagnóstico y pronóstico del tiempo es necesario realizar el seguimiento de los procesos de escala sinóptica (escala espacial del orden de los 1000 kilómetros y temporal de 3 a 5 días).

*Red Aerológica o de Radio Sonda:* Los 5 puntos previstos para hacer mediciones de las variables meteorológicas a diferentes alturas en la atmósfera por medio de radiosondeos constituyen la red aerológica colombiana y opera en San Andrés, Bogotá, Leticia, Riohacha y Puerto Carreño.

*Red Mareográfica:* tiene como objetivo hacer el seguimiento del nivel, la temperatura superficial, la salinidad y algunos otros parámetros físicos del mar. Los mareógrafos del Pacífico apoyan el Programa del Estudio Regional del Fenómeno El Niño - ERFEN y junto con los mareógrafos del Caribe forman parte de la red mundial de seguimiento y vigilancia del nivel del mar.

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 22 de 59

## 5.5 TEMPERATURA DEL AIRE

Se refiere a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor. Físicamente es una magnitud escalar dada por una función creciente del grado de agitación de las partículas de los materiales; a mayor agitación, mayor temperatura. La temperatura puede interpretarse igualmente como la medida del estado térmico de una sustancia con respecto a su habilidad de intercambiar calor a su alrededor. En términos generales, la temperatura del aire es la medida de la energía cinética media (nivel de agitación) de las moléculas del aire alrededor del termómetro.

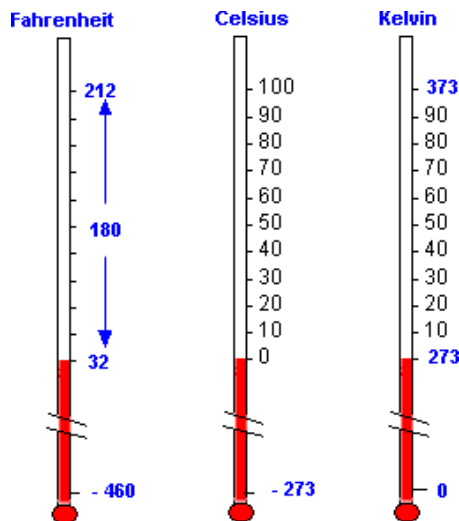
### 5.5.1 ESCALAS Y UNIDADES DE MEDICIÓN


La temperatura del aire se mide en grados de la escala Celsius (°C) y se reporta con décimas de grados. Esta escala internacional de temperatura emitida en 1948, fue definida por la lectura de un instrumento patrón, mediante el cual es posible obtener, de manera uniforme y reproducible, interpolaciones entre el punto de fusión del hielo (0 °C) y el punto normal de ebullición del agua (100 °C).

La escala de temperatura absoluta (°K) se define asignando la temperatura de 273.16 °K al punto triple del agua pura, también llamada escala de temperatura Kelvin o escala absoluta.

Para realizar la conversión entre distintas escalas de temperatura se aplican las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Kelvin (°K) a Celsius (°C)} \quad & \text{°C} = \text{°K} - 273.16 & \text{Celsius (°C) a Fahrenheit (°F)} \quad & \text{°F} = (9/5) \times \text{°C} \\ \text{+ 32 Fahrenheit (°F) a Celsius (°C)} \quad & \text{°C} = (5/9) \times (\text{°F} - 32) \end{aligned}$$



	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 23 de 59

### 5.5.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN

Se realizan observaciones instrumentales con Psicrómetros (termómetro seco para temperatura media), Termómetros de mercurio para la temperatura máxima y Termómetros de alcohol para la temperatura mínima. Se realizan registros instrumentales con Termógrafos bimetalicos, Termocuplas y Termohigrógrafos.

Estaciones Sinópticas:

Temperatura del aire en superficie: lecturas horarias (de acuerdo con las horas de operación) y registro continuo diario mediante Termógrafos.

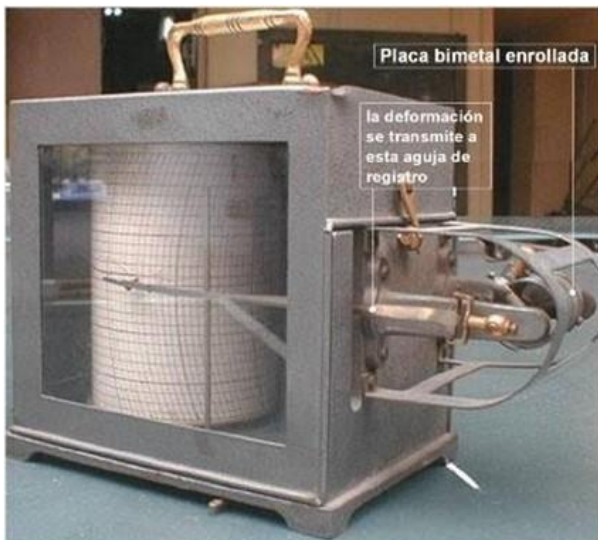
Temperatura mínima del aire en superficie: lectura a las 07 HLC Temperatura máxima del aire en superficie: lectura a las 19 HLC

Estaciones Automáticas:

Temperatura del aire en superficie: registro horario y continuo (de acuerdo con las horas de operación)

Temperatura mínima del aire en superficie: registro valor y hora Temperatura máxima del aire en superficie: registro valor y hora

### 5.5.3 TERMÓGRAFO




Para obtener un registro continuo de la temperatura del aire, se utiliza generalmente el termógrafo, el cual se instala dentro de una caseta similar a la caseta termométrica.

El termógrafo es un instrumento utilizado para obtener un registro continuo de la temperatura del aire, el cual se instala dentro de una caseta similar a la caseta termométrica. El elemento sensible consta de dos tiras metálicas soldadas una encima de la otra y en general arrolladas en forma de semiluna o en espiral. Dispone de un brazo que está fijo al sistema de amplificación de tal forma que la pluma roza lo menos posible sobre el diagrama, tocando la banda que rodea al tambor y dejando sobre el papel un trazo fino y regular

Gráfica del Termohigrógrafo - Esta gráfica sirve para indicar la temperatura y humedad relativa. En su parte superior se inscribe la temperatura en grados Celsius (°C), teniendo una escala de graduada de -10 °C a 50 °C. En su parte superior van los días de la semana y cada día con sus horas. En la parte inferior se encuentra la gráfica de la humedad relativa en porcentaje (%) con una escala que va de 0 a 100%.



	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 24 de 59

## 5.6 PRESION ATMOSFERICA

La presión atmosférica es la (fuerza por unidad de área) ejercida por la atmósfera sobre cualquier superficie en virtud de su peso. La unidad de presión básica para las mediciones de presión atmosférica es el Pascal [Pa] (o newton por metro cuadrado). Es práctica aceptada añadir el prefijo "hecto" a esta unidad cuando se registra la presión con fines meteorológicos, lo que hace que el hectopascal [hPa], que equivale a 100 Pa, sea la denominación preferida. Esto obedece, en gran medida, a que 1 hectopascal (hPa) equivale a 1 milibar [mbar], la unidad utilizada anteriormente. Para medir la presión atmosférica se utiliza un barómetro.

Las escalas de todos los barómetros meteorológicos deberían estar graduadas en hPa. Muchos barómetros están graduados en "milímetros o pulgadas de mercurio en condiciones normales". Cuando resulte evidente por el contexto que prevalecen condiciones normales, se pueden utilizar las expresiones más breves "milímetro de mercurio" o "pulgada de mercurio". En esas condiciones normales, una columna de mercurio que tenga una altura a escala verdadera de 760 mm ejerce una presión de 1 013,250 hPa.

Entonces, se aplican los siguientes factores de conversión:

1 hPa 0,750062 (mm Hg)

1 (mm Hg) = 1,333224 hPa

1 Pa = 0,029 530 (in Hg)

1 (inch Hg) = 33,863 9 hPa


1 (mm Hg) = 0,039 37008 (in Hg)

### 5.6.1 TIPOS DE BARÓMETROS

#### 5.6.1.1 Barómetros de Mercurio

Es un instrumento en que la presión atmosférica esta equilibrada por la presión de una columna de mercurio. Esencialmente el barómetro de mercurio consiste en un tubo de vidrio montado verticalmente, cerrado en el tope, lleno con mercurio y teniendo su extremo inferior abierto sumergido en una cubeta semillena de mercurio. La presión atmosférica que actúa sobre la superficie abierta de mercurio en la cubeta, equilibra el peso de la columna de mercurio del tubo barométrico. El tubo es lo suficientemente largo como para permitir el cambio de altura de la columna de mercurio en función de las variaciones de la presión atmosférica. La altura de la columna de mercurio es medida por una escala fijada al tubo. Dado que la temperatura afecta tanto la columna de mercurio como a la escala, se agrega un termómetro a la escala del barómetro; las lecturas de temperatura se usan en la corrección de la temperatura de la presión. En las estaciones meteorológicas se utilizan varios tipos de barómetro de mercurio; entre los más utilizados cabe destacar el de Fortín y el de Cubeta fija.



 <p> <b>IDEAM</b>          Instituto de Hidrología,          Meteorología y          Estudios Ambientales       </p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y          MANTENIMIENTO DE ESTACIONES          METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 25 de 59

### 5.6.1.2 Barómetros Aneroides

Es un barómetro cuyo elemento sensible son una o más capsulas aneroides. Las principales ventajas de los barómetros aneroides convencionales, frente a los barómetros de mercurio, son su tamaño reducido, su durabilidad y su facilidad de transporte (al ser menos sensible a los golpes), que lo hacen especialmente adecuado para su utilización en el mar o sobre el terreno.

### 5.6.1.3 Barómetros aneroides digitales

Los barómetros aneroides digitales hacen uso del mismo sensor de presión de cápsula aneroides. La ventaja principal del instrumento digital moderno es que su cápsula no está influida por la fricción del convertidor de señales mecánico, lo que hace posible una exactitud superior y una mayor reproducibilidad de los resultados.

### 5.6.1.4 Barómetros digitales piezorresistivos

Las mediciones de la presión atmosférica han sido posibles gracias al efecto piezoeléctrico (piezorresistivo). En los barómetros piezorresistivos digitales se utilizan elementos de cuarzo cristalino colocados en el eje, que son transductores de la presión absoluta. Se ha elegido el cuarzo cristalino por sus propiedades piezorresistivas, su estabilidad de frecuencia, sus reducidos efectos de temperatura y sus características de frecuencia reproducibles con precisión. La presión aplicada en un puerto de entrada origina una fuerza axial ascendente a través de un fuelle flexible, que origina una fuerza de compresión sobre el elemento de cristal de cuarzo. Dado que este elemento es, en esencia, una membrana rígida, toda la estructura mecánica sufre deflexiones minúsculas, con lo que queda prácticamente eliminada la histéresis mecánica.


