



Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT  
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS  
AMBIENTALES  
**IDEAM**

Contrato 214 de 2010

**AJUSTE DEL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA  
DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN  
RESPONDIENDO A LOS INDICADORES AMBIENTALES DE SEGUIMIENTO DEL RECURSO  
HÍDRICO Y UN ESTUDIO DE REINGENIERÍA DE LA RED, EL CUAL DEBE DEFINIR LA RED  
BÁSICA NACIONAL PARA EL MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LAS  
NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA PARA LLEVAR A CABO SU IMPLEMENTACIÓN**

INFORME FINAL  
**PROTOCOLOS Y PROCEDIMIENTOS  
MONITOREO DE TEMPERATURA**

Presentado por:

**epam** s.a esp

Bogotá D.C., junio de 2011



Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
 ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

**CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN	1
1. ASPECTOS GENERALES	2
1.1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	2
1.2. MARCO CONCEPTUAL	3
1.2.1. El ciclo hidrológico	3
2. LA TEMPERATURA	5
3. ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE MONITOREO	9
3.1. TIPOS DE ESTACIONES	9
3.2. TIPOS DE REDES	11
3.3. FRECUENCIAS Y HORARIOS DE LECTURA	12
4. MEDIDA DE LA TEMPERATURA	14
4.1. PARÁMETROS A MEDIR Y UNIDADES DE MEDIDA	14
4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	15
4.3. INSTALACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INSTRUMENTAL	19
4.4. POSIBLES FALLAS Y CAUSAS DE ERRORES EN LOS INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA Y DE REGISTRO CONTINUO	20
4.5. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN	20
4.5.1. Medición con psicrómetro	20
4.5.2. Medición de temperaturas extremas	22
4.5.3. Medición de temperaturas con termógrafo	22
4.5.4. Datos suministrados por estaciones digitales, automáticas y por satélites	22
4.6. REGISTRO DE DATOS	24
4.6.1. Registro de datos en campo	24
4.6.2. Estaciones con telemetría y automáticas	25
4.7. VALIDACIÓN DE DATOS: CONTROL DE CALIDAD	26
4.7.1. Preverificación de los datos en la estación	27
4.7.2. Verificación de la información sobre el formato de lectura o Diario de Observaciones, en la oficina regional	28
4.7.3. Validación de los datos	31
4.8. PROCESAMIENTO DE DATOS	34
4.8.1. Entrada de datos al sistema	34
4.8.2. Cálculos y procesamiento	35
4.8.3. Salidas	35
4.8.4. Procesamiento secundario	35
4.9. ALMACENAMIENTO	36
4.10. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN	37
ANEXOS	39
ANEXO 1. FUNCIONES DE LOS OBSERVADORES METEOROLÓGICOS	41
ANEXO 2. FORMATOS TIPO	43
BIBLIOGRAFÍA	47



INFORME FINAL

epam s.a. esp

Contrato No. 214 de 2010

**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

## PROTOCOLO DE MONITOREO DE TEMPERATURA

### INTRODUCCIÓN

En el marco del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico, se ha creído necesario elaborar el protocolo de temperatura, dada la importancia de esta variable climatológica para estimar componentes del balance hídrico, como la evaporación y la evapotranspiración.

El Protocolo que se propone ha sido elaborado con base en la actualización, simplificación y, en algunos casos, ampliación de documentos previamente elaborados por el IDEAM, en especial el “Manual para la operación, inspección y mantenimiento de estaciones meteorológicas” (IDEAM-APCYTEL, 2008), el “Protocolo para el control de calidad de la información meteorológica en las etapas de obtención, evaluación, verificación, calculo y procesamiento” (IDEAM – Rangel E. y Torres L. A., 2005), y el “Manual del Observador Meteorológico” (2001). Así mismo contiene elementos tomados de las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial, de manera especial los contenidos en la Guía de Prácticas Hidrológicas (versiones 1994 y 2008).

Se pretende que el Protocolo sea la base alrededor del cual las distintas entidades que ejecutan monitoreo de temperatura homologuen o unifiquen sus procedimientos básicos.

El Protocolo se ha organizado en dos partes principales:

- Aspectos generales, que contienen los objetivos y el marco conceptual general.
- El método de monitoreo, o conjunto de procedimientos técnicos para la medición, el muestreo, el procesamiento, la validación, el almacenamiento y la difusión de los datos del monitoreo

El Protocolo va hasta el nivel de generación y procesamiento de la información básica que el IDEAM debe generar para conocer la oferta hídrica nacional y para uso del usuario general que requiere conocer los promedios y valores extremos máximos y mínimos horarios, diarios, mensuales y anuales de temperatura, así como elaborar mapas de distribución espacial y promedios regionales de temperatura. Procedimientos específicos para monitoreos más especializados sobre temperatura y/o para procesamientos especializados de los datos de para distintos fines, salen del alcance de este Protocolo.

El monitoreo y seguimiento del recurso hídrico es una función legal del IDEAM a nivel nacional, de las corporaciones autónomas regionales (CARs) a nivel regional, y de las autoridades ambientales urbanas, municipios y organismos de prevención y atención de desastres a nivel local. Estas funciones derivan de las siguientes normas, entre otras: Decreto-Ley 2811 de 1974, Ley 99 de 1993, Ley 373 de 1997 (ahorro y uso eficiente del agua), Ley 715 de 2001 (vigilancia de municipios), decretos 1541 de 1978, 1594 de 1984, 1276 de 1994 (INVEMAR), 1277 de 1994 (IDEAM), 1600 de 1994 (SINA), 1603 de 1994 (Institutos HUMBOLDT, SINCHI Y NEUMANN), 155 de 2004, 3100 de 2003, 1200 de 2004, 3440 de 2004, 1323 de 2007 (SIRH), 1324 de 2007, 1575 de 2007, 2370 de 2009, 3930 de 2010, y resoluciones 0643 de 2004, 1433 de 2004, 941 de 2009 (SIUR y RUA) del MAVDT.

## 1. ASPECTOS GENERALES

### 1.1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

#### Objetivo general

De acuerdo con las estrategias para el logro de los objetivos de la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico establecidos por el Gobierno Nacional<sup>1</sup>, el objetivo general para el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (PNMRH) puede establecerse así:

“Formular y ejecutar un plan integrado de monitoreo del recurso hídrico que permita conocer la cantidad y calidad del mismo a nivel nacional, regional y local, con la participación y responsabilidad de las autoridades ambientales de estos niveles, con protocolos compartidos y bajo la vigilancia de la autoridad nacional, con el fin de garantizar la calidad de la información generada”.

#### Objetivos específicos

De acuerdo con los componentes de este objetivo general y de las líneas estratégicas definidas por el Gobierno Nacional, los objetivos específicos del PNMRH en materia de temperatura pueden desglosarse así:

Objetivos técnicos a nivel nacional:

1. Actualizar, complementar, operar y mantener la red de monitoreo de la temperatura del aire a nivel nacional, tomando como referencia las 41 zonas hidrográficas definidas por el IDEAM.

Objetivos técnicos a nivel regional y local:

2. Homologar, consolidar y compartir los sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de la temperatura del aire y su distribución espacio-temporal en la cuenca hidrográfica, de acuerdo con prioridades fijadas en el Plan Hídrico Nacional, y con la finalidad de apoyar la planeación de proyectos de aprovechamiento y control del recurso hídrico.

Líneas propedéuticas:

3. Integrar en un sistema jerarquizado las redes y programas de monitoreo regional y local de temperatura del aire, y establecer protocolos comunes de instalación, operación, procesamiento y control de calidad.

<sup>1</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente. Política Nacional para la gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá. 2010.

## Justificación de las mediciones

Las mediciones de temperatura del aire se justifican por su uso para los siguientes fines, entre otros:

- Estimación de evaporación y evapotranspiración, para el establecimiento de balances hídricos.
- Protección de la navegación aérea, terrestre y acuática.
- Diseño de obras civiles (alcantarillados, presas, carreteras, etc.)
- Planificación y control de riego y drenaje en actividades como la agricultura, ganadería y silvicultura.
- Pronóstico del tiempo, prevención y atención de desastres naturales y estudios de riesgo.
- Predicción del clima y elaboración de escenarios de cambio climático.
- 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.)

## 1.2. MARCO CONCEPTUAL

### 1.2.1. El ciclo hidrológico

El agua es un recurso natural renovable, es decir, en continua transformación. Una vez que el agua lluvia cae sobre el suelo, parte de ella corre sobre la superficie y llega en forma más o menos rápida a los ríos, lagos y finalmente al mar; otra parte se infiltra en el suelo, alcanzando a veces profundidades grandes, pero finalmente resurge a través de manantiales y llega también a los ríos y al mar. En este recorrido, parte del agua es absorbida por las plantas y luego transpirada a través de sus órganos aéreos, de donde se evapora a la atmósfera, y otra parte se evapora directamente desde el suelo, los ríos, los lagos y el propio mar<sup>2</sup>.

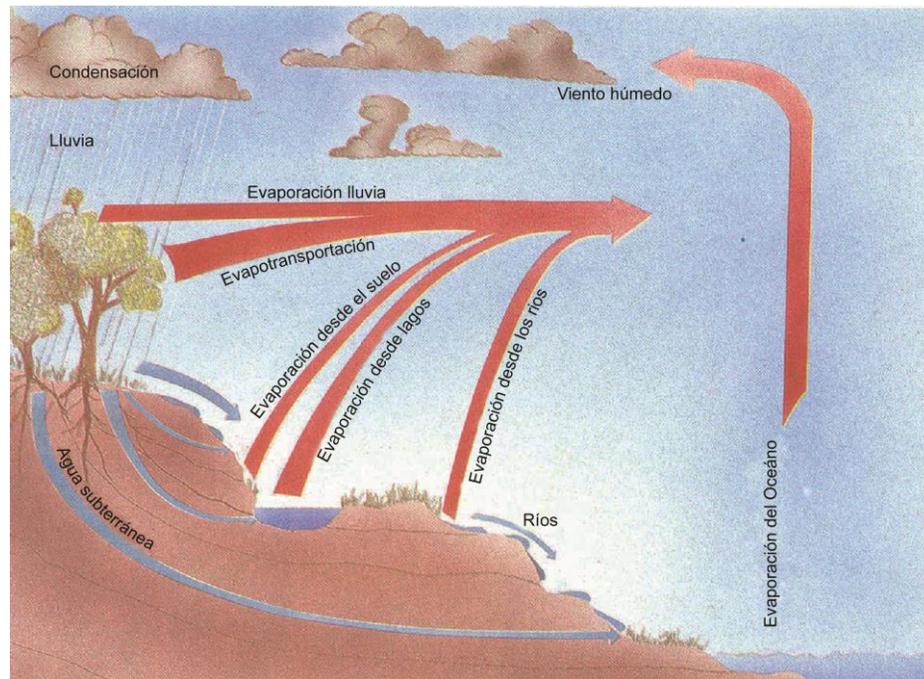
Una vez en la atmósfera, el vapor de agua es transportado por los vientos y forzado a ascender, procesos en el cual se condensa y cae nuevamente en forma de lluvia. Este proceso es conocido como el “ciclo hidrológico” (figura 1).

En este ciclo la temperatura del aire juega un papel crítico, toda vez que es la responsable de la evaporación y transpiración de las plantas, procesos mediante los cuales el agua que cae en forma de precipitación es devuelta a la atmósfera en forma de vapor de agua. A mayor temperatura mayor evaporación. De otro lado, el calentamiento diferencial de la superficie de la tierra es responsable de la formación de corrientes de aire, tanto a nivel local como planetario, las cuales, al ascender y enfriarse originan la condensación de las gotas de lluvia y su posterior precipitación (ver protocolo de lluvia).

---

<sup>2</sup>De Pérez Preciado, A., op. cit.

Figura 1. El ciclo hidrológico



Fuente: Pérez Preciado, 1989

## 2. LA TEMPERATURA

Desde el punto de vista físico, la temperatura es una magnitud escalar que depende del grado de agitación de las partículas que conforman un material; a mayor agitación, mayor es la temperatura. En este sentido, la temperatura también puede interpretarse como la medida del estado térmico de una sustancia en relación con su habilidad de intercambiar calor con las sustancias ubicadas a su alrededor<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista meteorológico, la temperatura del aire es la medida de la energía cinética media (nivel de agitación) de las moléculas del aire en el punto ubicación de un termómetro.

Fisiológicamente, la temperatura es el resultado de la sensación de frío o calor que experimente un cuerpo biológico.

### Génesis de la temperatura<sup>4</sup>

La dinámica de los procesos atmosféricos y del clima en general es causada por la energía solar. Esta energía llega a la tierra en forma de radiación de onda corta, la cual es en parte reflejada en todas las direcciones y en parte absorbida por las moléculas de aire de la atmósfera, y en parte llega en forma directa a la superficie terrestre. Por tanto, la radiación global que alcanza la superficie terrestre está conformada por radiación solar directa, por radiación difusa o reflejada por la atmósfera sobre la tierra y por radiación parcial de la energía absorbida por la atmósfera (otra parte de la energía absorbida es irradiada hacia el espacio). Se estima que las dos terceras partes de la energía radiante atmosférica son devueltas directamente a la superficie, con lo cual se suministra una fuente de energía adicional a la radiación solar directa.

A su vez, la radiación global incidente es reflejada o absorbida por la superficie terrestre. La radiación absorbida por la superficie es devuelta luego en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

El vapor de agua y el CO<sub>2</sub> que se encuentran en la atmósfera tienen la propiedad de ser relativamente transparentes a la radiación solar en el rango visible, pero absorben bien la radiación de onda larga procedente de la Tierra. A su vez, los gases y el agua que absorben la radiación de la Tierra también son buenos radiadores de energía.

El intercambio de energía entre la atmósfera y la superficie terrestre es conocido como efecto invernadero natural. La temperatura media global de la atmósfera cerca de la superficie sería de 23°C por debajo de cero, pero gracias a este efecto invernadero, la temperatura media del planeta es de 15°C. El clima terrestre depende del balance energético entre la radiación solar y la radiación emitida por la Tierra, donde los gases invernadero desempeñan un rol importante.

La radiación global incidente en un sitio y momento dados depende de la altura del sol sobre el horizonte (hora del día), de la estación del año, de la latitud y de las condiciones atmosféricas

<sup>3</sup>Con base en IDEAM, Apcytel, 2008.

<sup>4</sup> De acuerdo con IDEAM, Atlas Climatológico de Colombia, 2005.

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

locales reinantes, como la nubosidad, la altitud, las condiciones de la superficie y la presencia de partículas (contaminación). A mayor nubosidad y partículas, mayor será la difusión y menor la cantidad de radiación neta recibida. A mayor altitud, menor el espesor de la atmósfera y menor la difusión. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura.

De lo anterior se desprende que las variaciones de temperatura son ocasionadas por los siguientes factores principales:<sup>5</sup>

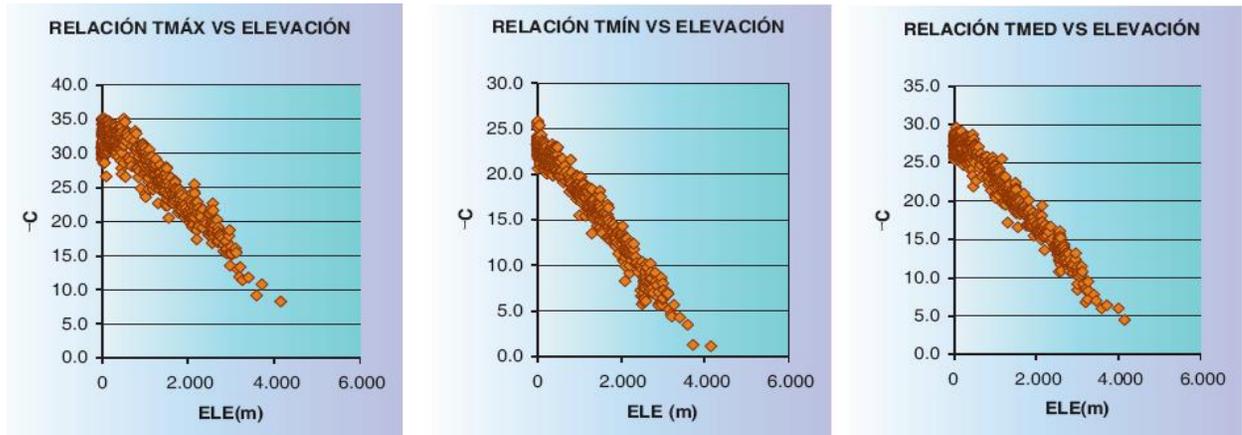
- La rotación de la Tierra sobre su eje genera la sucesión del día y la noche y, por tanto, una variación diurna de la temperatura.
- La traslación de la Tierra en su órbita alrededor del Sol una vez cada año genera una variación estacional de la temperatura, dando lugar a las cuatro estaciones térmicas: verano, otoño, invierno y primavera. Las estaciones están relacionadas con la inclinación del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano de su órbita, lo cual hace que el ángulo de incidencia de los rayos solares varíe estacionalmente, en forma diferente para ambos hemisferios: durante los meses de junio, julio y agosto el hemisferio norte recibe más energía solar, originando el verano en este hemisferio, mientras que en diciembre, enero y febrero es el hemisferio sur el que recibe más radiación, originando el verano en este hemisferio; por estas mismas razones, cuando en un hemisferio es verano, en el otro es invierno, por recibir menos radiación. En la zona intertropical la energía que se recibe es casi la misma a lo largo del año, lo cual ocasiona una mayor uniformidad en la distribución de las temperaturas a lo largo de los 12 meses del año.
- La inclinación del eje de rotación y la posición latitudinal generan igualmente una distribución natural de la temperatura, desde la zona cálida ecuatorial hasta las zonas frías polares, debido a que el ángulo de incidencia de los rayos solares varía con la latitud geográfica.
- Los tipos de superficie terrestre, representados en distintos tipos de suelo, vegetación y/o humedad del suelo, generan diferencias en su capacidad calorífica, lo cual se manifiesta en variaciones de temperatura.
- La altitud o altura sobre el nivel del mar tiene igualmente una gran influencia sobre los cambios de temperatura. En la tropósfera, la temperatura decrece normalmente con un gradiente cercano a 6,5°C por cada 1.000 metros de altitud (figura 2).
- No obstante, bajo condiciones especiales, se puede dar una inversión térmica, manifestada en un incremento local de la temperatura con la altura, lo cual genera efectos como el smog, debido a que los contaminantes quedan atrapados en la capa más fría cercana al suelo, como sucede en ciertas zonas urbanas.

Como producto de todos estos factores, la figura 3 muestra el mapa de distribución de la temperatura media anual en Colombia.

<sup>5</sup>Con base en IDEAM, Atlas Climatológico de Colombia, 2005.

Contrato No. 214 de 2010  
AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN

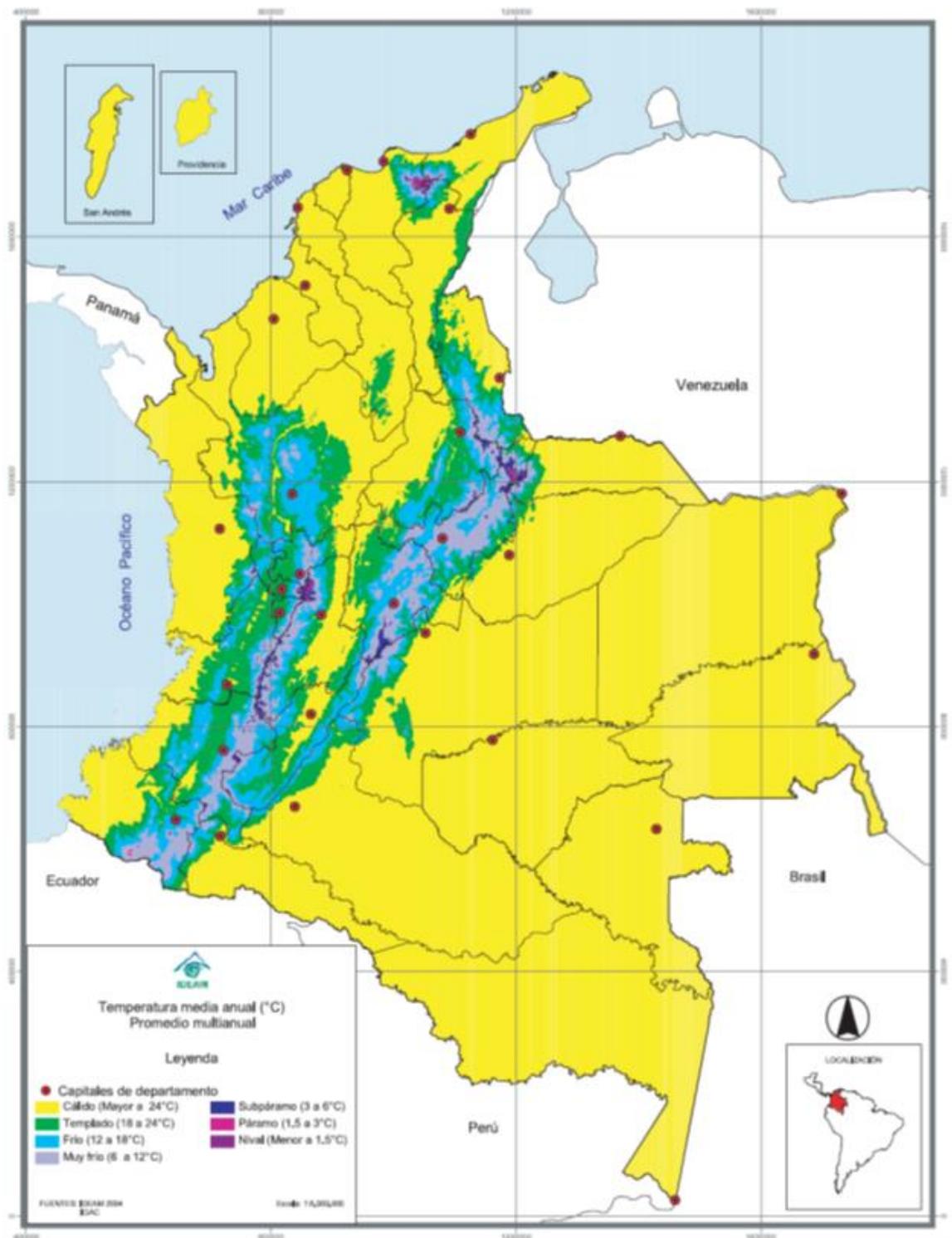
Figura 2. Relación de la temperatura con la altitud



Fuente: IDEAM, Atlas climatológico de Colombia, 2005

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

**Figura 3. Relación de la temperatura con la altitud**



Fuente: IDEAM, Atlas climatológico de Colombia, 2005

### 3. ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE MONITOREO

#### 3.1. TIPOS DE ESTACIONES

La medición de la temperatura se hace en los siguientes tipos de estaciones:

*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). Miden visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima a 2 metros, humedad, viento, radiación, brillo solar, evaporación, temperaturas extremas del tanque de evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores. Por lo general se efectúan tres observaciones diarias.

Estación climatológica ordinaria (CO). Miden 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.* Generan datos meteorológicos de gran calidad y con una alta frecuencia diaria, de tal forma que permiten conocer, en forma continua, las condiciones del estado del tiempo y sus evoluciones en un amplio sector. De acuerdo con la calidad, frecuencia y representatividad de las observaciones, esta categoría de estaciones meteorológicas se divide en dos grandes tipos: principales y suplementaria.

Estación sinóptica principal (SP). Hacen observaciones horarias de los principales elementos meteorológicos, a saber: 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, capa 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 suplementaria (SS). Al igual que en la anterior, miden a horas convenidas internacionalmente: 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 agrometeorológicas (AM).* Hacen 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 las plantas y 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)

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

*Estación de radiosonda (RS).* Tiene por finalidad la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera (troposfera y baja estratosfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos o de radar, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente.

*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.

*Estaciones meteorológicas automáticas.* Miden la mayoría de las variables requeridas para fines sinópticos, climatológicos o aeronáuticos, pero 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 son los mismos que para las estaciones convencionales.

Existen otros tipos de estaciones, como las pluviográficas (PG) y pluviométricas (PM), en las que no se mide la temperatura. Como referencia, la tabla 1 muestra los instrumentos meteorológicos que se instalan en los principales tipos de estaciones consideradas anteriormente:

**Tabla 1. Instrumentos empleados en las estaciones meteorológicas**

	SP	SS	CP	CO	AM	RS	MM
Termógrafo	x		x		x	x	
Sicrómetro y T. Extremas	x	x	x	x	x	x	x
Higrógrafo	x		x		x	x	
Anemógrafo	x	x	x		x	x	
Anemómetro			x		x		
Heliógrafo	x		x		x	x	
Actinógrafo	x		x		x	x	
Tanque de evaporación			x		x		
Barómetro	x	x				x	
Microbarógrafo	x	x				x	
Rociógrafo					x		
Extremas 5 y 10 cms.					x		
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		
Pluviómetro	x	x	x	x	x	x	x
Pluviógrafo	x	x	x	x	x	x	x
Limnímetro							x
Limnógrafo							x
Mareógrafo							x

### 3.2. TIPOS DE REDES

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. De acuerdo con los tipos de estaciones que la conforman, puede haber los siguientes tipos de redes en las cuales se mide la temperatura:

- *Red climatológica:* está conformada por estaciones climatológicas principales y ordinarias, en las cuales se toman datos tres veces al día y/o mediante registro continuo.
- *Red agrometeorológica:* compuesta por estaciones agrometeorológicas, cubre especialmente zonas agrícolas y se localizan dentro de granjas experimentales o institutos de investigación aplicada, dedicados a la agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura y edafología.
- *Red sinóptica:* compuesta por estaciones sinópticas, es la red básica para el seguimiento, diagnóstico y pronóstico del tiempo y la navegación aérea, por lo cual están localizadas principalmente en los aeropuertos del país. Para el diagnóstico y pronóstico del tiempo es necesario realizar el seguimiento de los procesos de escala sinóptica (escala espacial del orden de los 1.000 kilómetros y temporal de 3 a 5 días).
- *Red aerológica o de radiosonda:* realiza mediciones desde las variables meteorológicas a diferentes alturas en la atmósfera por medio de radiosondeos. Opera en los aeropuertos de San Andrés, Bogotá, Leticia, Riohacha, Marandúa y Puerto Carreño.
- *Red mareográfica:* está compuesta por mareógrafos localizados en el océano Pacífico y el mar Caribe, y tiene su objetivo es 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.