## 5.6.2 BARÓGRAFOS

Barómetro dotado de un dispositivo que registra continuamente la presión atmosférica. Un conjunto de cápsulas barométricas conectadas en serie son usadas como sensor de presión del barógrafo, capaz de imprimir una desviación mayor con la misma variación de presión. Un sistema de palancas puede amplificar la desviación por esto permite usar una faja de papel que registra una gama de valores de presión de 100 hPa y divisiones de escala de por lo menos 1 mm equivalente a 1 hPa. La faja de papel conocida como barograma tiene divisiones de escala de tiempo de 2 a 3 horas o de 10 a 15 minutos para gráficos semanales o diarios, respectivamente.



Fajas (bandas) de los Barógrafos - Se recomienda que las bandas de los barógrafos meteorológicos reúnan, para fines sinópticos, las siguientes condiciones:

1. Que estén graduadas en hPa.
2. Se puedan leer hasta una décima de hectopascal.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 26 de 59

3. Tengan un factor de escala de 10 hPa por cada 1,5 cm de banda.
4. El barógrafo utilice una unidad aneroide de primera clase.
5. El instrumento este compensado respecto de la temperatura, de modo que las lecturas no varíen en más de 1 hPa para un cambio de temperatura de 2 °K.
6. Los errores de escala no sean superiores a 1,5 hPa en cualquier punto.
7. La histéresis sea lo suficientemente pequeña como para asegurar que la diferencia entre lecturas efectuadas antes de un cambio de presión de 50 hPa y después de volver a su valor inicial, no exceda de 1 hPa.
8. Un sistema para marcar la hora que permita hacer marcas sin necesidad de levantar la cubierta del instrumento.
9. El brazo de la plumilla gire en un soporte cuyo eje esté inclinado, de forma que la plumilla se apoye sobre la banda por gravedad. Se suministrará un medio para ajustar la posición de la plumilla.



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

## MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019

PÁGINA: 27 de 59

### 5.7 HUMEDAD DEL AIRE

El término humedad se emplea para designar la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen dado de aire. Aunque el agua está presente en cantidades más o menos grandes en cualquier parte de la atmósfera, generalmente sucede que es invisible por encontrarse en estado de vapor. Sin embargo, de vez en cuando se condensa para formar nubes que proporcionan ciertas indicaciones sobre el tiempo atmosférico.

Esta agua o masa circundante entra a la atmósfera por los procesos de evaporación y de transpiración, y luego cae sobre la tierra en forma de precipitación, cerrando así el ciclo hidrológico.




Como se ha indicado, el aire contiene cantidades variables de agua en forma de vapor; a esto se le conoce como humedad atmosférica. La humedad del aire es la concentración de vapor de agua en el aire, es decir, la cantidad o el número de moléculas de vapor de agua por unidad de volumen de aire. Puede oscilar entre 0 y 4% del volumen. Esta amplia variación se debe a que el agua puede presentarse, a las temperaturas habituales del planeta, en los tres estados.

#### 5.7.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN

##### 5.7.1.1 Teoría del psicrómetro

El método sencillo, práctico y más preciso para medir la humedad consiste en utilizar el instrumento llamado psicrómetro. Se compone básicamente y esencialmente de dos termómetros colocados uno al lado del otro; uno de ellos mide la temperatura ambiente del aire y el otro la

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 28 de 59

temperatura del termómetro húmedo.



**Psicrómetro August**

La teoría del psicrómetro consiste en:

- a. Un medidor de temperatura
- b. Se coloca una película de agua en el bulbo del termómetro húmedo
- c. Se hace incidir una corriente de aire de velocidad ( $v$ ), en un tiempo ( $t$ ) y la existencia de una relación de mezcla ( $r$ ); habrá evaporación hasta llegar a la saturación de la película
- d. Para que se realice el proceso de evaporación debe haber entrega de calor al agua, o sea desprendimiento de calor latente del bulbo húmedo.
- e. Por lo tanto si existe pérdida de calor, la temperatura tendrá un descenso, lo que generará una temperatura inferior a la temperatura del termómetro seco dependiendo del grado de humedad existente en el ambiente y, entre más seco el ambiente, será más baja la temperatura del húmedo, lo que permitirá una diferencia mucho mayor entre las temperaturas ambiente y húmeda. Por lo tanto, si el ambiente se encuentra con alta humedad la diferencia será mucho menor entre estas dos temperaturas.

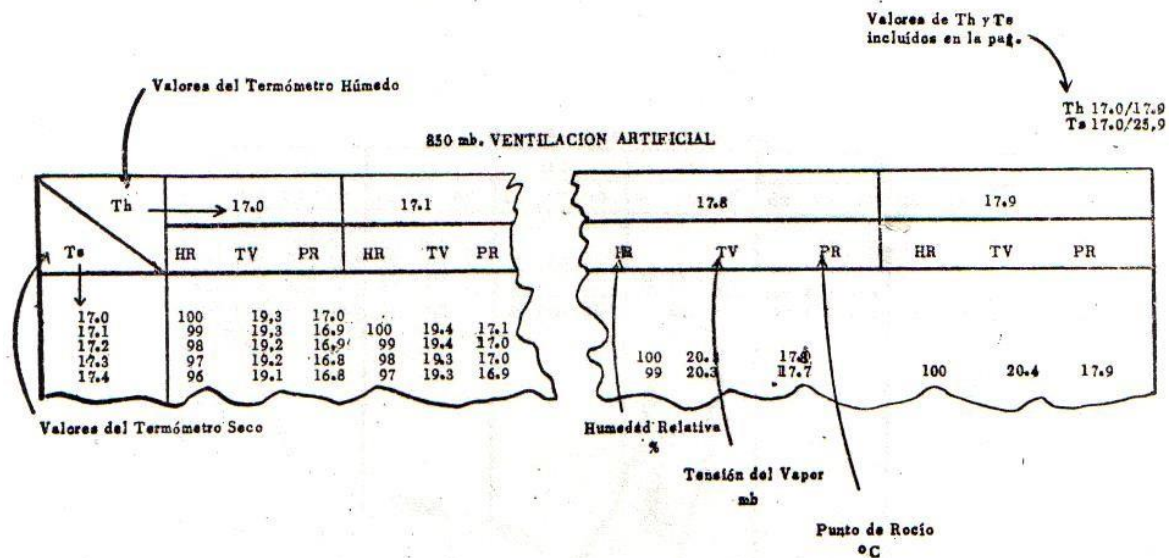
El termómetro seco y el termómetro húmedo constituyen el llamado psicrómetro.

### 5.7.1.2 Tablas psicrométricas

Son tablas preparadas con ayuda de la fórmula psicrométrica y utilizadas para obtener la presión de vapor, la humedad relativa y el punto de rocío a partir de las temperaturas indicadas por los termómetros seco y húmedo. Cuando las temperaturas de los termómetros seco y húmedo han sido leídas, se puede calcular la tensión del vapor, punto de rocío y la humedad relativa por medio de las tablas psicrométricas. Por ello, es necesaria la utilización de la tabla que corresponde al rango de acuerdo con la correspondiente elevación donde se ubique la estación meteorológica, y además, tener en cuenta por otra parte si el psicrómetro es de ventilación natural o ventilación artificial. Por ningún motivo se realizarán cálculos si no se cumplen las condiciones anteriores.

En el caso del psicrómetro simple, colocado en la garita meteorológica, se considera generalmente que la velocidad media verdadera del aire que pasa por los depósitos es del orden de 1 a 1,5 m/seg. En el psicrómetro Assmann la velocidad correspondiente es de 2,4 m/seg.

Cuando la temperatura del termómetro húmedo es inferior al punto de congelación, deben emplearse dos tablas diferentes según que el depósito del termómetro húmedo esté cubierto de hielo o de agua subfundida.







Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y  
MANTENIMIENTO DE ESTACIONES  
METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

VERSIÓN: 1


FECHA: 12/11/2019

PÁGINA: 30 de 59

850 mb VENTILACION ARTIFICIAL

Th	21.0			21.1			21.2			21.3			21.4			21.5	
	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV	PR	HR	TV
21.0	100	24.8	21.0														
21.1	99	24.8	20.9	100	24.9	21.0											
21.2	98	24.7	20.9	98	24.9	21.0	100	25.0	21.1								
21.3	97	24.6	20.9	98	24.8	21.0	99	25.0	21.1	100	25.3	21.3					
21.4	96	24.6	20.8	97	24.8	20.9	98	25.0	21.1	99	25.2	21.2	100	25.4	21.4		
21.5	96	24.5	20.8	96	24.7	20.9	98	24.9	21.0	98	25.1	21.2	99	25.4	21.3	100	25.6

DIA		HLC	MAS O MENOS	MINIMA DE MAXIMA	TERMOMETRO			TERMO-GRADO	HIGRO-GRADO	FENOMENOS							LECTURAS A LAS 07 HLC			
DIA		HLC	MAS O MENOS	MINIMA DE MAXIMA	SECO	SECO	HUMEDO	TERMO-GRADO	HIGRO-GRADO	LLUVIA	GRANIZO	HELADA	BRUMA	NEBLINA	NEBLINA ELECTROICA	NEBLINA ELECTROICA	NEBLINA ELECTROICA	LLUVIA	EVAPORACION	RECORRIDO
17	07		-60	10.6	10.2					2			X					0.0		2032.32
	13		00	16.6	19.8					3										
	19		-60	17.4	13.0	12.4				3			X							
18	07		-60	6.8	7.2	7.0				2			X					0.0		2194.99
	13		00	15.4	19.6					2										
	19		-60	19.4	14.8	14.4				3										
19	07		-60	2.8	4.6	3.7				2			X	X				0.0		2326.19
	13		00	19.6	6.2					2										
	19		-60	20.2	14.8	8.0				2										
20	07		-60	2.2	3.6	3.6				2			X					0.0		2449.82
	13		00	17.4	19.6					1										
	19		-60	19.8	4.6	10.4				1										
21	07		-60	4.2	7.6	7.4				3			X					0.0		2592.45
	13		00	17.2	16.4															
	19		-60	19.4	14.2	14.0				2			X							
22	07		-60	5.8	6.2	6.2				3			X					0.0		2692.70
	13		00	16.8	9.8					2										
	19		-60	18.6	14.2	11.6				2										
23	07		-60	3.6	3.4	3.5				1			X					0.0		2822.32
	13		00	12.4	12.6					2										
	19		-60	19.6	14.0	12.0				2										
24	07		-60	6.8	7.4	7.2				1			X					0.0		2978.60
	13		00	12.4	13.2					2										
	19		-60	14.2	15.2	13.4				2										

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 31 de 59

## **5.7.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y REGISTRO**

### **5.7.2.1 Psicrómetros con y sin ventilación**

El psicrómetro es un instrumento utilizado para medir la humedad atmosférica. El psicrómetro consiste en dos termómetros de mercurio iguales puestos verticalmente y de un aspirador que va instalado en la parte superior. El bulbo de uno de los termómetros, llamado termómetro húmedo, está envuelto en una tela fina (muselina), que es humedecida, mientras que el otro, llamado termómetro seco, queda al descubierto.

El termómetro seco señala la temperatura actual del aire, mientras que el termómetro húmedo, como consecuencia del enfriamiento debido a la evaporación originada por la corriente de aire generada por el aspirador, llega a una temperatura tanto más baja cuanto más seco se encuentre el aire en el ambiente.

De la diferencia entre estas dos temperaturas se obtiene por cálculo o bien usando las tablas psicrométricas respectivas para cada elevación correspondiente, la humedad relativa, el punto de rocío y la tensión del vapor del momento.

### **5.7.2.2 Higrógrafo**

Es el instrumento que proporciona un registro continuo de la humedad relativa y sus variaciones a lo largo del día. Estas variaciones de longitud pueden ser amplificadas por un sistema de palancas y luego transmitidas a una aguja móvil inscriptora. En este principio se basa el higrómetro de cabellos, cuyo elemento sensible es el haz de cabellos. Los registros de humedad pueden ser diarios o semanales.

Los principales elementos de este instrumento se muestran a continuación.



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

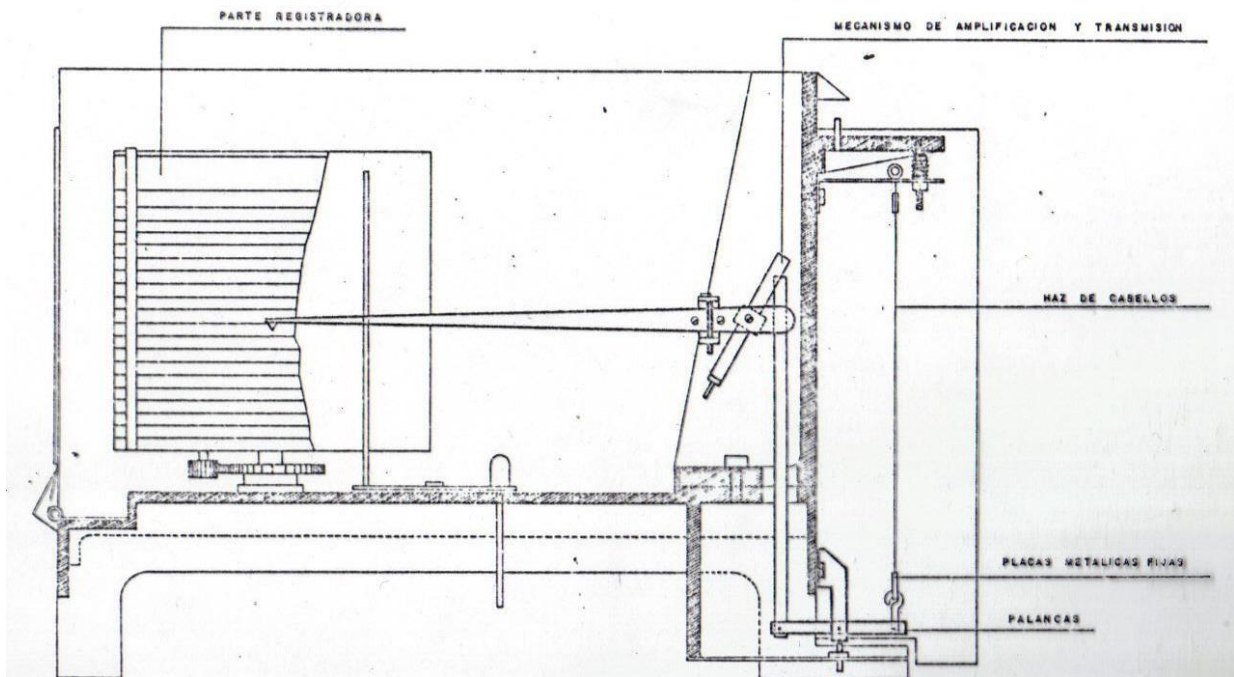
## MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019

PÁGINA: 32 de 59




### 5.7.2.3 Instalación del higrógrafo

El higrógrafo se debe instalar en una caseta con las especificaciones que demarca la OMM. Su rendimiento depende principalmente del esmero y buen cuidado que se tenga con el elemento sensible, o sea, el haz de cabellos.

Errores y fallas humanas en la observación.

- Incumplimiento de la norma para la toma de las lecturas de los termómetros en la caseta, distancia del observador, abertura de las compuertas de la caseta
- Error de paralaje en las lecturas de los termómetros, seco y húmedo
- Mala operación en los termómetros
- Lecturas deficientes en termómetros seco, húmedo e higrógrafo
- Mala operación del aspirador (cuerda insuficiente)
- Tiempo de ventilación para la lectura del termómetro húmedo mal realizada
- Mala operación en el humedecimiento de la muselina
- Realizar lecturas con elementos que generen calor, como acercamiento del foco de la



 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 33 de 59

linterna, velas, bombillos dentro de la caseta

- Observaciones antes o después de las horas normalizadas
- Cuerda insuficiente en los registradores
- Gráficas mal diligenciadas, sin identificación de código y nombre de estación; fechas del registro y horas de puesta y de quitada
- Gráficas mal colocadas, mal fechadas, puestas a deshoras
- Gráficas del termógrafo colocadas en el higrógrafo
- No cambio de los registros, dejándolos sobrepuestos
- Gráficas no corresponden a la referencia del instrumento
- No realiza las marcas de tiempo correspondientes a las horas de observación establecidas

#### **5.7.2.4 Exposición y mantenimiento**

La exposición y el mantenimiento para los instrumentos medidores y registradores de la humedad relativa, deben seguir las normas OMM para la ubicación, orientación, aireación, representatividad, obstáculos y altura del suelo de la caseta o abrigo meteorológico donde se van a encontrar tanto el psicrómetro como el higrógrafo.


Igualmente referirse a lo anotado en los ítems anteriores sobre HUMEDAD.

#### **5.7.3 VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN**


Etapas del proceso de control de calidad de la información de humedad del aire, en la oficina de cálculo.

En términos generales, el proceso de control de calidad de la información meteorológica comprende las etapas 1 a 13, listadas a continuación:

1. Clasificar las libretas, revisar los datos identificativos de la estación y ordenar cronológicamente la información gráfica.
2. Diligenciar el formato 31-31-79 Radicación de Datos Meteorológicos
3. Revisión y preverificación sobre la libreta (Debe tenerse a mano toda la información gráfica disponible en la estación).
4. Análisis de la información de los instrumentos registradores: si las gráficas de HIG son aptas para grabar, elaborar curvas de ajuste. En caso contrario, puntarlas o plotearlas. Aceptar o rechazar datos.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 34 de 59

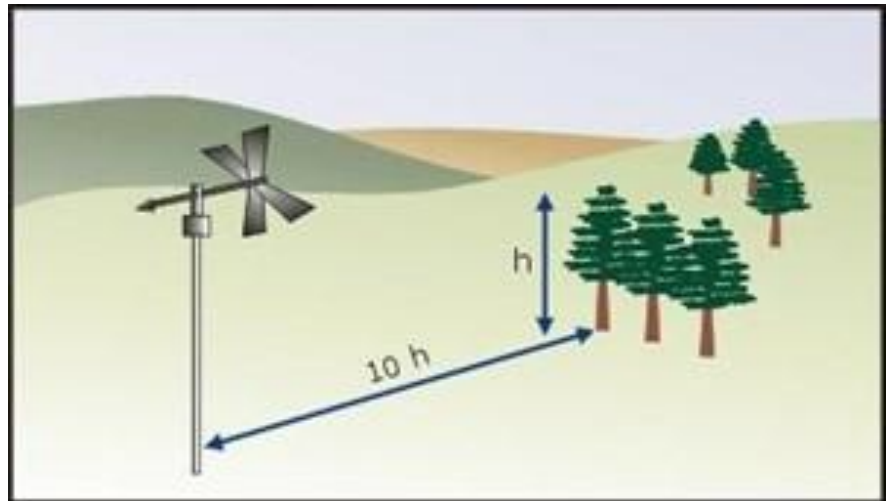
5. Captura y procesamiento Meteoro 1
6. Revisión de la información capturada: libreta vs salida Meteoro 1.
7. Verificación de las temperaturas seca y húmeda
8. Verificación de la humedad relativa, la tensión del vapor y el punto de rocío.
9. Análisis climatológico: consistencia interna (todos los parámetros entre sí), comprobación espacial (con datos otras estaciones).
10. Corrección y corrida de segundos procesos (si es el caso).
11. Revisión y aprobación definitiva.
12. Alimentación del banco de datos regional: comprobar vía subconsulta si la información quedó correctamente almacenada.
13. Alimentación Banco de Datos Central (transmisión o envío a las oficinas de Bogotá).

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 35 de 59

## 5.8 VIENTO EN SUPERFICIE

El viento es el movimiento natural del aire; el aire se mueve a fin de equilibrar los desbalances de presión causados por el calentamiento diferencial de la superficie terrestre. La intensidad del viento es una cantidad vectorial que tiene dirección y magnitud (cantidad escalar conocida como velocidad). La intensidad del viento es considerada en términos de tres componentes, ubicándose dos de ellas en un plano paralelo a la superficie de la tierra y la tercera perpendicular a ese plano. Para la mayoría de los propósitos meteorológicos operativos, la componente vertical es despreciada, considerándose por lo tanto el viento como una cantidad vectorial bidimensional definida por dos números que representan la dirección y la velocidad.

Cuando no se dispone de instrumentos o cuando los instrumentos están momentáneamente fuera de servicio, se puede hacer una estimación subjetiva de la dirección y la fuerza del viento. La escala Beaufort hace uso de fenómenos naturales familiares asociados a diferentes velocidades del viento, proporcionando estimaciones de la velocidad del viento en superficie sin ayuda de instrumentos. Para proceder a la estimación, el observador debe



estar de pie sobre terreno llano abierto, tan lejos como sea posible de cualquier obstáculo. Cabe recordar siempre que hasta los obstáculos más pequeños modifican considerablemente la velocidad y la dirección del viento, especialmente del lado de sotavento.