De acuerdo con el espaciamiento o densidad de las estaciones, se pueden distinguir los siguientes tipos de redes (según OMM, en IDEAM, 2008):

- De pequeña escala (menos de 100 km de distancia.): útiles para el estudio y seguimiento de tormentas, vientos locales y tomados.
- De mesoescala (100 a 1.000 km de distancia.), útiles para el seguimiento de frentes y formaciones de nubes.
- De gran escala (1.000 a 5.000 km.), útiles para el seguimiento de depresiones y anticiclones.
- De escala planetaria (más de 5.000 km de distancia), útiles para el seguimiento y estudio de ondas largas en la troposfera superior, entre otras.

No obstante, para el diseño de una red se deben tener en cuenta, además:

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

- Los costos de instalación y operación, que, a su vez, dependen del objetivo para el cual serán utilizados los datos.
- La topografía de la región a servir por la red: 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.

### 3.3. FRECUENCIAS Y HORARIOS DE LECTURA

#### Frecuencia de medición

##### *Termómetros*

Los tiempos comunes de observación de la temperatura pueden ir cada hora, cada tres horas y a diario, para fines sinópticos y climatológicos.

En 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. Es absolutamente indispensable que las observaciones meteorológicas sean hechas con puntualidad. Dado que es imposible observar todos los elementos simultáneamente, las observaciones deben realizarse dentro del período de diez (10) minutos anteriores a la hora exacta de observación, excepto para la presión atmosférica, cuya medición debe ser hechas exactamente a las horas prescritas.

En estaciones sinópticas las observaciones meteorológicas se pueden hacer a intervalos de una, tres o seis horas (0000, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, y 2100 UTC). En la mayoría de los países, estas estaciones son las fundamentales de los programas de observación meteorológica y climatológica. Si el observador tiene que efectuar tres observaciones por día, es muy conveniente que las horas estén relacionadas con el amanecer, el atardecer y el mediodía. Para estaciones en que sólo se hacen una o dos observaciones diarias, es recomendable seleccionar las horas sinópticas para realizarlas. La temperatura mínima se lee a las 07 HLC, y la máxima a las 19 HLC

En estaciones automáticas de superficie, el registro es horario y continuo (según las horas de operación). Para las temperaturas mínimas y máximas se registra el valor y la hora.

##### *Termógrafos*

En aparatos de registro continuo, la frecuencia se refiere al cambio de bandas registradoras, la cual está determinada por el tiempo en que la estación pueda estar funcionando sin mantenimiento. En general, los termógrafos más utilizados son los de tambor, en los cuales la banda va colocada sobre un tambor que hace un giro diario, semanal o en el período que se desee. La velocidad de arrastre de la banda puede ser alterada para que sirva para períodos de una semana, un mes o más largos.

Se debe lograr un equilibrio entre la frecuencia de visitas para cambio de bandas, la información a recopilar y los costos. Para reducir gastos de operación, un observador debidamente entrenado puede cambiar las bandas y almacenar las usadas hasta su recolección por parte del personal de inspección. La introducción de registradores electrónicos de datos y la transmisión

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

de datos por teléfono o satélite, la frecuencia de inspección y la recolección de datos de las estaciones podrían cambiar mucho. Sin embargo, cabe señalar que para garantizar la calidad de la información, es necesario un mantenimiento regular de la estación.

### **Frecuencia de inspecciones a las estaciones**

Se recomienda que cada estación sea visitada como mínimo cada tres meses (4 veces al año). Estas visitas tienen por objeto recoger los formatos de registro diario, revisar el estado del equipo, hacer las reparaciones que sean del caso, pagar al observador, dar instrucciones para corregir errores que se presenten en el registro de los datos, etc. Las visitas estarán a cargo del funcionario a cargo de la zona, con su ayudante.

La misma frecuencia se recomienda para estaciones registradoras, siempre y cuando el cambio de las bandas de registro sea realizado directamente por el observador debidamente entrenado para el efecto. En caso contrario, las visitas de inspección deben llevarse a cabo con la frecuencia que exija el cambio de banda. En las estaciones registradoras automáticas, las observaciones son anotadas en forma gráfica o digital, de acuerdo con el manual de operación de la estación.

### **Frecuencia de transmisión de los datos de precipitación de campo a oficina**

La frecuencia de transmisión del dato de campo a oficina está en relación con el objetivo de la red de monitoreo:

- Para los fines de la red nacional, la frecuencia de transmisión puede ser la misma de inspección (cada tres meses).
- En los casos de redes regionales o locales con otros fines, la frecuencia de transmisión puede ser diferente:
  - Así por ejemplo, en estaciones utilizadas para fines de pronóstico, la transmisión debe ser como mínimo diaria. Las estaciones automáticas satelitales tienen la capacidad de transmitir en forma horaria, por lo cual son muy útiles para este propósito.
  - Las estaciones sinópticas principales automáticas transmiten con una frecuencia diezminutal, lo cual es importante para la operación de aeropuertos. Las sinópticas convencionales transmiten en forma horaria.
  - Para proyectos específicos como proyectos de riego, control de heladas u otros, la frecuencia puede ser horaria, como mínimo.
  - En todo caso, la frecuencia la define el usuario o propietario del proyecto.

Previo el envío de los datos a la oficina central de la entidad, los mismos deben ser objeto de un control de calidad por parte del Área Operativa o entidad involucrada, tal como se describe en la sección de validación.

## 4. MEDIDA DE LA TEMPERATURA

### 4.1. PARÁMETROS A MEDIR Y UNIDADES DE MEDIDA

Los principales *parámetros* de la temperatura a medir son:

- Temperatura del aire en el momento de la medición.
- Temperatura media diaria: promedio de los valores instantáneos observados, según la lectura de la tarde sea a las 18 o a las 19 horas, así:  

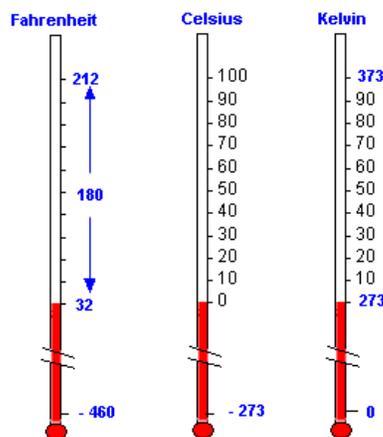
$$\text{Temperatura media diaria}_{18} = (T_{07}+T_{13}+T_{18})/3$$

$$\text{Temperatura media diaria}_{19} = (T_{07}+T_{13}+2*T_{19})/4$$
- Temperaturas extremas diarias: temperaturas máxima y mínima observadas durante las 24 horas de un día.
- Temperatura media mensual: promedio de las temperaturas medias diarias del mes.  
 Temperatura media anual: promedio de las temperaturas medias mensuales.
- Temperatura máxima media mensual: promedio de las temperaturas máximas diarias del mes.
- Temperatura mínima media mensual: promedio de las temperaturas mínimas diarias del mes.

*Unidades de medida.* 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 fue adoptada en 1948, con base en la lectura de un instrumento patrón que permite medir 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 o escala de grados Kelvin (°K) se define asignando la temperatura de 273,16 °K al punto de fusión del hielo. En algunos países se usa la escala Fahrenheit, en la cual el punto de fusión del hielo corresponde a 32°F (ver figura 4).

**Figura 4. Comparación de escalas de medición de temperatura**



Fuente: IDEAM, Apcytel, 2008

La conversión entre las tres escalas se puede hacer mediante las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Kelvin (}^\circ\text{K) a Celsius (}^\circ\text{C)} & \quad ^\circ\text{C} = ^\circ\text{K} - 273,16 \\ \text{Celsius (}^\circ\text{C) a Fahrenheit (}^\circ\text{F)} & \quad ^\circ\text{F} = (9/5) \times ^\circ\text{C} + 32 \\ \text{Fahrenheit (}^\circ\text{F) a Celsius (}^\circ\text{C)} & \quad ^\circ\text{C} = (5/9) \times (^\circ\text{F} - 32) \end{aligned}$$

## 4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Las lecturas se pueden hacer con instrumentos de lectura directa denominados psicrómetros (termómetro seco para temperatura media), termómetros de mercurio para la temperatura máxima y termómetros de alcohol para la temperatura mínima, o mediante instrumentos del registro constituidos por termógrafos bimetalicos, termocuplas y termohigrógrafos.

### El psicrómetro

Se compone de dos termómetros iguales montados en un soporte metálico, el seco y el húmedo. El termómetro seco indica la temperatura del aire en el momento de la observación; el húmedo es similar al seco con su bulbo cubierto por una delgada tela de algodón (muselina), que, en ausencia de ventilación artificial, permanece humedecida al tener uno de sus extremos sumergido en agua, y, con ventilación artificial, es humedecida en el momento de la observación y secada mediante un ventilador.

Dado que la evaporación del agua de la muselina causa un descenso de la temperatura, la diferencia entre las temperaturas de los dos termómetros es la diferencia sicrométrica, que depende de la humedad relativa del aire y de la velocidad de éste alrededor de la muselina.

**Figura 5. Psicrómetro**



Fuente: IDEAM, Atlas climatológico de Colombia, 2005

La rapidez de evaporación del agua de la muselina es mayor mientras más seco sea el aire, por lo cual la diferencia sicrométrica es proporcional a esta rapidez de evaporación. Los sicrómetros son de dos tipos, con ventilación artificial y con ventilación natural. Los de ventilación artificial están dotados de un dispositivo para la ventilación artificial del termómetro húmedo. De la diferencia entre las temperaturas de los termómetros seco y húmedo se obtiene por cálculo o usando las tablas sicrométricas respectivas para cada elevación, la humedad relativa, el punto de rocío y la tensión del vapor del momento.

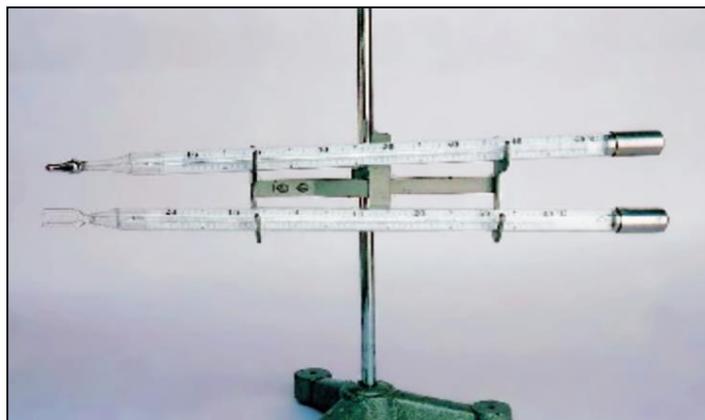
### El termómetro seco

Está constituido por un depósito de vidrio esférico o cilíndrico, prolongado por un tubo capilar igualmente de vidrio, cerrado en el otro extremo. Por el calor, el mercurio contenido en el depósito pasa al tubo y hace subir la columna. El tubo de vidrio está dividido con una escala o reglilla con graduaciones cada 0,2 grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). La temperatura se lee sobre la graduación correspondiente al extremo de la columna de mercurio. La parte superior de la columna de mercurio es una superficie curva denominada menisco (figura 5).

### Termómetro de máxima

Es un termómetro común de mercurio en tubo de vidrio con un estrangulamiento (estrechamiento) cerca del bulbo, de tal forma que cuando la temperatura baja, la columna no tiene la suficiente fuerza para pasar el estrangulamiento y su extremo libre queda en la posición más avanzada que haya ocupado durante el período, o sea marcando el valor de la temperatura más alta presentada durante el período (figura 6).

### Figura 6. Termómetros de máxima y de mínima



Fuente: IDEAM, Atlas climatológico de Colombia, 2005

### Termómetro de mínima

Es un termómetro cuyo elemento sensible es alcohol y lleva en el interior de su tubo capilar un índice de vidrio o esmalte de color oscuro de unos dos centímetros de longitud siempre sumergido en alcohol. El termómetro se coloca en la garita o caseta, sobre un soporte que lo mantiene ligeramente inclinado, con el depósito hacia abajo. Si la temperatura baja, el alcohol

se contrae y el índice es arrastrado hacia el depósito del instrumento. Cuando la temperatura sube, la columna de alcohol se alarga, pero el índice permanece donde estaba, indicando la temperatura más baja presentada en el período (figura 6).

## Termógrafo

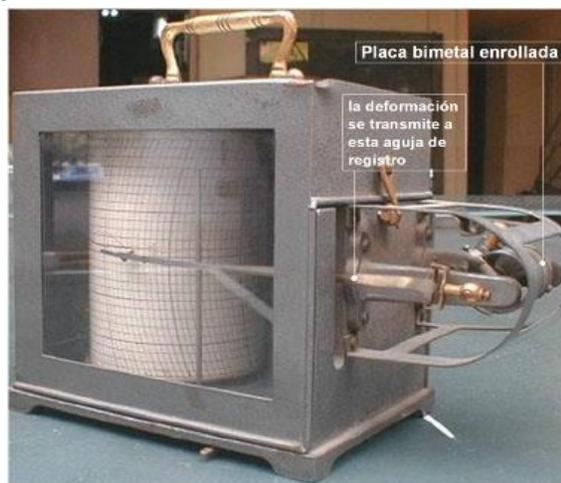
Se utiliza para obtener un registro continuo de la temperatura del aire, el cual se instala dentro de una caseta similar a la caseta termométrica. El elemento sensible consta de dos tiras metálicas soldadas una encima de la otra y en general arrolladas en forma de semiluna o en espiral. Dispone de un 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.