Se acordó internacionalmente que la exposición estándar de la veleta y el anemómetro sea en un terreno abierto, nivelado, a una altura de 10 metros. El terreno debe estar libre de obstáculos; éstos deben estar distantes por lo menos 10 veces la altura de los mismos. La observación debe hacerse en un lugar bien expuesto al viento y no del lado de sotavento de obstáculos como edificios, árboles o lomas.

### 5.8.1 ANEMÓMETROS

Del griego anemos = viento; metron = medida. Los anemómetros son instrumentos que miden tanto la velocidad y la dirección del viento. Los anemómetros miden la velocidad instantánea del viento, pero las ráfagas se producen con tal frecuencia que restan interés a dicha medición, por lo que se toma siempre un valor medio en intervalos de 10 minutos.



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

## MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019

PÁGINA: 36 de 59




Veleta y Anemómetro

### 5.8.1.1 Tipos de Anemómetros

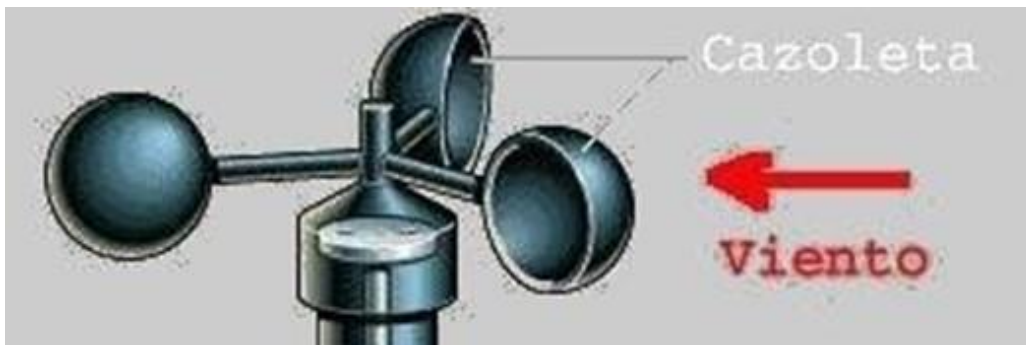
*Anemómetro de placa (anemómetro de Wild)* – Instrumento en que el viento actúa sobre una placa suspendida en un eje horizontal cuya inclinación, con respecto a la vertical, es función de la velocidad del viento. Este instrumento es robusto pero poco satisfactorio para la medición de la dirección y velocidad del viento. Se trata en esencia de una placa metálica, capaz de oscilar como un péndulo respecto de un eje horizontal. El eje mismo y la escala del instrumento van fijos a la veleta, de manera que la placa metálica siempre tiene un flanco expuesto al flujo del viento.



*Anemómetro de cazoletas:* Instrumento para medir la velocidad del viento en función de la velocidad de rotación de un molinete formado por 3 o 4 cazoletas, hemisféricas o cónicas, unidas individualmente por un brazo a un eje vertical. Tres o cuatro tazas o cazoletas de plástico o

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 37 de 59

aluminio montadas simétricamente alrededor de un eje vertical en los extremos de un número igual de brazos sobresalen del cubo del molinete. Debido a que la fuerza del viento es mayor sobre el lado cóncavo de la taza en comparación con el lado convexo, la corriente de aire hace rotar el molinete. Para un anemómetro de cazoleta dado, existe una velocidad del viento mínima que pondrá en movimiento el anemómetro según la fricción en los cojinetes del molinete y los parámetros de diseño del instrumento.



*Anemómetros de recorrido:* Los anemómetros de sensor rotativo, basados en la conversión de velocidad del viento a frecuencias, pueden también construirse para indicar el recorrido del viento, en lugar de la velocidad del mismo. Habitualmente el indicador es un contador digital de tipo mecánico, accionado por un engranaje de conversión apropiado entre el eje del sensor y el árbol del contador.


*Anemómetros de hélice:* Al igual que los anemómetros de cazoletas, los anemómetros de hélice sirven para determinar la velocidad del viento. En sistemas bien diseñados, la velocidad angular del rotor de hélice es directamente proporcional a la velocidad del viento. La hélice es un sensor rotativo distinto para la velocidad del viento. La teoría de la hélice fue bastante desarrollada en relación con el vuelo de aviones. Con su construcción específica, siendo realmente un segmento muy limitado de un 'tornillo', la hélice del aeroplano se "atornilla" en el aire y su rotación empuja al aeroplano. La función de la hélice puede ser invertida, con el aire moviéndose respecto a las palas de la hélice. La presión del aire sobre las palas hace que la hélice gire con una velocidad de giro que es función de la velocidad del viento. A fin de que funcione convenientemente como un sensor de velocidad del viento, el eje de la hélice debe ser paralelo al vector viento.

*Anemómetro de mano:* Anemómetro sostenido por un observador con su brazo extendido.

*Anemómetro de presión:* Anemómetro que mide la velocidad del viento mediante el uso de un tubo Pitot. con base en lo establecido en el teorema de Bernoulli, el cual establece que en un fluido en movimiento, la presión total se puede representar como la suma de la presión estática y la presión dinámica.

*Anemómetro de termistor:* Instrumento para medir la velocidad (o fuerza) del viento por medio de un dispositivo semiconductor, comúnmente llamado termistor, cuya resistencia eléctrica cambia con la temperatura.

*Anemómetro sónico:* Instrumento que mide la velocidad del viento, mediante la determinación del

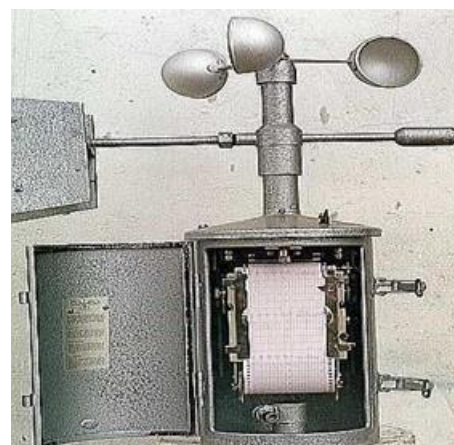
 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 38 de 59

intervalo de tiempo entre la emisión y la recepción de un impulso ultrasónico que recorre una distancia determinada. Aunque al principio funcione muy bien, el aparato puede resultar menos fiable en condiciones de lluvia, cuando la presencia de agua sobre el sensor modifica la longitud de la trayectoria acústica.

*Anemógrafo de tubo de presión* : Instrumento que usa el principio de medición de velocidad del viento relacionado con el tubo Pitot. El instrumento consta de tres unidades principales:


- a) El tubo de presión y conjunto de la veleta.
- b) Dispositivo de transmisión de presión y posición de la veleta.
- c) Dispositivo de registro de velocidad y dirección del viento.

*Anemógrafo Wolfle*: La gran mayoría de los anemógrafos utilizados por el IDEAM son mecánicos. Uno de los anemógrafos más comunes es el mecánico tipo Woelfle; consta de una veleta y un medidor de velocidad (anemómetro de cazoletas), conectados a unos rodillos que escriben sobre un papel encerado sin necesidad de tinta. El dispositivo registrador está provisto de un mecanismo de relojería que funciona durante un mes. Este dispositivo está dentro de una caja resistente a la intemperie cuya puerta tiene una guarnición de caucho que se puede asegurar con un candado.



*Anemógrafo Fuess*: Otro de los anemógrafos utilizados por el IDEAM es el universal (FUESS), con transmisión mecánica que registra con trazo fino la dirección, el recorrido y la velocidad instantánea del viento. El conjunto consta de un transmisor y del tambor y la faja de inscripción. La dirección y el recorrido se retransmiten mecánicamente al tambor de inscripción. El tambor debe estar instalado en una caseta protectora impermeabilizada. Las cazoletas y la veleta están hechas de metal ligero, tienen poco peso y descansan sobre cojinetes de bolas, de tal forma que responden a los vientos más débiles. La plumilla central registra el recorrido del viento, alternando una subida con una bajada, de tal manera que la anchura del diagrama, recorrida en cualquier sentido, corresponde a un recorrido del viento de 10 Km. Esta anchura está dividida en 10 intervalos, cada uno de los cuales representa un kilómetro de recorrido. En la parte superior se registra la dirección del viento y en la parte inferior la velocidad.



 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 39 de 59

## 5.9 PRECIPITACIÓN

La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado.

La cantidad total de precipitación que llega al suelo en determinado período se expresa en términos de la profundidad vertical de agua que cubriría una proyección horizontal de la superficie de la Tierra.

Los tiempos comunes de observación de la precipitación pueden ir cada hora, cada tres horas y a diario, para fines sinópticos y climatológicos. En algunos casos se requiere una resolución temporal mucho mayor para medir intensidades de lluvia muy elevadas en períodos muy cortos. En algunas aplicaciones se utilizan pluviómetros totalizadores, con intervalos de observación de semanas o meses.

### 5.9.1 MÉTODOS DE MEDIDA Y UNIDADES

La cantidad de precipitación debe medirse, con preferencia, en milímetros, y las lecturas han de hacerse con una aproximación de 0.2 mm, cuando aquella no pase de 10 mm; para precipitaciones mayores, el error de lectura no deberá pasar del 2%.

En algunos países todavía se mide la altura de las precipitaciones en pulgadas y en fracciones decimales de pulgada. Para pasar de unas unidades a otras, basta con tomar 1 pulgada= 25.4 mm.

Los pluviómetros de observación diaria deben leerse con una aproximación de 0.2 mm y, de preferencia, de 0.1 mm. En el caso de pluviómetros de lectura semanal o mensual, éstas deben ser hechas con una aproximación de 1mm.

### 5.9.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Entre los instrumentos utilizados para la medición y el registro de la precipitación, se encuentra el pluviómetro y el pluviógrafo.

#### 5.9.2.1 El Pluviómetro

Es el instrumento que sirve para medir la precipitación que cae en la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve, granizo, etc. Consiste en un instrumento de forma cilíndrica, el cual consta de receptor, el cilindro exterior y el colector, como se muestra en la siguiente figura.

El pluviómetro consta básicamente de un recipiente en cuyo extremo superior tiene una boca receptora de 200 cm<sup>2</sup> de área, por donde el agua ingresa a través de un embudo hacia un colector, quedando depositada. Posteriormente esta precipitación es medida con una probeta o una reglilla, graduada en milímetros, con la cual se obtendrá la cantidad de agua lluvia caída en el sitio donde se encuentre instalado.