Se utilizan los siguientes métodos de registro: 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).

Los tambores registradores tienen dos combinaciones posibles: a) el mecanismo de relojería va fijo al instrumento (solo gira el tambor), sistema con el cual existe menos riesgo de deteriorar el reloj; b) el mecanismo de relojería va fijo en el interior del tambor (gira con él). En ambos casos, 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.

Las fajas o bandas de registro tienen trazadas líneas que indican el tiempo en forma de arco de círculo, cuya separación en sentido vertical sobre el diagrama es 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.

**Figura 7. Termógrafo**



Fuente: IDEAM, Apcytel, 2008

## Termohigrógrafo

Es un instrumento de registro continuo de la temperatura y humedad relativa. En la parte superior de la gráfica se inscribe la temperatura en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), con una escala graduada de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , y también los días de la semana y las horas del día. En la parte inferior se encuentra la gráfica de la humedad relativa en porcentaje (%) con una escala de 0 a 100%.

## Marcas de tiempo.

Dado que la marcha del mecanismo del reloj del termógrafo y/o termohigrógrafo es algunas veces irregular y por ello sus registros pueden ser diferentes a los medidos en los instrumentos de lectura directa (termómetros), se deben hacer en las fajas del termógrafo las denominadas "marcas de tiempo", a fin de facilitar su evaluación posterior. Las horas para efectuar dichas marcas son las 07, 13 y 19 HLC, y 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.

## Equipos automáticos

En la actualidad, están disponibles en el mercado equipos y estaciones automáticas, con sensores para medición de temperatura y con la opción de almacenar y transmitir los datos vía teléfono, radio o satélite (ver figuras 8 y 9).

## Figura 8. Medidor automático de temperatura, humedad y vientos



Fuente: [www.climatronics.com](http://www.climatronics.com)

**Figura 9. Estación automática con sensor de temperatura**



Fuente: [www.campbellsci.co.uk](http://www.campbellsci.co.uk)

#### 4.3. INSTALACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INSTRUMENTAL

La instalación procede cuando se trata de una estación nueva, caso en el cual se debe proceder a realizar las actividades indicadas en la figura 10:

**Figura 10. Proceso para instalación de una estación**



- La negociación de la servidumbre puede ser por contrato de arrendamiento, cesión temporal, comodato u otro que se acuerde con el propietario.
- El lote debe limpiarse de la vegetación arbórea, arbustiva o maleza alta que pudiese tener. Se debe buscar que el predio no tenga árboles y esté a más de 10 metros de árboles o vías de tráfico intenso, y a más de 4H de distancia de edificaciones u obstáculos cercanos, siendo H la altura del obstáculo.
- Los termómetros y termógrafos deben colocarse al interior de una caseta o garita.
- El cerramiento del lote debe ser en malla metálica, preferiblemente plastificada, con postes de acero en las esquinas, empotrados en una base de concreto. Los tamaños de las estaciones varían entre 7 x 10,5 m (CO) y 10,5 x 14 m (CP y AM) (figura 11).

Para obtener información exacta y comparable, es necesario que la instalación de los instrumentos sea similar en todas las estaciones. Para este efecto, los instrumentos medidores de la temperatura y la humedad del aire (sicrómetro, termómetro de máxima, termómetro de mínima y los registradores respectivos -termógrafo, hidrógrafo) se ubican dentro de una caseta o garita meteorológica.

**Figura 11. Vista de una estación climatológica**



Fuente: IDEAM, Atlas climatológico de Colombia, 2005

La garita meteorológica se diseña de tal manera que permita eliminar los efectos de la radiación solar directa, la exposición a la intemperie y al tiempo atmosférico adverso sobre los instrumentos, asegurando iguales condiciones meteorológicas que las del aire exterior. Existen numerosas variedades de casetas, cuyas características más importantes, son<sup>6</sup>:

1. 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.

#### **4.4. POSIBLES FALLAS Y CAUSAS DE ERRORES EN LOS INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA Y DE REGISTRO CONTINUO**

La tabla 2 muestra una relación de las fallas y/o errores más frecuentes en la instalación, operación y mantenimiento de los instrumentos de medición de temperatura, de acuerdo con la experiencia del IDEAM.

#### **4.5. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN**

##### **4.5.1. Medición con psicrómetro**

Normalmente, en la garita meteorológica están instalados tanto el sicrómetro como los termómetros de máxima y mínima. Para realizar las lecturas de temperatura se procede en la forma indicada en las figuras 12 y 13.

<sup>6</sup> IDEAM, Apcytel, 2008

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

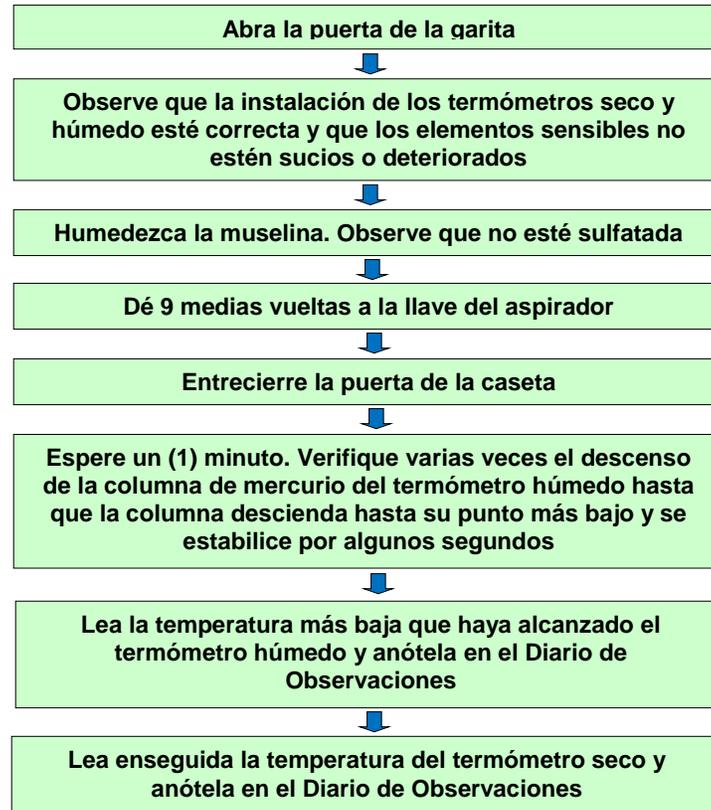
**Tabla 2. Errores más frecuentes en la instalación, operación y mantenimiento de instrumentos de medición de temperatura**

Errores de instalación caseta termométrica	Fallas en el aspirador y en los termómetros	Fallas en el termógrafo o termohigrógrafo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No cumple con especificaciones OMM.</li> <li>• No cierra</li> <li>• No posee techo doble</li> <li>• No está orientada hacia el Norte (en el hemisferio norte), o hacia el Sur (en el hemisferio sur).</li> <li>• Altura diferente a la establecida.</li> <li>• Desnivelada.</li> <li>• Existen obstáculos que proyectan sombra.</li> <li>• No permite la libre circulación del aire en su interior (presencia de objetos).</li> <li>• Escalera muy distante de la caseta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetros fraccionados. (En estos casos, el error es igual a la magnitud de la fracción).</li> <li>• Termómetros con reacción deficiente (falta de sensibilidad).</li> <li>• Patronamiento no frecuente o sin patronar.</li> <li>• Aspirador deficiente o en mal estado, con conductos obstruidos o bujes desgastados.</li> <li>• Soporte de los termómetros, inestable.</li> <li>• Falta de empaques.</li> <li>• Muselina insuficiente, sucia, no humedecida correctamente o no cubre correctamente el bulbo.</li> <li>• Termómetro húmedo con residuos o sulfatado.</li> <li>• Caperuzas con obstáculos.</li> <li>• Soporte del termómetro de máxima falto de inclinación.</li> <li>• Estrangulamiento del termómetro de máxima deficiente o en mal estado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores por amplitud: valores extremos de temperatura y humedad posiblemente no se ajustan a los históricamente registrados en la estación.</li> <li>• Error por rozamiento de los ejes.</li> <li>• Brazo porta-plumilla largo/corto.</li> <li>• Gráficas mal cortadas (registros con pendiente, cero desplazado) y/o de mala calidad.</li> <li>• Registros deficientes (muy grueso o ancho, débil o ilegible), demasiada o poca presión en la plumilla.</li> <li>• Registros deficientes por mal funcionamiento de la plumilla o del brazo que la sostiene.</li> <li>• Plumilla en mal estado o defectuosa.</li> <li>• Elemento sensible deteriorado (bimetal en el termógrafo, haz de cabellos en el higrógrafo).</li> <li>• Bimetal del termógrafo, pintado.</li> <li>• Falta de sensibilidad por la presencia de insectos, ranas, etc.</li> <li>• Mal funcionamiento sistema relojería: atraso o adelanto del reloj. (Se requiere realizar el ajuste de tiempo).</li> <li>• Tinta de mala calidad</li> <li>• Instrumentos descalibrados: termógrafo fuera de rangos; higrógrafo con registros superiores al 100%.</li> <li>• Instrumentos sin mantenimiento o mantenimiento defectuoso.</li> </ul>

<b>Errores de observación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Error de paralaje</li> <li>• Termómetros sucios</li> <li>• Muselina del termómetro húmedo sulfatada.</li> <li>• Muselina de color diferente al blanco y de material distinto al hilo. (Esta permite determinar el grado de suciedad para realizar el mantenimiento respectivo)</li> <li>• Termómetros cogidos por el bulbo</li> <li>• Termómetro de mínima leído por extremo del índice más cercano al bulbo</li> <li>• Termómetros de extremas (máxima y mínima) no "puestos a punto" (datos consecutivos con el mismo valor) o puestos a punto incorrectamente).</li> <li>• Leer los termómetro de mínima o máxima, luego de ponerlos a punto</li> <li>• Termómetros del sicrómetro, mal ventilados (cuerda insuficiente en el aspirador), y/o mal leídos</li> <li>• Aspirador deficientemente operado (cuerda insuficiente)</li> <li>• Aspirador ocasiona vibración</li> <li>• Elementos sensibles sucios o deteriorados</li> <li>• Lecturas de los termómetros seco y húmedo mal realizadas: en el momento inadecuado (deja pasar el tiempo de ventilación) o sin conservar la distancia requerida).</li> <li>• Utilización de agua de diferente temperatura o de elementos que irradian calor (velas, bombillos).</li> <li>• Observaciones a deshoras (antes o después)</li> <li>• Cuerda insuficiente en los registradores</li> <li>• Gráficas sin identificación (código y nombre estación; día, mes y año del registro y horas de puesta y de quitada)</li> <li>• Gráficas mal colocadas, sin fecha o mal fechadas, y/o puestas a deshoras</li> <li>• Gráficas del termógrafo puestas en el higrógrafo o viceversa</li> <li>• Registros superpuestos</li> <li>• Gráficas no corresponden a la marca del instrumento</li> <li>• Gráficas mal leídas</li> <li>• Marcas de tiempo ausentes o falsificadas</li> </ul>

(Fuente: IDEAM-Rangel y Torres, 2005)

**Figura 12. Procedimiento para medir la temperatura con ventilación artificial**



#### **4.5.2. Medición de temperaturas extremas**

Para realizar las lecturas de temperatura máxima y mínima se procede en la forma indicada en las figuras 14 y 15.

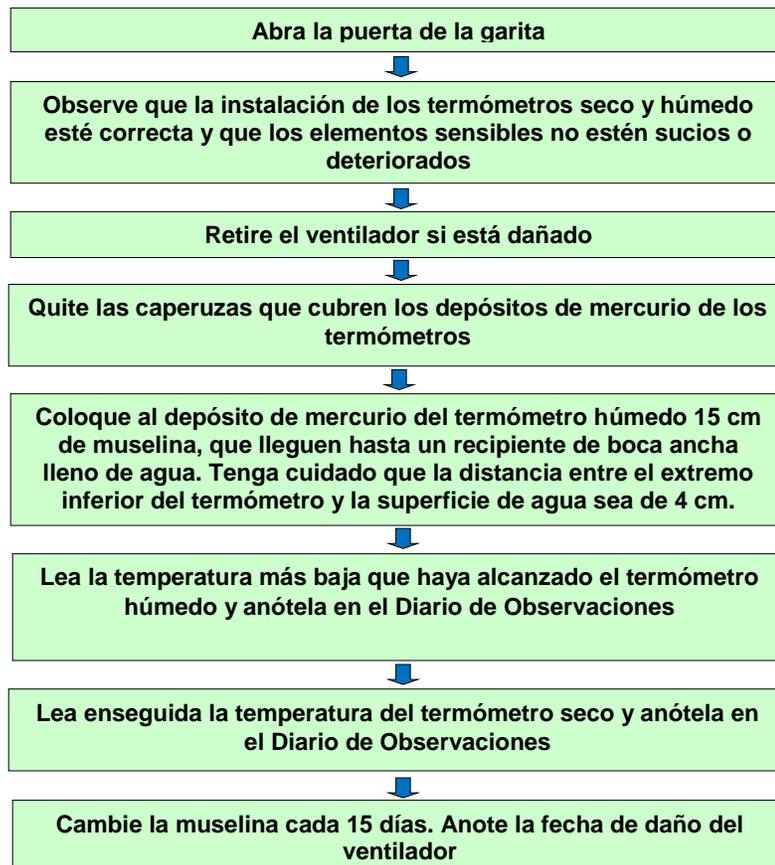
#### **4.5.3. Medición de temperaturas con termógrafo**

Para realizar las lecturas de temperatura con termógrafo se procede en la forma indicada en la figura 16.

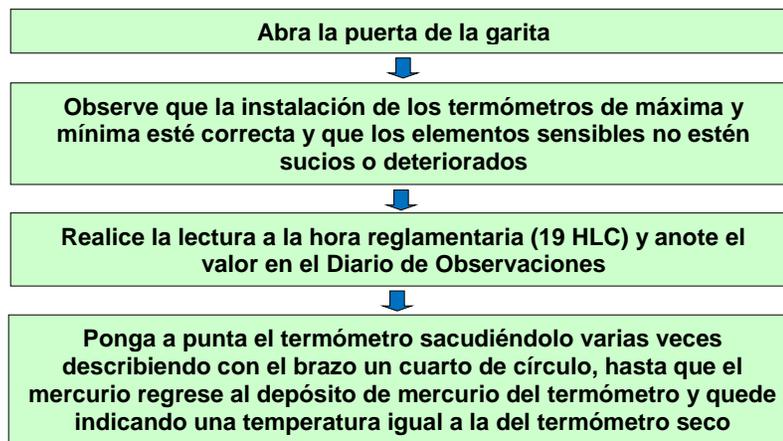
#### **4.5.4. Datos suministrados por estaciones digitales, automáticas y por satélites**

Los datos provenientes de estaciones termográficas digitales y/o por estaciones automáticas satelitales son valiosos para determinar características horarias de la temperatura, la distribución espacial y las horas de comienzo y fin de eventos específicos como heladas o inversiones térmicas. El registro de datos del termógrafo se puede hacer en películas fotográficas o en forma digital a través de una computadora conectada al equipo. Los datos de la película se pueden registrar continuamente, a intervalos regulares, o seleccionar determinadas fotografías individuales.

**Figura 13. Procedimiento para medir la temperatura con ventilación natural**



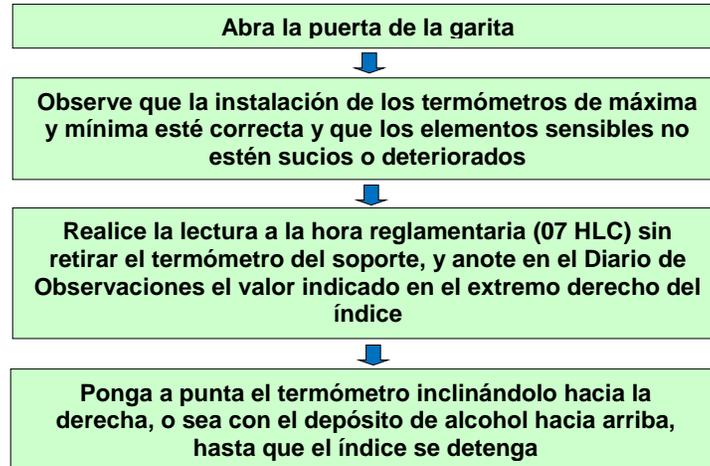
**Figura 14. Procedimiento para medir el termómetro de máxima**



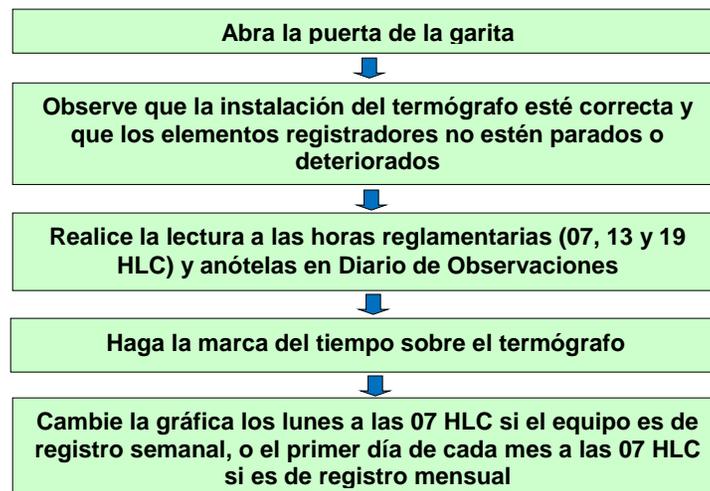
Las fotografías del procesador integrado de video (PIV) pueden detallar simultáneamente varios niveles de contornos de intensidad del eco o dar una representación global sin cuantificar. La utilización de estos datos filmados está limitada por el tiempo de revelado y la laboriosidad del

proceso manual, mientras que la digitalización de los datos procedentes de los equipos digitales o automáticos permite un tratamiento rápido e innumerable de estos datos por computadora. Estos datos digitalizados pueden ser transmitidos con facilidad a las oficinas de predicción a través de teletipos, satélite o redes de computadoras.

**Figura 15. Procedimiento para medir el termómetro de mínima**



**Figura 16. Procedimiento para medir el termógrafo**



#### 4.6. REGISTRO DE DATOS

##### 4.6.1. Registro de datos en campo

La captura o registro de los datos en campo se debe hacer en los formatos de campo normalizados por la entidad. En todo caso, los formularios deben ser de forma que el observador pueda registrar las observaciones diaria, semanal, quincenal, o mensualmente, según proceda (ver formato tipo 1 del Anexo 2). Copia del formato de captura o diario de la estación debe permanecer en poder del observador, en caso de que se pierda en la transmisión

a un centro de proceso de datos.

En el caso de las gráficas del termógrafo o termohigrógrafo, éstas deben ser interpretadas y digitalizadas y su información transcrita en formatos de nivel horario como el mostrado en el formato (tipo 2 del Anexo 2).

En el caso de un proceso automático de datos, los formularios de informes pueden también estar en formatos codificados apropiados para la conversión directa a un medio informático. Los datos pueden ser directamente insertados en una computadora portátil o fija, ubicada en el sitio de recolección. Los avances recientes que minimizan errores en el proceso de datos (lectores ópticos y computadoras portátiles) permiten la entrada directa de las observaciones en la memoria de la computadora y facilitan un control automático de la calidad de los datos.

#### **4.6.2. Estaciones con telemetría y automáticas**

##### **4.6.2.1. Estaciones manuales que utilizan la telemetría**

En algunas estaciones los datos son recolectados manualmente, pero son transferidos por telemetría. Dicha recolección de datos semiautomática es usada con frecuencia en sistemas de proceso en tiempo real. Los sistemas más sencillos de teletransmisión son el teléfono, el télex, las conexiones radiales y los satélites. Estos sistemas requieren:

- Suficiente capacidad en el centro de proceso de datos como para poder recibir los niveles pico de entrada de mensajes y la disponibilidad de terminales en línea por donde se pueda ingresar manualmente la información a la computadora.
- Un programa de ingreso de datos que permita el ingreso de conjuntos aleatorios de datos observados en distintos lugares, y el uso de estos valores para actualizar los respectivos archivos de series de tiempo.
- Hoy en día existen técnicas que permiten que el observador codifique la información en un formato compatible con la computadora, que pueda ser recibido y procesado automáticamente en la oficina central. Este método utiliza un teclado pequeño parecido a una calculadora de bolsillo. La transmisión se realiza por teléfono o por radio y puede incluir conexiones vía satélite. Estas unidades son relativamente baratas (incluido el transmisor de radio) y eliminan la necesidad de tener operaciones manuales centralizadas.

##### **4.6.2.2. Estaciones automatizadas**

Se trata de estaciones equipadas con sensores automáticos de temperatura, desde donde se pueden grabar datos en medios compatibles con la computadora y/o transmitirlos por telemetría a un centro de recolección de datos.

Los sensores se dividen en dos grupos: los que proveen señales analógicas y los que producen salidas digitales. Las señales analógicas generalmente deben ser convertidas en formatos digitales para cualquier operación posterior. Muchos sensores producen señales que necesitan una conversión de datos a unidades estándar para su análisis. Los datos registrados *in situ* en general, no son convertidos; esto se hace en el centro de procesamiento. Sin embargo, los datos transmitidos son convertidos antes de la transmisión. Existen dos bases de tiempo para la recolección de datos: la frecuencia del muestreo y la frecuencia de la grabación de datos. En el caso de las lecturas de temperatura, las dos bases de tiempo son idénticas. No así para otros

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

parámetros como el viento. Los datos deben ser grabados en medios informáticos compatibles. Como en el caso anterior, los procesos de entrada de datos y de actualización deben incluir un grado elemental de validación de datos, por ejemplo el control de los intervalos de variación, o de valores repetitivos indicadores de mal funcionamiento del sensor.

#### **4.7. VALIDACIÓN DE DATOS: CONTROL DE CALIDAD**

El objetivo principal de la validación es la detección y corrección de fallas de los equipos y errores de observación y procesamiento. Los errores pueden ser de tres tipos: absolutos, relativos y físico-estadísticos

- Los errores absolutos son datos o códigos que exceden los valores preestablecidos, por ejemplo, una fecha o una coordenada fuera de límites. Una vez detectados los datos erróneos, ya sea visualmente o automáticamente (en las libretas o la base de datos), se deben corregir.
- Los errores relativos incluyen:
  - Dato por fuera del rango de variación. En caso de estaciones nuevas o en sitios cuyas condiciones hidrometeorológicas no sean bien conocidos, se pueden adoptar rangos amplios, los cuales se pueden reducir una vez se tenga un buen conocimiento sobre la variación del parámetro en consideración. Estos rangos pueden variar según el intervalo de tiempo (diario, mensual, anual o plurianual).
  - Dato por fuera del cambio máximo esperado en un parámetro entre observaciones sucesivas o de las tendencias temporales.
  - Dato por fuera de las tendencias espaciales, para lo cual se compara con datos de estaciones vecinas, localizadas en la misma zona geográfica y/o vertiente topográfica, para determinar si el dato corresponde o no a una variación generalizada en la zona.
  - El análisis en conjunto de estos errores pueden llevar al Inspector a eliminar el dato, desde la fase de verificación, o a realizar un análisis geoestadístico sobre el mismo, lo cual se puede lograr por pruebas de homogeneidad.

##### *Detección y corrección de errores en estaciones telemétricas*

En los casos de estaciones manuales con transmisión telemétrica:

- Los procesos de entrada de datos y de actualización deben incluir un grado elemental de validación de datos, por ejemplo el control de los intervalos o rangos de variación y otros indicados anteriormente
- Si los datos teledados son usados para llevar inventarios, se recomienda que el observador envíe la planilla usual del Diario de Observaciones al final de cada período de observación. Aunque los datos no necesiten ser reingresados, la planilla puede ser usada para revisar los registros digitales.

En los casos de estaciones automáticas satelitales:

- Los procesos de entrada de datos y de actualización deben incluir igualmente un grado elemental de validación de datos, por ejemplo la detección de datos seguidos repetitivos, indicadores de funcionamiento defectuoso del sensor, u otros propios del sistema.

El sistema de control de calidad contempla tres etapas como mínimo: preverificación en la estación, validación en las oficinas regionales sobre libretas y validación final post-proceso, en

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

el sistema, los cuales se describen a continuación:

#### **4.7.1. Preverificación de los datos en la estación**

Esta se lleva a cabo en la propia estación, durante la visita de inspección y recolección de la información, así:

- Se revisan las copias u originales de las libretas de meses anteriores y se comprueba:
  - Que las libretas estén al día, sin adelantos ni retrasos. Si se hallan adelantadas, se revisan los días hacia atrás hasta encontrar desde cuándo se presentó la anomalía.
  - Que la última anotación corresponda a las 07 o 13 horas para las estaciones climatológicas (según la hora de la visita).
  - Que los datos que identifican a la estación (código, nombre) y las fechas (día, mes, año) estén correctos.
  - Que el número de días de cada mes sea el correcto (28, 29, 30 o 31).
  - Que el observador explique cómo realiza las lecturas, las horas de observación y el método de ventilación.
  - Que las copias de la libreta sean legibles, y que los números de las lecturas anotadas sean legibles y estén colocados en las casillas que corresponda.
  - Que se aclaren las lecturas ilegibles con el observador.
  - Que los elementos sensibles de los termómetros no estén sucios o deteriorados, que la garita esté libre de tierra o basuras y que esté firme y bien nivelada.