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

**MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y  
MANTENIMIENTO DE ESTACIONES  
METEOROLOGICAS**

**CÓDIGO:** M-GDI-M-M004

**VERSIÓN:** 1

**FECHA:** 12/11/2019

**PÁGINA:** 40 de 59



En la vista superior del pluviómetro, mostrada en la figura, se observa el receptor, tanque colector y la probeta dentro del colector

La reglilla, al igual que la probeta, se utiliza para medir la cantidad de lluvia en los pluviómetros. La reglilla tiene, por una de sus caras, unas líneas que representan un milímetro y está numerada hasta 150 mm de lluvia.





Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

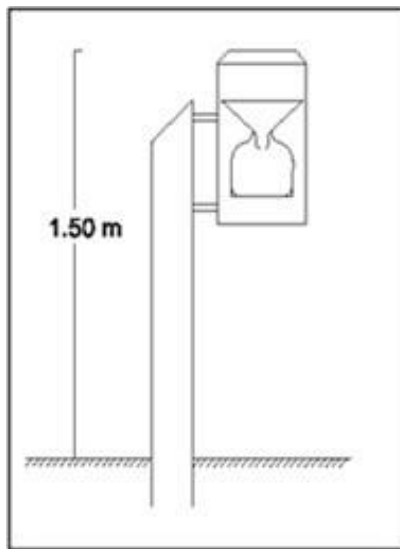
## MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

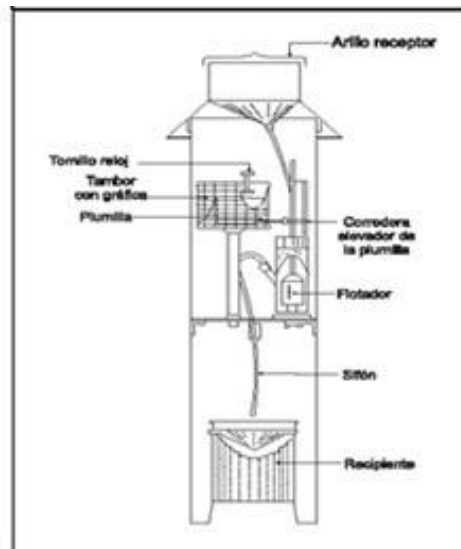
VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019

PÁGINA: 41 de 59




Pluviómetro



Pluviógrafo

### 5.9.2.2 El pluviógrafo

Registra sobre una banda de papel (gráfica) la cantidad de agua caída y el tiempo en que esta ha caído. Al igual que el pluviómetro, posee una boca receptora en la parte superior por donde ingresa el agua hacia un depósito llamado cámara de sifonaje, en cuyo interior existe un flotador, el cual al recibir una cierta cantidad de precipitación (10 mm) provoca una sifonada o descargue del agua hacia un colector que se encuentra en la parte inferior del instrumento. Este ciclo se va

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 42 de 59

repetiendo hasta que el periodo de precipitación finaliza.

El flotador tiene incorporado un pequeño brazo con un plumón de tinta, el cual grafica las variaciones de la precipitación en un diagrama que está adherido a un sistema de relojería de tipo diario o semanal.

### 5.9.3 INSTALACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE INSTRUMENTAL

Los medidores y registradores de precipitación deben estar retirados de obstáculos, tal que permita obtener la recepción de la lluvia sin ningún obstáculo, de manera que vistos desde la boca del pluviómetro, los obstáculos no rebasen la altura angular de 45° sobre el horizonte; en otras palabras, el medidor debe estar retirado del obstáculo en todas las direcciones (360°), 4 veces la altura del obstáculo.



### 5.9.4 FALLAS Y CAUSAS DE ERRORES EN INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA Y REGISTRADORES

- a) Gráficas con registro normal y correctos



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

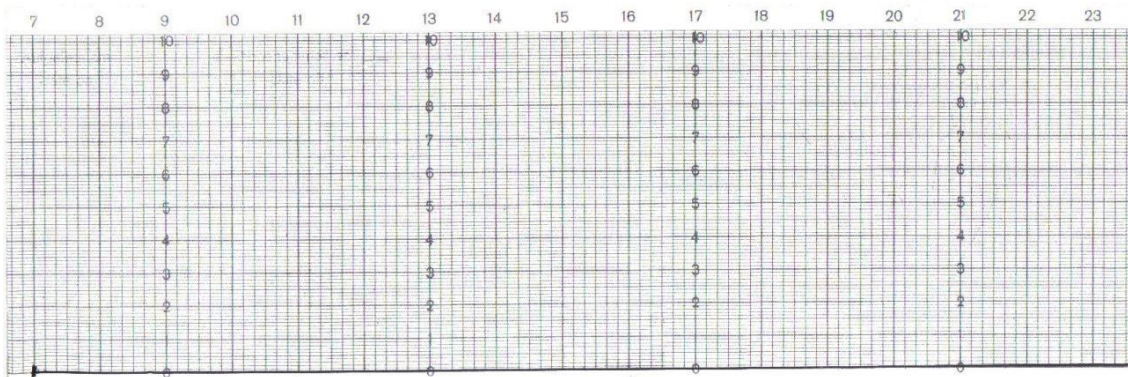
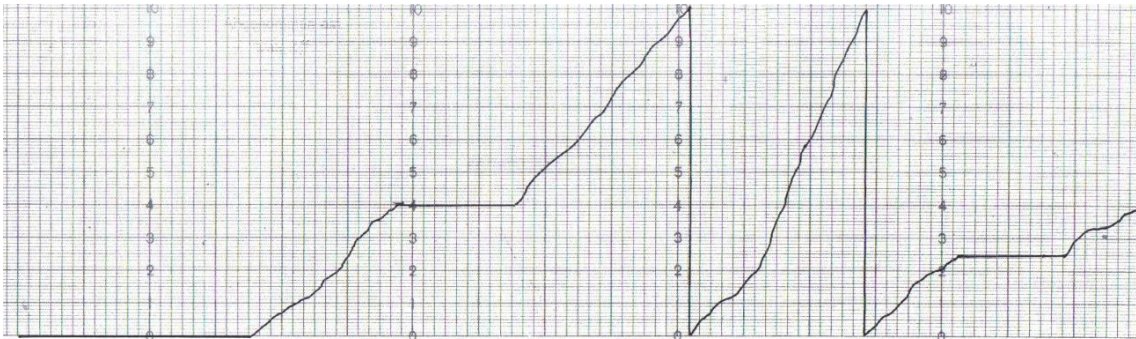
# MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

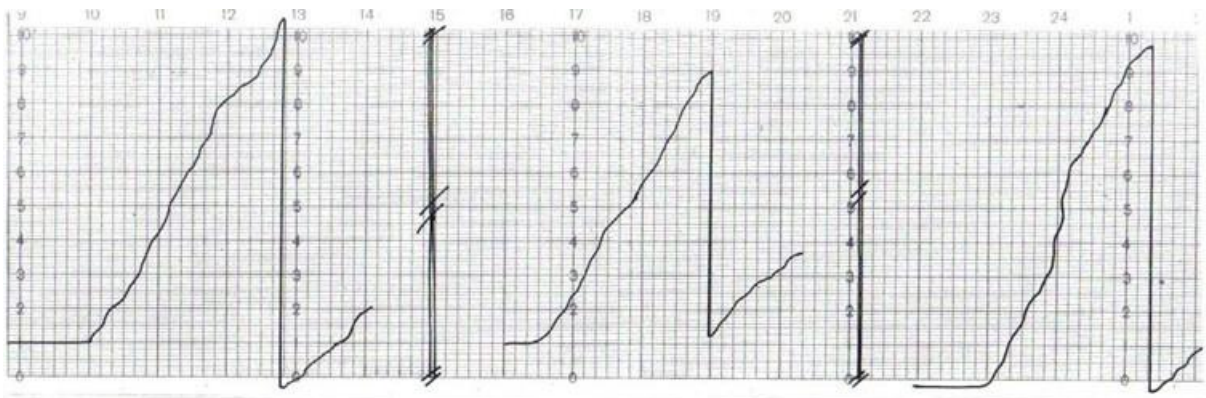
VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019


PÁGINA: 43 de 59



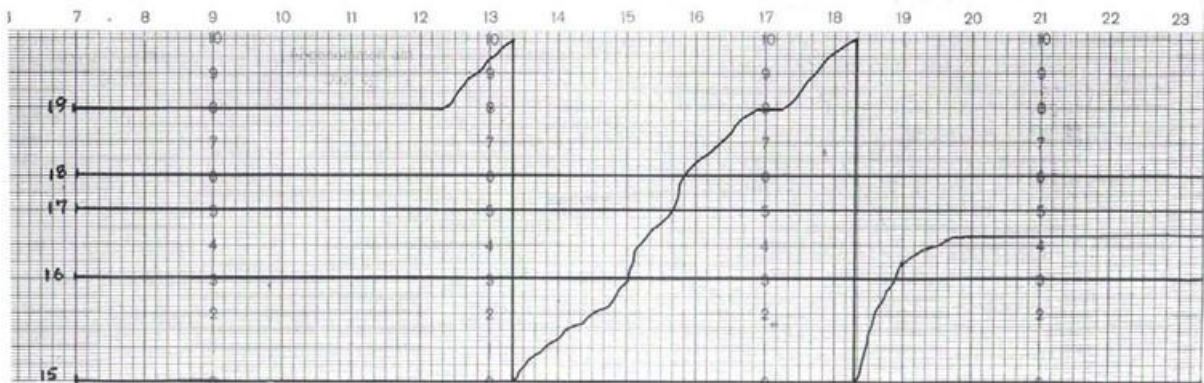
b) Gráficas con descalibración por exceso y defecto





 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 44 de 59

- c) Gráficas con registros normales de varios días sin sobreposiciones



Para los siguientes ítems se aconseja seguir las normas sobre los protocolos oficiales de verificación y ajustes de precipitación impartidas por el IDEAM.


### 5.9.5 MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Se recomienda seguir los métodos de observación para la precipitación que se encuentran oficialmente determinados por la OMM y además en los procedimientos, normas y protocolos nacionales impartidos por el IDEAM.

### 5.9.6 VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Durante el proceso de verificación se deben realizar las correcciones necesarias sobre el Diario de Observaciones, en lápiz negro (o preferiblemente rojo). La verificación sobre la libreta comprende los siguientes pasos.