##### *Temperaturas extremas:*

- Tener conocimiento de la ubicación de la estación y de los valores extremos que normalmente se han venido presentando en ella.
- Justificar con el observador los valores muy bajos y los muy constantes o repetidos de temperatura mínima, utilizando la información gráfica adicional (PVG, HLG, TEG, HIG)
- Comparar valor de temperatura mínima contra los datos del termómetro seco de las 13:00 HLC y 19:00 HLC del día anterior y de las 07:00 HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura mínima debe ser menor o igual a los datos contra los cuales se está comparando. En caso contrario, aclarar con el observador.
- Justificar con el observador los valores muy altos y los muy constantes o repetidos de temperatura máxima, utilizando la información gráfica adicional (PVG; HLG; TEG; HIG)
- Comparar el valor de temperatura máxima contra los datos del termómetro seco de las 07:00, 13:00 y 19:00 HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura máxima debe ser mayor o igual a esas observaciones. En caso contrario, aclarar con el observador.
- Tener en cuenta que no siempre los valores extremos son los que deben ser rechazados. Es necesario analizar cada uno de los valores de las 07, 13 y 19 HLC y TACHAR los valores incorrectos.
- Reinstruir al observador en el sentido de que las lecturas de los termómetros de mínima y máxima deben realizarse a las 07 y 19 horas, respectivamente, ANTES DE ACCIONAR EL ASPIRADOR DEL SICROMETRO. Una vez realizadas las observaciones, los termómetros deben ser adecuadamente instalados en su soporte.
- Nunca se deben intercambiar los valores de temperatura mínima con los de termómetro seco o húmedo, a menos de que se haya efectuado una pre-verificación

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

con el observador en el campo o en la estación y se haya establecido con toda certeza cuáles son los datos correctos.

*Termómetros seco y húmedo*

- Comparar las tres lecturas diarias del termómetro seco entre sí: se debe cumplir, para el día de la observación y en ausencia de lluvia, que la temperatura de las 13 horas sea mayor o igual que las restantes y que la temperatura de las 19 horas sea mayor o igual que la de las 07 horas, es decir:  $Ts^{13} \geq Ts^{19} \geq Ts^{07}$ .
- Comparar las tres lecturas del termómetro seco (Ts) con las del termómetro húmedo (Th) a las mismas horas. Si el aire NO ESTA saturado se debe cumplir que  $Ts^{07} > Th^{07}$ ,  $Ts^{13} > Th^{13}$  y  $Ts^{19} > Th^{19}$ . Si el aire está saturado, las lecturas de Ts y Th deben ser iguales.
- Analizar la secuencia de los valores de Ts y Th para cada hora. Justificar los valores altos o bajos con el observador utilizando los registradores (PVG, HLG, TEH, HIG) y la información de nubosidad.
- Para un día sin lluvia, la diferencia (Ts-Th) a las 07 es menor que la de las 13 y 19 horas. Así mismo, la diferencia entre Ts y Th a las 13 horas debe ser mayor que la diferencia de esas variables a las otras horas (07, 19 HLC).
- Como resultado, se analizan con el observador los errores encontrados y se le reinstruye en caso necesario (ver tabla 2 sobre posibles fallas o errores).

Se realizan las labores de mantenimiento normales y se llena la hoja de inspección (ver formato tipo 3 del Anexo 2).

- En las estaciones registradoras automáticas, las observaciones son anotadas en forma gráfica o digital, de acuerdo con el manual de operación de la estación, anotando las fallas o errores encontrados.

**4.7.2. Verificación de la información sobre el formato de lectura o Diario de Observaciones, en la oficina regional**

Una vez en la oficina del Área Operativa, el proceso de control de calidad de la información de temperatura comprende los siguientes pasos:

- Se diligencia el formato de radicación de datos meteorológicos (31-31-79 en el caso del IDEAM).
- Se revisa la identificación de la estación y el mes y el año a procesar.

*Estaciones sin instrumental registrador*

- a) Para cada día, verificar los valores de temperatura mínima, temperatura máxima, termómetro seco (07,13, 19 horas ) y termómetro húmedo (07, 13, 19 horas), así:
  - Comparar valor de temperatura mínima contra los datos del termómetro seco de las 13:00 HLC y 19:00 HLC del día anterior y de las 07:00, HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura mínima debe ser menor o igual a los datos contra los cuales se está comparando. TACHAR los valores incorrectos.

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

- Comparar el valor de temperatura máxima contra los datos del termómetro seco de las 07:00, 13:00 y 19:00 HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura máxima debe ser mayor o igual a esas observaciones. TACHAR los valores incorrectos.
- Comparar las tres lecturas diarias del termómetro seco entre sí: se debe cumplir que:  $Ts^{13} \geq Ts^{19} \geq Ts^{07}$ , para el día de la observación, en ausencia de lluvia.
- Comparar las tres lecturas del termómetro seco (Ts) con las del termómetro húmedo (Th) a las mismas horas. Si el aire NO ESTA saturado se debe cumplir que  $Ts^{07} > Th^{07}$ ,  $Ts^{13} > Th^{13}$  y  $Ts^{19} > Th^{19}$ .
- Si el aire está saturado, las lecturas de Ts y Th deben ser iguales (y la humedad relativa debe ser del 100%).
- Analizar la secuencia de los valores de Ts y Th para cada hora. Justificar los valores altos o bajos utilizando los registradores (PVG, HLG) y la información de nubosidad. Si no es posible justificarlos, RECHAZAR.
- Para un día sin lluvia, la diferencia (Ts-Th) a las 07 es menor que la de las 13 y 19 horas.
- Así mismo, la diferencia entre Ts y Th a las 13 horas debe ser mayor que la diferencia de esas variables a las otras horas (07, 19 HLC).

NOTAS.

1. Nunca se deben intercambiar los valores de temperatura mínima con los de termómetro seco o húmedo.
2. Se debe tener en cuenta que no siempre los valores extremos son los que deben ser rechazados. Es necesario analizar, por separado y en conjunto, cada uno de los valores de las diferentes variables correspondientes a las 07, 13 y 19 HLC.

*Estaciones con registradores (termógrafo e higrógrafo).*

- a) Para cada día, verificar los valores de temperatura mínima, temperatura máxima, termómetro seco (07,13, 19 horas ) y termómetro húmedo (07, 13, 19 horas), así:
- Comparar valor de temperatura mínima contra los datos del termómetro seco de las 13:00 HLC y 19:00 HLC del día anterior y de las 07:00 HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura mínima debe ser menor o igual a los datos contra los cuales se está comparando. TACHAR los valores incorrectos.
  - Comparar el valor de temperatura máxima contra los datos del termómetro seco de las 07:00, 13:00 y 19:00 HLC del día de la observación. En todos los casos se debe cumplir que el valor de temperatura máxima debe ser mayor o igual a esas observaciones. Tachar los valores incorrectos.
  - Comparar las tres lecturas diarias del termómetro seco entre sí: se debe cumplir que:  $Ts^{13} \geq Ts^{19} \geq Ts^{07}$  para el día de la observación, en ausencia de lluvia.
  - Comparar las tres lecturas del termómetro seco (Ts ) con las del termómetro húmedo (Th) a las mismas horas. Si el aire no está saturado se debe cumplir que  $Ts^{07} > Th^{07}$ ,  $Ts^{13} > Th^{13}$  y  $Ts^{19} > Th^{19}$ .
  - Si el aire está saturado, las lecturas de Ts y Th deben ser iguales.
  - Analizar la secuencia de los valores de Ts y Th, para cada hora. Justificar los valores altos o bajos utilizando los registradores (PVG, HLG, TEG, HIG) y la información de nubosidad. Si no es posible justificarlos, RECHAZAR.

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

- Para un día sin lluvia, la diferencia (Ts-Th) a las 07 es menor que la de las 13 y 19 horas. Así mismo, la diferencia entre Ts y Th a las 13 horas debe ser mayor que la diferencia de esas variables a las otras horas (07, 19 HLC).

**NOTAS.**

1. Nunca se deben intercambiar los valores de temperatura mínima con los de termómetro seco o húmedo.
2. Se debe tener en cuenta que no siempre los valores extremos son los que deben ser rechazados. Es necesario analizar, por separado y en conjunto, cada uno de los valores de las diferentes variables correspondientes a las 07, 13 y 19 HLC.

Culminadas estas labores, se debe preparar la información para la elaboración de las Curvas de Corrección de termógrafo e higrógrafo. A tal fin:

- b) Ordenar cronológicamente las gráficas. Con base en las horas de puesta y quitada y teniendo en cuenta las marcas de tiempo, se establece el atraso o adelanto del reloj, durante cada semana. realizar el ajuste correspondiente, cuando sea necesario.
- c) Si las marcas de tiempo no existen o son inferiores al 60% de las lecturas para cada semana, se plotean los datos de termómetro seco (Ts) sobre las gráficas de termógrafo (TEG) y con base en las relaciones existentes, se procede a eliminar o aceptar los datos.
- d) Si el termógrafo presenta más del 60% de marcas de tiempo (12 o más marcas a la semana), elaborar la curva de corrección (o ajuste) de Ts vs Teg, aplicando el procedimiento descrito en el "Manual sobre manejo, codificación, análisis y verificación de la información meteorológica".

*Consistencia interna de las observaciones*

Tener previo conocimiento de los valores medios y extremos que históricamente se han presentado en la estación, con el fin de detectar valores imposibles. Comparar los valores de Ts y Th para un día con mucho sol y para un día nublado y lluvioso:

- Altas temperaturas deben corresponder con altas radiación e insolación y cielos ligeramente cubiertos o despejados (categoría nubosidad 1), durante el día. Bajas temperaturas deben corresponder con cielos despejados y velocidades del viento moderadas o fuertes (>18 km/h), en la noche y humedades relativas bajas en la noche y primeras horas de la mañana.
- Tener presente que no siempre se deben rechazar las temperaturas extremas en razón a que alguna de las lecturas diarias del Ts puede estar mal observada.

Los fenómenos atmosféricos que deben ser anotados por el observador en la libreta (lluvia, tormentas, viento fuerte, niebla, neblina, granizo, helada, bruma), son una herramienta fundamental para verificar la consistencia interna de la información.

Por último, se depura la información rechazando solamente los valores inconsistentes detectados en las etapas anteriores.

### 4.7.3. Validación de los datos

#### Control de calidad post-proceso, en la oficina

Culminadas las etapas de preverificación y verificación sobre el Diario de Observaciones de acuerdo con los procedimientos indicados en los puntos anteriores, y una vez se ha realizado el procesamiento básico y se ha impreso en papel la salida respectiva, se debe realizar el Control Final de Calidad, el cual busca garantizar que la información a almacenar en el banco de datos regional, posea calidad controlada.

Dado que la verificación sobre el Diario de Observaciones se ha enfocado a determinar cómo varían las observaciones horarias (secuencia 07-13-19 HLC, en sentido horizontal o de fila), la validación final busca realizar la detección y corrección de errores en sentido vertical o de columna en el Diario, es decir, de día en día. Este control final conlleva los siguientes pasos:

- Se revisa el código y nombre de la estación, el mes y el año procesados.
- Se revisa, por pantalla, la grabación de los datos diarios de entrada, comparándolos con los contenidos en la libreta de lectura (o Diario de Observaciones), y se rechaza las inconsistencias detectadas.
- Se verifican las temperaturas extremas, así:
  - Se revisan, en columna, los valores diarios de temperatura máxima. Se detectan los valores muy altos o muy bajos, los cuales deben ser justificados con información de los registradores (heliógrafo, pluviógrafo, termógrafo) o rechazados. Se detectan los valores repetidos y aproximados al entero y que presenten gran diferencia con el termómetro seco de las 13, y se justifican o rechazan.
  - Se identifica la temperatura máxima absoluta del mes en cuestión, se compara con los valores históricos para ese mes, y se justifica.
  - Se revisan, en columna, los valores diarios de temperatura mínima. Se detectan los valores muy altos o muy bajos, los cuales deben ser justificados con información de los registradores (heliógrafo, pluviógrafo, termógrafo) o rechazados. Se detectan los valores repetidos y aproximados al entero y que presenten gran diferencia con el termómetro seco de las 07, y se justifican o rechazan.
  - Se identifica la temperatura mínima absoluta del mes en cuestión, se compara con los valores históricos para ese mes, y se justifica.
  - Se revisan, en columna, los valores diarios de amplitud de la temperatura: las mayores amplitudes deben corresponder a días despejados y soleados, mientras que las menores a días nublados y con pocas horas de sol, o sin sol. Se justifica con información de los registradores (heliógrafo, pluviógrafo, termógrafo).
- Se verifican las temperaturas seca y húmeda (día a día), así:
  - Se revisan, en columna, los valores diarios de termómetro seco (Ts07, Ts13, Ts19). Se identifican los valores muy altos o muy bajos, y se justifican con información de los registradores (heliógrafo, pluviógrafo, termógrafo).
  - Se revisan, en columna, los valores de temperatura media diaria, se identifican los valores muy altos o muy bajos con respecto a la temperatura media mensual, y se justifican.
  - Se revisan, en columna, los valores diarios de termómetro húmedo (Th07, Th13, Th19). Se identifican los valores muy altos o muy bajos, y se justifican con información del

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

higrógrafo. Si se observa mucha variación en la secuencia de valores de  $T_h$ , para una misma hora, el sicrómetro puede estar mal ventilado.

- Se verifican entre sí las tres lecturas (07, 13 y 19) del termómetro seco y las correspondientes al termómetro húmedo a las mismas horas, y se reafirman o corrigen las inconsistencias, si las hay.
- Segundos procesos y revisión y aprobación definitivas

Realizados los pasos anteriores, se procede a rechazar las inconsistencias detectadas en los datos previamente grabados. Los valores rechazados sobre la salida del programa deben ser borrados interactivamente, grabando nuevos (o lo que corresponda según el programa).

Una vez borrados, se requiere correr un segundo proceso, el cual se verifica por pantalla para garantizar que quedan en el sistema los cambios o ajustes requeridos.

En caso de alguna nueva anomalía, se corrige en la grabación y se corre un tercer proceso.

Corridos los procesos que sean necesarios, la información está lista para ser aprobada o rechazada, definitivamente.

#### *Consistencia interna*

Se realiza un análisis climatológico sobre el comportamiento de todas las variables entre sí y se comprueban espacialmente aquellos datos fuera de rangos o valores imposibles, utilizando información de estaciones vecinas, para finalmente aceptar o rechazar la información.

En otras palabras, el análisis de consistencia interna busca verificar si el comportamiento diario y mensual de las temperaturas del aire (máxima, mínima, media) corresponde con el comportamiento diario y mensual de las otras variables afines. Así, por ejemplo, en ausencia de lluvia:

- Altas temperaturas deben corresponder con altas radiación (actinógrafo) e insolación (heliógrafo), cielos despejados o ligeramente cubiertos (categoría de nubosidad 1) y viento débil o en calma, durante el día.
- Bajas temperaturas deben corresponder con poca radiación e insolación, cielos parcial o mayormente nublados y velocidades del viento moderadas o fuertes, durante el día.
- En regiones susceptibles de heladas meteorológicas, las bajas temperaturas ( $\leq 0^\circ$ ) están asociadas, durante el día, con cielos despejados o ligeramente nublados, velocidades del viento moderadas o fuertes y humedades relativas bajas (inferiores al 40%), seguidas de cielos despejados o ligeramente nublados, velocidades del viento moderadas o fuertes y humedades relativas bajas en la noche y primeras horas de la mañana.

Los fenómenos atmosféricos consignados por el observador en la libreta (lluvia, tormentas, viento fuerte, niebla, neblina, granizo, helada, bruma), son una herramienta fundamental para verificar la consistencia interna de la información.

Una vez validada la información, se debe proceder a constatar que ésta quede correctamente almacenada en el banco de datos regional, para lo cual se entra en el programa de grabación y se consulta la información diaria y mensual, según corresponda.

Finalmente se transmite la información a las oficinas centrales del IDEAM o de la entidad que corresponda, para lo cual se siguen los pasos indicados en el protocolo de almacenamiento que se utilice. Del envío se remite copia a la Subdirección de Meteorología u oficina central a cargo.

## **Determinación de la homogeneidad de las series de datos**

### *Datos diarios*

Es muy frecuente que en las estadísticas diarias se presenten días en que no se tiene dato de temperatura, por razones tales como falta de observador, daño del equipo (en especial en caso de termógrafos) u otros, o porque los datos hayan sido eliminados debido a los errores detectados en los mismos, según lo anotado anteriormente. En este caso se recomienda estimar los datos faltantes, con el fin de tener homogeneizada la serie diaria del año que corresponda. Esta actividad puede ser llevada a cabo en la sede operativa por el meteorólogo de planta. Para el efecto pueden utilizarse diferentes métodos, siendo los más conocidos los siguientes, siempre y cuando que los datos faltantes no sean superiores al 10% del tiempo o según criterio del ingeniero:

- Mediante correlación de valores diarios con la estación o estaciones más cercanas, buscando que, en lo posible, se localice (n) sobre la misma vertiente o presenten similares condiciones de relieve y piso térmico. Por ejemplo, si la estación está a sotavento no debiera correlacionarse con otra estación a barlovento, sobre todo en zonas donde se presenten condiciones de abrigo, favorables a disimetrías térmicas entre vertientes opuestas. En caso de contarse con varias estaciones cercanas potencialmente utilizables, se podrá utilizar aquella con la que presente un mayor coeficiente de correlación.
- Para el establecimiento de correlaciones se puede emplear cualquier método o software disponible tipo Office, que permita organizar los datos en una hoja de cálculo y calcular y dibujar las curvas y ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación característicos. Se sugiere seleccionar el tipo de curva de regresión que más se ajuste a los datos o que mejor coeficiente de correlación presente (exponencial, lineal, logarítmico, polinómica, potencial u otra).
- Los datos estimados deben ser identificados en la Base de Datos con un código específico.

### *Series mensuales y anuales*

Los procesos hidrometeorológicos, así como otros tipos de procesos naturales, pueden presentar dos tipos de variaciones: variaciones naturales o aleatorias y variaciones causadas por la acción humana. Estos tipos de variabilidad se reflejan en las mediciones, esto es, en las estadísticas del comportamiento de las variables hidrometeorológicas. Para determinar si las variaciones que se presentan en una serie de información son aleatorias o se deben a causas "asignables", como errores de medición u otros, se llevan a cabo análisis de homogeneidad, cuyo objeto es detectar no estacionalidades en las series. Este análisis puede enfocarse a determinar cambios en la media o en la variabilidad. También se puede realizar sobre los cambios en variables, como por ejemplo en las temperaturas medias o extremas, o en los atributos de una variable, como sería el caso de determinar en qué casos se alcanza o sobrepasa un nivel dado.

Existen distintos métodos y niveles de profundidad en los análisis de homogeneidad. En los textos y estudios de hidrología se pueden encontrar diferentes métodos, tales como gráficas de series de tiempo, gráficas de simple y doble masa, gráficas de cuartiles, gráficos S-S, gráficos suavizados y otros. Los métodos también varían si se trata de detectar cambios en la media, en la tendencia, en la varianza o en la independencia de una serie. No obstante, para los fines del Programa Nacional de Monitoreo se propone utilizar un método sencillo que permita detectar si una serie presenta cambios no aleatorios, para proceder luego a corregirlos o eliminar los datos defectuosos, de ser el caso. Para este efecto se propone el método de las cartas de control, cuya descripción se puede encontrar en textos de estadística y meteorología. En cualquier caso, la aplicación de estos métodos debe integrarse al procesamiento automático de la información en el Banco de Datos central.

Otros procesos de validación de la información se llevan a cabo durante el proceso de almacenamiento (figura 17).

**Figura 17. Flujoograma general de la validación de la información**



## 4.8. PROCESAMIENTO DE DATOS

### 4.8.1. Entrada de datos al sistema

Para la captura y procesamiento de la información de temperatura, se debe adoptar un programa o software especializado, que permita grabar interactivamente por pantalla:

- Los datos de identificación de la estación, mes y año a procesar.
- La información diaria previamente depurada en los formatos de campo normalizados, a saber:
  - Temperaturas extremas (máxima y mínima).
  - Temperaturas del termómetro seco y húmedo (07, 13 y 19 HLC).
- Los datos se deben grabar en las casillas respectivas con sus características y sus correspondientes símbolos, de acuerdo con las instrucciones del formato.

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

- Cifras decimales y uso de puntos para las temperaturas (Ts, Th, Teg).
- Codificar las características de los datos, a saber: a): si el sicrómetro tiene ventilación natural (sin aspirador), o si el sicrómetro tiene ventilación forzada (con aspirador).
- Poner un código que indique si algún dato grabado se midió en una hora diferente (por ejemplo a las 18 en vez de las 19).

#### 4.8.2. Cálculos y procesamiento

Con base en los datos grabados, el programa debe calcular:

- El programa realiza automáticamente los pasos indicados en el numeral 4.7.2. anterior, con el fin de detectar posibles errores en la digitación o verificación de la información de temperaturas.
- Con base en los datos de termómetro seco y termógrafo, para cada hora (07, 13 y 19), el programa calcula los siguientes estadísticos: desviación estándar (s), coeficiente de correlación ( r ) y coeficiente de determinación ( r<sup>2</sup> ) y genera las respectivas ecuaciones de regresión.
- A partir de las ecuaciones de regresión, los datos errados de termómetro seco (Ts), se corrigen si se cumplen las siguientes condiciones:  
 $r > 0,5$  y  $\frac{1}{2}Ts - TEG \frac{1}{2} > 1,0^{\circ}C$  y  
 $\frac{1}{2}Ts_{generado} - Ts_{observado} \frac{1}{2} > error 1,0^{\circ}C$
- Así mismo, a partir de las ecuaciones de regresión, los datos faltantes de termómetro seco (Ts), se generan si se cumplen las siguientes condiciones:  
 $r > 0,5$  y  
 $\frac{1}{2}Ts_{generado} - TEG \frac{1}{2} > error 1,0^{\circ}C$ .
- Cuando  $r < 0,5$ , los datos faltantes de termómetro seco (Ts), se generan directamente con el TEG, sin tener en cuenta las ecuaciones de regresión.

#### 4.8.3. Salidas

El formato de salida debe estar en capacidad de generar mostrar la siguiente información, con base en los datos grabados y validados provenientes tanto de lecturas directas como del termógrafo.

- Promedio diario de temperaturas (promedio de 3 lecturas de termómetro seco y o de los registros horarios del termógrafo).
- Temperatura máxima diaria, con base en lecturas del termómetro de máximas o del termógrafo.
- Temperatura mínima diaria, con base en la lectura del termómetro de mínimas o del termógrafo.
- Generación de series de temperaturas medias mensuales, máximas y mínimas mensuales del año.
- Generación de series de temperaturas medias mensuales multianuales, máximas y mínimas multianuales.

#### 4.8.4. Procesamiento secundario

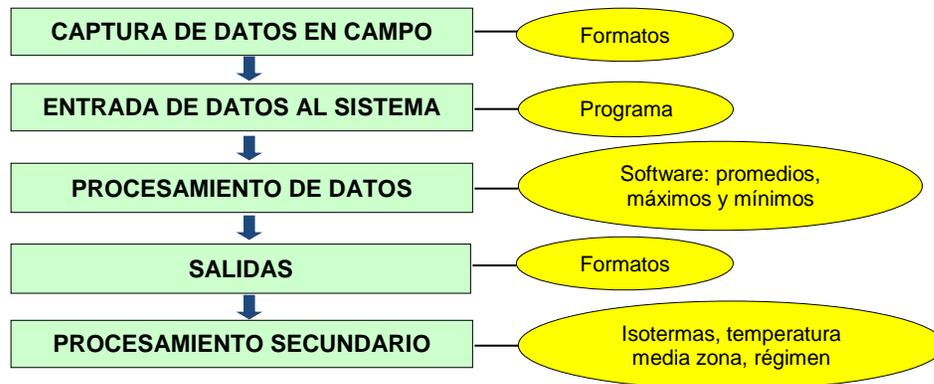
Los datos de resúmenes diarios, mensuales, anuales y multianuales de temperatura son los

datos básicos para el usuario general, que deben estar disponibles en el Banco de Datos.

No obstante, a nivel general, y desde el punto de vista de la determinación de la oferta hídrica, el siguiente paso en el procesamiento de datos es la determinación de la distribución espacial de la temperatura media de cada zona, subzona y/o cuenca hidrográfica. Para este efecto existen varios métodos, siendo el más conocidos el método de las isotermas o curvas de igual temperatura. Una vez se conoce la distribución espacial de la temperatura es posible determinar la temperatura media de una zona. La descripción de estos métodos se puede encontrar en diversos libros de hidrología y meteorología.

El procesamiento secundario se puede completar mediante la elaboración de histogramas o curvas de variación de la temperatura media mensual multianual, indicadores del régimen de temperatura, los cuales deben actualizarse cada año. De igual manera, para caracterizar el régimen de temperaturas se pueden calcular los siguientes índices para los valores mensuales y anuales de la serie, una vez validados los datos: desviación estándar y coeficiente de variación, cuyas fórmulas y procedimientos de cálculo pueden encontrarse en libros de hidrología, meteorología y estadística (figura 18).

**Figura 18. Flujograma general del procesamiento básico de la información**



#### 4.9. ALMACENAMIENTO<sup>7</sup>

Con el almacenamiento de datos se ubica toda la información procesada, validada y consistente en el banco de datos, en donde podrá ser utilizada por los diferentes usuarios. En la práctica, se siguen procedimientos similares a la captura y, frecuentemente, estas dos labores no se diferencian. El sistema debe tener la capacidad para mostrar por pantalla todos los archivos disponibles para procesamiento, así como para bajarlos a CD, imprimirlos, consultarlos vía web o enviarlos vía correo electrónico.