- Diligenciar el formato
- Revisar los datos identificativos de la estación y el mes y el año a procesar.
- Ordenar cronológicamente las gráficas del pluviógrafo. Con base en las horas de puesta y quitada se establece el atraso o adelanto del reloj, durante cada día o semana. Realizar el ajuste correspondiente, cuando sea necesario.
- Evaluar, con lápiz negro, la faja del pluviógrafo para el día pluviométrico (07- 07). Sobre la faja se deben anotar los valores obtenidos de PVG y el correspondiente de PVM. Poner especial atención en los valores bajos. (0.1mm, 0.2 mm)
- Comparar los datos de PVM con los de PVG; la lectura del PVM debe ser siempre mayor que la del PVG, sin sobrepasar el 10%, esto es, la relación  $PVM/PVG$  debe estar entre 1.000 y 1.111. Para valores diarios bajos de precipitación (<4.0 mm) o para lluvias intensas (aguaceros), el cociente  $PVM/PVG$  puede llegar a ser superior a 1.111. La decisión de

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 45 de 59

aceptar o rechazar el dato queda a criterio del verificador.

- f) Si la lectura del PVG es mayor (>) que la del PVM y el PVG funciona bien, tomar lectura del PVG. En este caso, se debe codificar “P” en la casilla respectiva del formato interactivo de grabación (Meteoro 2)
  - g) Si el PVG no descarga correctamente o se traba el vástago y no hay lectura de PVM, se toma el valor del PVG, con el código de “dato incompleto”
  - h) Por descalibración del PVG u otro motivo, los trazos sobre la faja pueden estar por encima de la línea de 10.0 mm o por debajo de la línea de 0.0 mm. Estas cantidades constituyen precipitación y deben tenerse en cuenta en la evaluación
  - i) Distribuir la cantidad de precipitación cuando los datos son tomados fuera de hora (después de las 07 HLC), por estar lloviendo en el momento de la observación, u otro motivo. (Ver ejercicio en clase)
  - j) Si no existe información de PVG, verificar las lecturas del pluviómetro con las del tanque de evaporación.
  - k) Comprobar número de días de cada mes
5. Revisar valores de precipitación de 135 mm, máxima cantidad que puede contener el colector. En ausencia de tapón, el agua puede haberse escapado y la lectura podría ser mayor. Compararlos con los registros del pluviógrafo.
- l) Indicar claramente sobre el Diario de Observaciones, para cada día, si se tiene en cuenta el valor de PVM o de PVG.



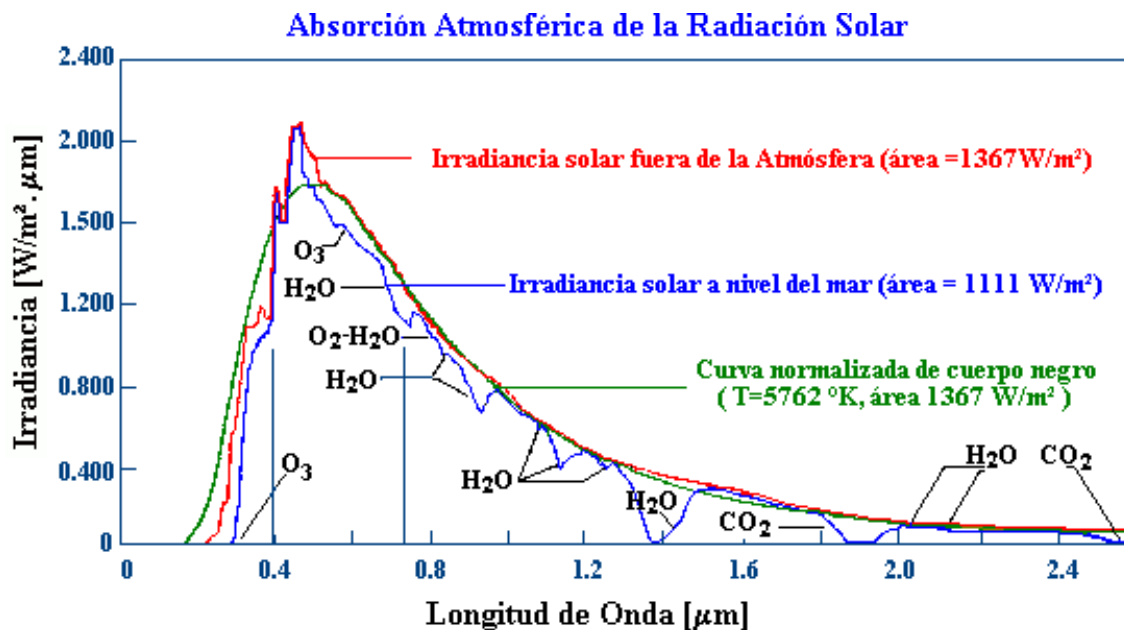
## 5.10 RADIACION SOLAR

Es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

La medición de la radiación solar se realiza, una en forma instantánea ( $\frac{Energía}{Área \cdot Tiempo}$ )  $W/m^2$  o integrada ( $kWh/m^2$ ) o integrada  $\frac{Energía}{Área}$  ( $kWh/m^2$ ) día


### 5.10.1 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA RADIACIÓN SOLAR

La energía solar es transportada mediante ondas electromagnéticas de diferentes longitudes.. Las ondas en el intervalo de 0,290  $\mu m$  a 2,5  $\mu m$ , se denominan espectro de onda corta, para muchos propósitos (fotosíntesis y celdas solares) es necesario conocer como está distribuida la energía de acuerdo con la longitud o la frecuencia, es decir, su distribución espectral. La siguiente Figura muestra la distribución espectral patrón NASA de la radiación solar (1971).



En la figura se pueden reconocer tres regiones:

1. La región del ultravioleta ( $\lambda < 0,38 \mu m$ ).
2. La región visible ( $0,38 \mu m < \lambda < 0,78 \mu m$ ) es el intervalo del espectro solar que puede detectar el ojo humano, y dentro del cual están los colores violeta (0,42  $\mu m$ ), azul (0,48  $\mu m$ ), verde (0,52  $\mu m$ ), amarillo (0,57  $\mu m$ ), naranja (0,60  $\mu m$ ) y rojo (0,70  $\mu m$ ).

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 47 de 59

### 3. La región del infrarrojo ( $\lambda > 0,78 \mu\text{m}$ ).

A cada región le corresponde una fracción de la energía total incidente en la parte superior de la atmósfera distribuida así: 7% al ultravioleta; 47,3% al visible y 45,7% al infrarrojo.


La radiación Terrestre y Atmosférica corresponde a la región del Infrarrojo y los instrumentos de medida son los Pirgeómetros, sin embargo, no hay instalados en Colombia.

#### 5.10.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

La radiación solar posee un amplio espectro que se puede clasificar en tres rangos ultravioleta para longitudes de onda desde 0,3 a 0,4 mm, visible desde 0,4 a 0,7 mm e infrarrojo en el intervalo de 0,7 a 5 mm. Los instrumentos de radiación solar miden la potencia incidente por unidad de superficie, interando la energía de las diferentes longitudes de la onda.

**Tabla 2. Instrumentos para la medida de la radiación**

<b>Tipo de Instrumento</b>	<b>Parámetro de Medida</b>	<b>Empleo Principal</b>	<b>Angulo de Visión (sr)</b>
Pirheliómetro Absoluto	Radiación Directa	Patrón primario	$5 \times 10^{-3}$
Pirheliómetro de incidencia normal	Radiación Directa	i) Patrón secundario para calibración ii) Red de medidas	$5 \times 10^{-3}$ a $2.5 \times 10^{-2}$
Pirheliómetro (con filtros)	Radiación Solar directa en bandas espectrales anchas	Red de medidas	$5 \times 10^{-3}$ a $2.5 \times 10^{-2}$
Fotómetro Solar	Radiación Solar directa en bandas espectrales estrechas	i) Patrón de Calibración, ii) Red de medidas	$1 \times 10^{-3}$ a $1 \times 10^{-2}$
Piranometro	i) Radiación Global, ii) Radiación Celeste, iii) radiación solar reflejada	i) Patrón secundario, ii) Red de medidas	$2\pi$

	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 48 de 59

Piranómetro Espectral	Radiación Global en intervalos espectrales de banda ancha	Red de medidas	$2 \pi$
Pirgeómetro	Radiación de onda larga descendente y ascendente	Red de medidas	$2 \pi$

### 5.10.2.1 El Solarímetro (Heliografo)

Es un instrumento para registrar los intervalos de tiempo en que la radiación solar tiene intensidad suficiente para producir sombras definidas. Opera focalizando la radiación solar mediante una esfera de vidrio a manera de lente convergente, en una cinta con escala de horas, que como resultado de la exposición a la radiación solar directa, se quema formando líneas, cuya longitud determina el número de horas de brillo del Sol. Esta figura ilustra el heliógrafo Campbell-Stokes muy utilizado en Colombia



### 5.10.3 EVALUACIÓN DE GRAFICAS DE ACTINÓGRAFO

Para evaluar la energía solar incidente durante un día se procede así:

- a) Se determina el área bajo la curva de la gráfica del actinógrafo, utilizando un planímetro.
- b) Para planimetrar la gráfica se traza una raya horizontal en la base de la misma, desde el inicio de la salida del sol hasta la puesta del sol. Esta línea corresponde al cero del





Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

**MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y  
MANTENIMIENTO DE ESTACIONES  
METEOROLOGICAS**

**CÓDIGO:** M-GDI-M-M004

**VERSIÓN:** 1

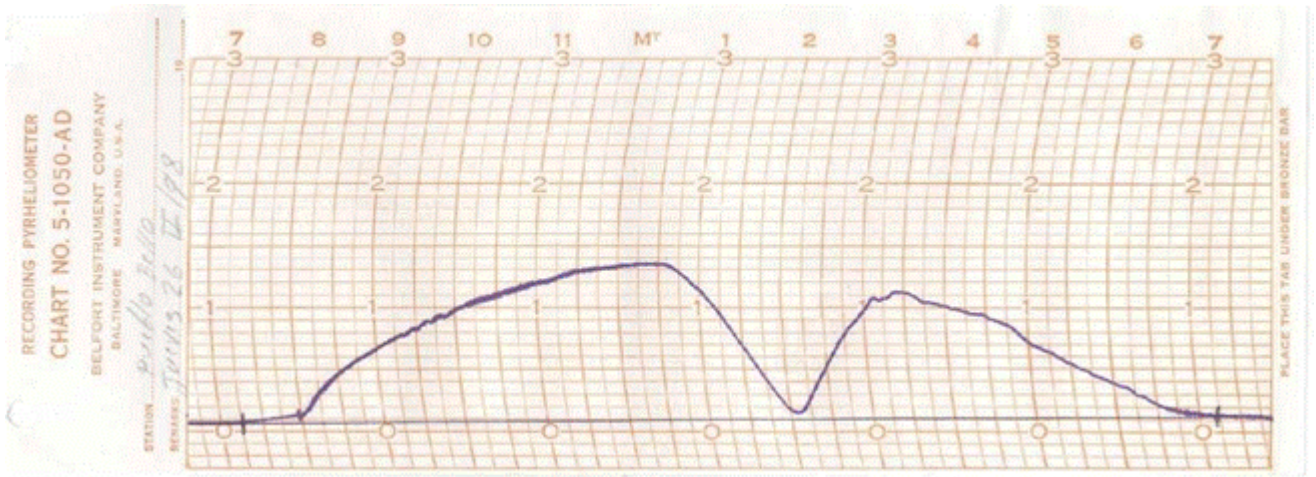
**FECHA:** 12/11/2019

**PÁGINA:** 49 de 59

instrumento.

- c) Se coloca la lupa del planímetro sobre el punto final de la trayectoria de la curva que corta con la línea horizontal del cero de la gráfica, en esta posición se coloca en cero el planímetro y se hace un recorrido siguiendo las manecillas del reloj sobre la línea horizontal y la trayectoria de la curva de radiación hasta regresar al punto de partida y se lee la lectura del planímetro en  $CM^2$ .
- d) Leída la lectura se multiplica por el valor de la constante del actinógrafo y el resultado se da calorías sobre centímetro al cuadrado ( $Cal/cm^2$ ).


A continuación se presenta una gráfica del actinógrafo



Como se observa, la gráfica tiene el trazo de la línea recta en la base de la trayectoria de la radiación registrada en la gráfica y se muestran los puntos de corte entre la salida y puesta del sol.

Las siguientes son imágenes de planímetros:



 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 50 de 59

## 5.11 INSOLACIÓN

La radiación solar es la principal fuente de energía transmitida a la tierra y tiene siempre una influencia, directa e indirecta, en el desarrollo de los fenómenos físicos que se producen en la atmósfera.

El estudio de la radiación global que alcanza la superficie de la tierra supone un cierto número de medidas y, principalmente, la medida de la duración de la insolación. Estas medidas se efectúan por medio de un heliógrafo, el cual permite determinar la duración total de la insolación o brillo solar cada hora o cada día.



### 5.11.1 HELIÓGRAFO CAMPBELL-STOKES

El heliógrafo se compone esencialmente de una superficie esférica de aproximadamente 10 cm de diámetro, y de índice de refracción conocido, montada concéntricamente en una sección de un casquete esférico y está situado en la parte inferior de la esfera de cristal, de tal manera que los rayos del sol caen perfectamente enfocados sobre una banda de registro sujeta a las ranuras del casquete.

En estas bandas se encuentran debidamente marcadas las horas, produciendo en ella una quemadura que permite conocer el número de horas que ha alumbrado el sol durante el día.

### 5.11.2 TIPOS DE GRÁFICAS

Se utilizan tres tipos de gráficas, que se ilustran a continuación:



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

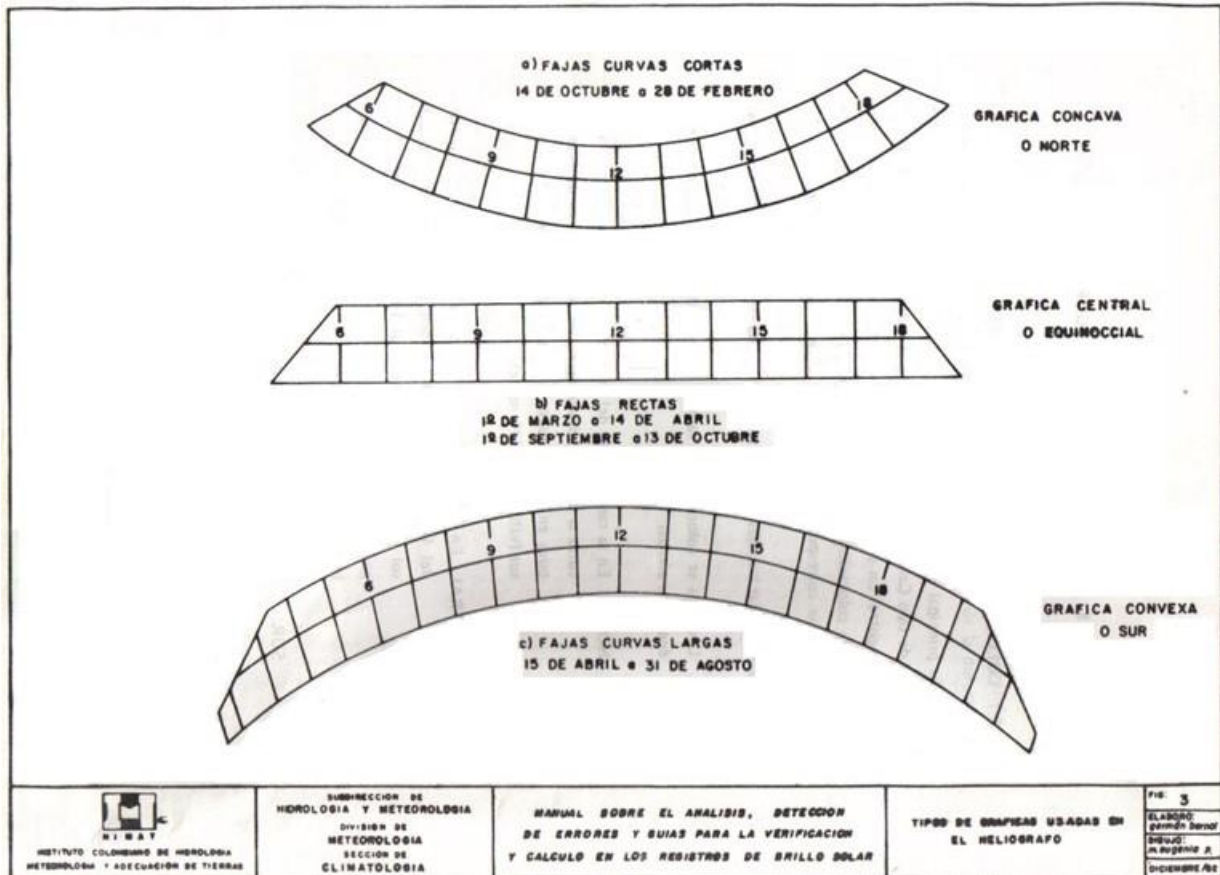
# MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

CÓDIGO: M-GDI-M-M004

VERSIÓN: 1

FECHA: 12/11/2019


PÁGINA: 51 de 59



**NORTE:** Se coloca en la ranura norte del instrumento, del 14 de octubre al 28 de febrero.

**CENTRAL:** Se coloca en la ranura central del porta-bandas, en dos ocasiones en el año: del 1 de marzo al 14 de abril para el primer paso del sol, y del 1 de septiembre al 14 de octubre para el segundo paso solar.

**SUR:** Se coloca en la ranura sur del casquete desde el 15 de abril hasta el 31 de agosto.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 52 de 59

## 5.12 EVAPORACIÓN

La evaporación es el proceso físico por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso tras haber adquirido energía suficiente para vencer la tensión superficial.

La evaporación se produce a partir de superficies de agua o de superficies húmedas que son transportadas a la atmósfera en forma de vapor de agua.

En evaporación se definen además los siguientes parámetros:

Evaporación real, Evapotranspiración real, Evapotranspiración potencial y Transpiración.

### 5.12.1 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Tanques de Evaporación Tipo A.

El tanque americano de clase “A” ha sido adoptado por la OMM como patrón de comparación para esta variable. El funcionamiento de este tanque se ha estudiado de una manera profunda y técnica en condiciones climáticas muy diversas y también en latitudes y altitudes diferentes.

Las observaciones consisten en medir la evaporación del agua de la superficie del tanque.




El tanque está constituido por un cilindro de lámina de hierro galvanizada, aunque actualmente (en Colombia), se utilizan otros materiales como la fibra de vidrio. Su diámetro interior es de 120.7 cm y su altura es de 25.4 cm. Generalmente se coloca sobre una plataforma de listones en madera. Normalmente el tanque se debe llenar de agua hasta 5 cm del borde, excepto en algunos lugares donde la precipitación es muy frecuente y abundante, en lo cual éste debe estar más por debajo con el fin de no permitir el rebosamiento del tanque y por tanto, perderse la observación de la evaporación.

Los componentes del Tanque de Evaporación lo constituyen además:

- b) Un tornillo micrométrico con una escala móvil con un gancho en su extremo y un nonio, graduado en milímetros regularmente, aunque también puede ser en pulgadas.
- c) Un tanque tranquilizador colocado dentro del tanque de evaporación y en donde se coloca el tornillo micrométrico, para la toma de la observación.



 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 53 de 59

### 5.13 ACTIVIDADES ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE UNA INSPECCIÓN



Una vez establecida la red nacional, se advierte la necesidad de revisión y mantenimiento periódico de ésta, a fin de garantizar su óptimo funcionamiento y la calidad de los datos, los cuales al ser evaluados y calculados deberán utilizarse en el conocimiento de la variación temporal y espacial de los elementos y fenómenos meteorológicos observados en las diferentes áreas o zonas del

país.


Como tal, se supone que las estaciones meteorológicas han sido instaladas debidamente con las normas internacionales de la OMM y que la disposición y orientación de instrumentos se encuentra en correcto estado, de acuerdo con las exigencias para cada una de las variables observadas.

Se contempla la realización de un estudio y de los análisis de localización de las estaciones, garantizando una cobertura desde el punto de vista meteorológico para la conformación de la red nacional.

Por otra parte, dentro de la red meteorológica algunas estaciones se encuentran habilitadas para transmitir en tiempo real a una central de comunicaciones, y un gran porcentaje de las estaciones no. Estas últimas estaciones necesitan que la información sea enviada posteriormente o recogida en las visitas de inspección, para luego ser sometidas a la verificación y cálculos respectivos para su posterior archivo en los Bancos de Datos, difusión y aplicaciones diversas a los diferentes usuarios.

Por lo anterior, es de gran importancia que las estaciones que componen la red estén sometidas a inspecciones y revisiones regulares, con el fin de garantizar y alcanzar el nivel de calidad de datos observados en cada una de ellas, la regularidad y buena marcha de los instrumentos para asegurar así el buen registro, medida y toma de las observaciones en las diferentes variables por parte del observador a cargo de la estación.