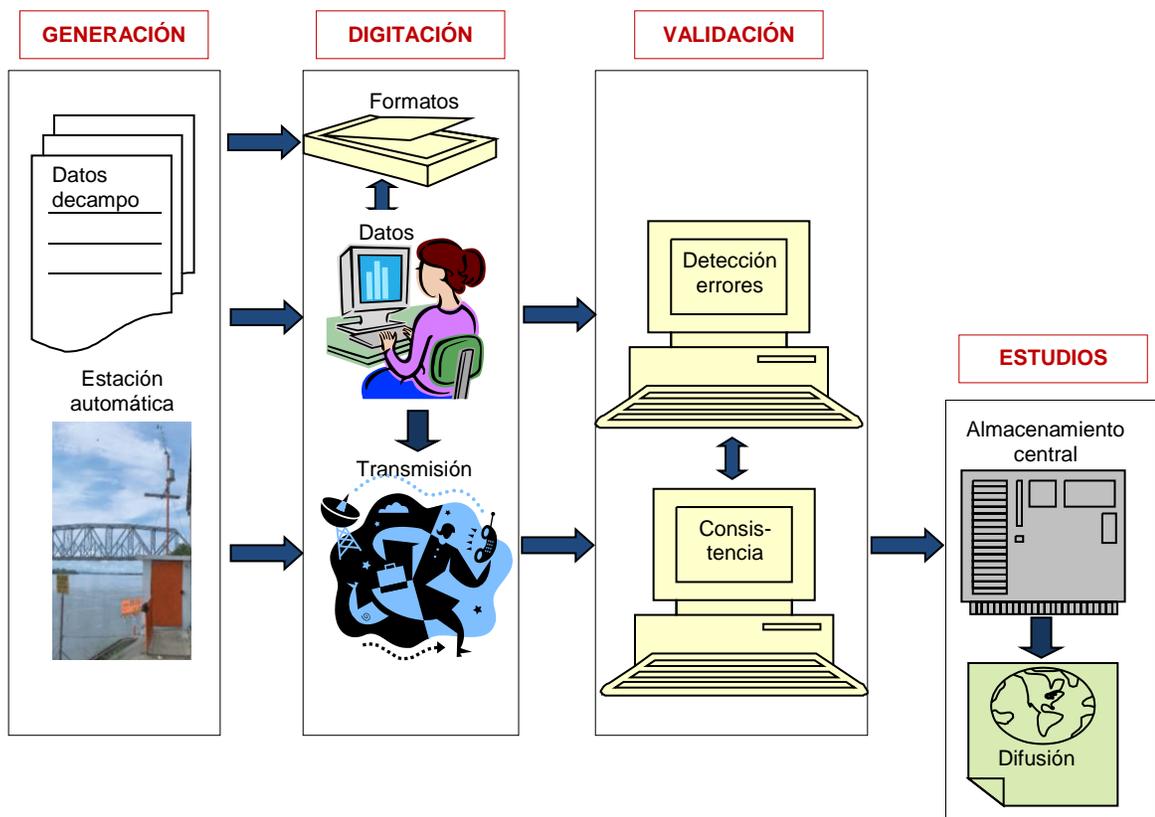
Como se anotó en la sección 4.8, el ingreso de los datos al sistema de almacenamiento se hace por primera vez, en las oficinas de las áreas operativas y esta operación está a cargo de los mismos inspectores de campo, los cuales recogen la información en terreno. La digitación de la

<sup>7</sup> Con base en Pedraza C. E. y Franco J. C., Procedimiento para la actualización del Banco de datos central con la información de las áreas operativas. IDEAM. Bogotá. 2005.

información al disco duro del sistema de almacenamiento y operativo consiste en la grabación de los datos contenidos en los formatos o carteras diligenciadas en terreno y en ella se cumple el primer control de calidad, como ya se anotó (ver sección 4.7).

El ingreso de datos al sistema puede variar en función del programa de que se disponga para el efecto, adoptado por la Oficina de Sistemas del IDEAM o de cada entidad operativa. La figura 19 muestra el flujograma general del almacenamiento.

**Figura 19. Flujograma general del almacenamiento de la información**



#### 4.10. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN

La difusión de los datos de temperatura se realizará conforme a las políticas de gestión de información que defina el Consejo Directivo de cada entidad, definiendo la disponibilidad de los diferentes tipos de datos asociados al monitoreo de temperatura, las estrategias de entrega de información a usuarios particulares, la disponibilidad para usuarios internos y la divulgación de información en el portal web institucional de cada entidad, de información consolidada de acuerdo con la condición misional de la información.

El Decreto 1277 de 1994 indica que le corresponde al IDEAM dirigir y coordinar el Sistema de Información Ambiental y operarlo en colaboración con las Entidades Científicas vinculadas al Ministerio del Medio Ambiente, con las Corporaciones autoridades ambientales y demás entidades del Sistema Nacional Ambiental - SINA. En este sentido las entidades mencionadas anteriormente, deberán coordinar con el IDEAM la estrategia de transmisión de la información o

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

consolidados del monitoreo del recurso hídrico en Colombia para su divulgación en el Sistema de Información Ambiental de Colombia, particularmente en el subsistema de información del recurso hídrico SIRH.

Como referente se cita la resolución 2367 de 2009 sobre Gestión de Datos e Información del IDEAM y donde se adopta el proceso genérico de Gestión de Datos e Información Misional del IDEAM.

La información a divulgar por cada entidad tendrá como prerequisite el cumplimiento del protocolo de monitoreo, que garanticen que la información cumpla con los requisitos de gestión de información en los aspectos de calidad de la información en su carácter de información misional, oportunidad, restricciones de ley, observación de estándares, y documentación.

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

## **ANEXOS**



INFORME FINAL

epam s.a. esp

Contrato No. 214 de 2010

**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

## ANEXO 1. FUNCIONES DE LOS OBSERVADORES METEOROLÓGICOS

De acuerdo con el IDEAM (Apcytel, 2008), 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. Ellos desempeñan 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, deben cuidar de la limpieza del jardín meteorológico y en el caso de los funcionarios del IDEAM, hacer los resúmenes mensuales

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**



INFORME FINAL

epam s.a. esp

Contrato No. 214 de 2010
AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN

ANEXO 2. FORMATOS TIPO
Formato 1 A. Formato de captura de observaciones meteorológicas

DIARIO DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS
Formulario with columns for date, time, temperature, humidity, wind, and precipitation. Includes fields for station name, municipality, and region.



INFORME FINAL

epam s.a. esp

Contrato No. 214 de 2010
AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN

Formato 1B. Instructivo para formato de captura de observaciones meteorológicas

Table with 2 columns containing meteorological observation instructions. Left column includes sections for SICROMETRO (TERMOMETRO SECO Y HUMEDO), HELIOGRAFO, PLUVIOGRAFO, PLUVIOMETRO, ANEMOMETRO, TANQUE DE EVAPORACION, and NUBOSIDAD. Right column includes sections for HELIOGRAFO, PLUVIOGRAFO, PLUVIOMETRO, ANEMOMETRO, TANQUE DE EVAPORACION, and NUBOSIDAD. Includes diagrams for cloud categories (CATEGORIA 1 = DESPEJADO, CATEGORIA 2 = SEMICUBIERTO, CATEGORIA 3 = CUBIERTO).



Contrato No. 214 de 2010  
AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN

Formato 3. Formato de inspección de estaciones meteorológicas

INSPECCIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS															VISITA DE (SEÑALE UNA) OPERACION Y MANT. <input type="checkbox"/> SUPERVISION <input type="checkbox"/> RECOLECCION <input type="checkbox"/>			REGIONAL N°																					
1 CATEGORIA		RS	SP	SS	AM	CP	2 ESTACION			3 MUNICIPIO			4 CODIGO		5 CONTRATO CONVENIO <input type="checkbox"/>																								
6 OBSERVADOR		CO	ME	PG	PM	7 INFORMACION RETIRADA			8 INFORMACION PAGADA			9 VALOR MES		10 VALOR TOTAL		11 SE DEBE DESDE																							
12 MATERIALES		N°	HASTA	GRAFICAS	FORMA	CANTIDAD	HASTA	GRAFICAS	FORMA	CANTIDAD	HASTA																												
LIBRETA																																							
LAPIZ																																							
MUSELINA cm.																																							
TINTA																																							
PILAS																																							
13 INSTRUMENTAL		MARCA Y NUMERO		HORA		ANTES DE INSPEC.				LABOR EFECTUADA			INSTRUMENTAL		MARCA Y NUMERO		HORA		ANTES DE INSPEC.				LABOR EFECTUADA																
						LECTURA		B M		B R		M		REP			RET			INST			LECTURA		B M		B R		N		REP			RET			INST		
T. SECO																	TANQUE E VAPOR.																						
T. HUMEDO																	T. MAXIMA																						
ASPIRADOR																	T. MINIMA																						
T. MAXIMA																	ACTINOGRAFO																						
T. MINIMA																	HELIOGRAFO																						
HIDROGRAFO																	PIRANOMETRO																						
TERMOGRAFO																	BAROMETRO																						
TERMOHIGROGR.																	MICROBAROGRAFO																						
PLUVIOGRAFO																																							
PLUVIOMETRO																	PROBETA																						
PM TOTALIZADOR																	REGULLA																						
ROCIÓGRAFO																	LINTERNA																						
ANEMOGRAFO																	LCANDADO																						
ANEMOMETRO																	VALLA																						
T. MAXIMA		5															T. MINIMA			5																			
		10																		10																			
		20																		20																			
		30																		30																			
		50																		50																			
		100																		100																			
SOBRE SUELO		5																		5																			
		10																		10																			
MOVIMIENTO DE INSTRUMENTAL Y ELEMENTOS DEVOLUTIVOS																																							
INSTALO		RETURO		DESCRIPCION				MARCA		NUMERO		A CARGO DE		N° COMPROBANTE - FECHA		M O T I V O																							
15 EXPLICACION SOBRE INSTRUMENTAL REPARADO																																							
16 EXPLICACION SOBRE FALLAS EN LECTURAS																		CONFIABLES																					
																		AL DIA																					
																		INCOMPLETOS																					
																		DUDOSOS																					
17 REPARACION Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS																																							
18 TRABAJOS NECESARIOS																																							
19 NOTAS SOBRE EL OBSERVADOR																		22 HORA (S) DE INSPECCION		DE		A		FECHA (S)															
																		23 INTEGRANTES COMISION																					
20 OBTACULOS		CLASE		DIRECCION		DISTANCIA		ALTURA		24 FIRMA OBSERVADOR																													
25 CERCANOS										25 DISTRIBUCION		APELLIDO REVISOR		FECHA																									
										ORIGINAL REDES																													
										COPIA REGIONAL																													
21 PRADO TOTAL <input type="checkbox"/>		PARCIAL <input type="checkbox"/>		ALTURA ENCONTRADA <input type="checkbox"/>		cm		21 PODO PRADO <input type="checkbox"/>																															

## BIBLIOGRAFÍA

ARDILA H., G. A. Guía de construcciones hidrometeorológicas. IDEAM. Bogotá. 1997.

BERNAL G., G. Manual sobre análisis, detección de errores y guías para la verificación y cálculo en los registros de brillo solar. 72 p. HIMAT. Bogotá. 1984.

IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá. 2010.

IDEAM – APCYTEL. Manual para la operación, inspección y mantenimiento de estaciones meteorológicas. Bogotá. 2008.

IDEAM. Protocolo para el seguimiento y monitoreo del agua. Bogotá. 2007.

IDEAM. Atlas climatológico de Colombia. Bogotá. 2005.

IDEAM. Manual del observador meteorológico. Medellín. 2001.

LOPEZ J., V. Manual sobre manejo, codificación, análisis y verificación de la información meteorológica. HIMAT. 106 p. Bogotá. 1988.

MAYORGA M, R. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. U. N. de Colombia. Tesis título de Magister en Meteorología. Bogotá. 2003.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Viceministerio de Ambiente. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá. 2010.

NARVÁEZ, G., & G. LEÓN. Caracterización y zonificación climática de la región Andina. Meteorología Colombiana. 4:1-8. ISSN 0124-6984. Bogotá. 2001

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL OMM. Guía de prácticas hidrológicas: Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones, OMM No. 168, Quinta edición. Ginebra. 1994.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. *Guía de prácticas hidrológicas*. (5) ,210-213, 217-220, 223. Ginebra. 1994.

NIÑO, R. Reingeniería de la red hidrológica operada por el IDEAM-CAR para la cuenca piloto de la parte alta del río Ubaté. Contrato de prestación de servicios No. No.208/2009. Convenio específico de cooperación IDEAM-CAR No 005/2009. Bogotá. 2009.

PÉREZ PRECIADO, A., Gran atlas y geografía de Colombia. Círculo de Lectores. Bogotá. 2004.

RANGEL M., E. y TORRES G., A. Protocolo para el control de calidad de la información meteorológica en las etapas de obtención, evaluación, verificación, cálculo y procesamiento. Subdirección de Meteorología Área Operativa No 1 (Medellín). IDEAM. Bogotá. 2005

Contrato No. 214 de 2010  
**AJUSTAR EL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN**

REMENIERAS G. Tratado de hidrología aplicada. Ed. Técnicos Asociados SA. Barcelona, España. 1971.

SÁNCHEZ F. D. Guía y protocolos del monitoreo y seguimiento del agua. Contrato de servicios de consultaría No. C – 0427 – 05. Bogotá. 2006.

UNESCO, WHO. Water Quality Surveys. Studies and Reports in Hydrology. Paris. 1978.

VALLEJO T. O. Sistema de Información Hidrometeorológica. Subsistema de Meteorología. Manual del usuario. 57 p. IDEAM. Bogotá. 1995.

VARGAS O. Protocolo del agua: Monitoreo de aguas subterráneas. IDEAM. Bogotá, 2010.

VEN TE CHOW, MAIDMENT R. DAVID, MAYS LARRY, Hidrología Aplicada. Ed. Mac Graw Hill. 2001

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION WMO - WORKING GROUP OF THE COMMISSION FOR HYDROMETEOROLOGY. Machine Processing Of Hydrometeorological Data, Technical Note No. 115. Geneva - Switzerland: WMO No. 275. 1971

<http://web.usal.es/javisan/hidro>

<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/libroPIEB/3> - 2.html

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION WMO. Guide to Hydrological Practices. Vol I, Vol II. WMO No 168. Sixth Edition. Geneva (Switzerland). 2008.