Por ello, es necesario tener en cuenta el conocimiento de algunos procedimientos y normativas, antes, durante y después de la visita de inspección a las estaciones meteorológicas.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 54 de 59

### 5.13.1 NORMAS QUE DEBEN SER CONOCIDAS PARA EL CONTROL DE LA ZONA A CARGO A SER INSPECCIONADA


- Establecer una relación de estaciones con sus referencias de identificación, a saber: nombre, código IDEAM, elevación, coordenadas geográficas, categoría, municipio, departamento, nombre de la estación, tarifa.
- Un mapa a escala 1:100.000 o 1:50.0000 como mínimo, de las estaciones de la zona a cargo.
- Disponer de una carpeta para cada estación donde debe incluirse la siguiente información:
  - Datos generales de identificación de la estación y acceso bien detallado, fotos como mínimo de las cuatro (4) direcciones de la ubicación de la estación y otra del paisaje en general donde se incluya la estación, sumando en total cinco (5) fotografías.
  - Acta de instalación, reinstalación, reubicación y traslado de la estación.
  - Inventario de instrumental que posee la estación con sus referencias específicas: marca, número de inventario de la institución y tipo del instrumental.
  - Inventario de la parte física o constituyentes de la estación
  - Inventario de elementos para su operación y sostenimiento
  - Formulario de visitas efectuadas
  - Recibos de pagos realizados
  - Control de pagos realizados
  - Oficios varios de carácter administrativo, técnico y otros correspondientes a la estación.
  - Formato especial donde se indique el estado actual y requerimientos de la estación según última evaluación (este último es importante para resumir y tener en cuenta para la próxima visita).

Además, es conveniente que cada inspector conozca la climatología de la zona a cargo y que disponga de gráficas a nivel temporal de las diferentes variables meteorológicas para cada estación y de la zona a nivel espacial, a fin de consolidar y establecer el comportamiento de los elementos, fenómenos y su variabilidad en el espacio y el tiempo en el área en general.

Lo anterior genera un conocimiento al inspector, ayudando a complementar y a enriquecer los conocimientos en el aspecto meteorológico y climatológico de la zona a cargo. Esto permite un mejor control y verificación de la información que se origine en cada una de las estaciones de la zona a su cargo.

Por otra parte, es conveniente que a los observadores se le permita y hagan conocer estas gráficas y elementos relacionados con algunos análisis y comportamientos, a fin de que se involucren en el aprendizaje y puedan ver la importancia de la toma de datos y sus resultados.



 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 55 de 59

### **5.13.2 MEDIDAS A SER TOMADAS EN LA PRE-VISITA DE INSPECCIÓN Y REVISIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS**


- Relación de estaciones para visitar
- Itinerario de visitas a estaciones
- Resumen de actividades para realizar en cada estación de acuerdo con la evaluación del último informe y el formato sobre el estado actual de la estación (importante para estimar el tiempo de visita que se empleará en cada estación).
- Estado y control de pagos para cada estación
- Adelantar el diligenciamiento del formato de visita e inspección en lo referente a los campos constantes de identificación de la estación, instrumental, insumos y papelería de consumo
- Diligenciar en los términos constantes las formas o recibos de pago
- Alistamiento del instrumental debidamente verificado y chequeado para reposición en las diferentes estaciones
- Alistamiento y control de gráficas, instrumental, insumos y papelería en general para la garantía de funcionamiento y operación de la estación
- Tomar las medidas necesarias para lo relacionado con los temas de la parte administrativa, técnica y de seguridad, a fin de alcanzar los objetivos propuestos y un buen desempeño durante la comisión
- Tomar nota de la calidad, errores o fallas presentadas en la verificación y cálculo de la información de cada una de las estaciones proyectadas para visita, a fin de tener esto en cuenta en el momento de la visita de inspección y corregir dichas anomalías al observador o al instrumental si es el caso

### **5.13.3 VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DE INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA ZONA ASIGNADA**

La gestión de una red, o de una estación, es mucho más eficaz si se mantienen constantemente registros del funcionamiento, normalmente con periodicidad diaria y mensual. El objetivo de la vigilancia del funcionamiento es examinar continuamente la calidad de las estaciones sobre el terreno y de cada sistema de observación como por ejemplo, la red de superficie y la red de altura.

La vigilancia del funcionamiento presenta diversos aspectos:

- a) Debería utilizarse el asesoramiento de los centros de datos para registrar el número y tipo de los errores detectados por el control de calidad;
- b) Los datos procedentes de cada estación deberían compilarse en conjuntos sinópticos

 <p> <b>IDEAM</b>          Instituto de Hidrología,          Meteorología y          Estudios Ambientales       </p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y          MANTENIMIENTO DE ESTACIONES          METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 56 de 59

estructurados por períodos de tiempo. Estos conjuntos deberían utilizarse para identificar diferencias sistemáticas con respecto a estaciones vecinas, tanto en los campos espaciales como en las series cronológicas comparativas. Resulta útil realizar estadísticas del valor medio y de la dispersión de las diferencias. Para estos fines son de utilidad los métodos gráficos;

- c) Deberían obtenerse informes de las estaciones sobre el terreno acerca de las fallas de los equipos u otros aspectos del funcionamiento.

Estos tipos de registro son muy útiles para identificar fallas sistemáticas de funcionamiento, y para indicar medidas correctivas. Constituyen muy buenos indicadores de gran número de factores que afectan a los datos, como la exposición o los cambios de la calibración, el deterioro del equipo, la variación de la calidad de los elementos de consumo, o la necesidad de una nueva formación. Son especialmente importantes para mantener la confianza en el equipo automático.

Los resultados de la vigilancia del funcionamiento deberían comunicarse a las estaciones sobre el terreno, lo cual sería importante en términos de estímulo. Los resultados indican también cuándo es necesario reparar o mejorar el equipo instalado *in situ*.

La vigilancia del funcionamiento es una tarea ardua, y el administrador de la red le deberá asignar los recursos adecuados.

#### **5.13.4 ACOPIO DE DATOS, CALIDAD, ERRORES MÁS FRECUENTES, ERRORES POR INSTRUMENTAL, ERRORES SISTEMÁTICOS, ERRORES HUMANOS O DE OBSERVACIÓN**


Los datos deberían verificarse en tiempo real, o con el mayor grado de sincronía posible, en el primero y subsiguientes puntos en que se reciban o utilicen. Es muy recomendable aplicar las mismas comprobaciones urgentes a todos los datos, incluso a los que no se utilicen en tiempo real, ya que el control de calidad a posteriori tiende a ser menos efectivo.

Naturalmente, si existen procedimientos automáticos debería hacerse uso de ellos, aunque es posible realizar un control de calidad efectivo sin computadoras, o sólo con ayuda parcial de los sistemas de computación.

Como principio a seguir, habría que verificar todos los mensajes, preferiblemente en cada una de las fases de toda la cadena de datos.

Las comprobaciones realizadas en la estación suelen repetirse en los centros de datos, posiblemente en forma más elaborada, con ayuda de procedimientos automáticos. Los centros de datos, sin embargo, suelen tener acceso a otros datos de redes y pueden, por consiguiente, efectuar una verificación espacial contrastándolos con observaciones tomadas en estaciones circundantes, o con campos analizados o predichos. Este método es muy eficaz y constituye la aportación específica de los centros de datos.


Si se encontraran errores, los datos deberían ser rechazados, o corregidos tomando como referencia la fuente original, o bien corregidos en el centro de datos por deducción. Aunque la última de estas alternativas puede introducir sin duda nuevos errores, es válida en muchas circunstancias: los datos corregidos por este medio deberían marcarse en la base de datos.

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 57 de 59

El proceso de control de calidad produce datos de calidad establecida, que después podrán utilizarse para operaciones en tiempo real y para la constitución de un banco de datos.

Con todo, este proceso debería conllevar también la compilación de información sobre los errores encontrados. Es una buena práctica introducir, en el primero o subsiguientes puntos del procesamiento de los datos, un sistema que notifique inmediatamente al origen de los datos los errores encontrados, así como compilar un registro que pueda utilizar el gestor de la red para vigilar el comportamiento.

Lo mejor es realizar esta función a nivel regional, de manera que se pueda acceder fácilmente a las estaciones externas.

 <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 58 de 59

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Australian Government Service, Observers Guide, Bureau of Meteorology. January 1973, Canberra. Australia.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de instrumentos y Métodos de Observación – No 8/1996, Sexta Edición.

Bernal G. Germán H. Manual sobre el análisis, detección de errores y guías para la verificación y cálculo en los registros de brillo solar. Himat. Octubre 1984. Bogotá. Colombia.

Bernal G. Germán H. Procedimientos y Normas para Inspección de Estaciones Meteorológicas. (Documento preliminar y anotaciones personales). Diciembre 2007. Bogotá, Colombia.

Bernal G. Germán H. Geometría Solar y Trayectorias del Sol en Colombia. Himat. Enero 1989. Bogotá. Colombia.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Compendio de Apuntes sobre instrumentos Meteorológicos para la formación del personal Meteorológico de las clases III y IV – OMM No 622 – D.A. Simidchiev.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Compendio de Apuntes para la formación del personal Meteorológico de la clase IV – OMM No 266 – B.J. Retallack. Volumen I y II

Organización Meteorológica Mundial –OMM. (1992). *Vocabulario Meteorológico Internacional*. WMO/OMM/BMO - No. 182. Secretaria de la Organización Meteorológica Mundial. Segunda edición - Ginebra – Suiza.

IDEAM. Manual del Observador Meteorológico. 2001


IDEAM, UPME. Atlas de viento y energía eólica de Colombia, 2006.

IDEAM – Sistema Climático. Capítulo II: Variables básicas y protocolos.

Retallack. B.J. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico clase IV. OMM N° 266 Ginebra Suiza 1973.

Servicio Meteorológico Español. Apuntes de instrumentos Meteorológicos., 1976.

Wikipedia. Org.

 <p><b>IDEAM</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<b>MANUAL PARA LA OPERACIÓN, INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS</b>	<b>CÓDIGO:</b> M-GDI-M-M004
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA:</b> 12/11/2019
		<b>PÁGINA:</b> 59 de 59

## 7. CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1	12/11/2019	Elaboración del documento

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:
<b>CLAUDIA PATRICIA RODRÍGUEZ CONTRATISTA SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA</b>	<b>HUGO ARMANDO SAAVEDRA COORDINADOR GRUPO DE GESTIÓN DE DATOS Y RED METEOROLÓGICA SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA</b>	<b>ELIECER DAVID DÍAZ SUBDIRECTOR SUBDIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA</b>