



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 PRECIPITACIÓN**

Presentado por:

**epam** s.a esp

Bogotá D.C., junio de 2011



## 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 PRECIPITACIÓN	3
3. ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE MONITOREO	12
3.1. TIPOS DE ESTACIONES	12
3.2. TIPOS DE REDES	14
3.3. FRECUENCIAS Y HORARIOS DE LECTURA	15
4. MEDIDA DE LA PRECIPITACIÓN	17
4.1. PARÁMETROS A MEDIR Y UNIDADES DE MEDIDA	17
4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	17
4.3. INSTALACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INSTRUMENTAL	22
4.4. POSIBLES FALLAS Y CAUSAS DE ERRORES EN LOS INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA Y DE REGISTRO CONTINUO	23
4.5. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN	23
4.5.1. Medición con pluviómetro	23
4.5.2. Mediciones con pluviógrafo	26
4.6. REGISTRO DE DATOS	29
4.6.1. Registro de datos en campo	29
4.6.2. Estaciones con telemetría y automáticas	30
4.7. VALIDACIÓN DE DATOS: CONTROL DE CALIDAD	30
4.7.1. Preverificación de los datos en la estación	30
4.7.2. Verificación de la información sobre el formato de lectura o Diario de Observaciones, en la oficina regional	31
4.7.3. Validación de los datos	33
4.8. PROCESAMIENTO DE DATOS	36
4.8.1. Entrada de datos al sistema	36
4.8.2. Cálculos y procesamiento	36
4.8.3. Salidas	37
4.8.4. Procesamiento secundario	37
4.9. ALMACENAMIENTO	37
4.10. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN	38
ANEXOS	41
ANEXO 1. FUNCIONES DE LOS OBSERVADORES METEOROLÓGICOS	43
ANEXO 2. FORMATOS TIPO	44
BIBLIOGRAFÍA	51



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 PRECIPITACIÓN

### INTRODUCCIÓN

En el marco del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico, la precipitación es una de las seis variables básicas a monitorear, junto con las aguas superficiales, los caudales sólidos, las aguas subterráneas, la evaporación y la calidad del agua.

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, cálculo 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 precipitación 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 totales horarios, diarios, mensuales y anuales de precipitación, así como sus promedios, máximos y mínimos para diferentes períodos de observación, así como elaborar mapas de distribución espacial y promedios regionales de lluvias. Procedimientos específicos para monitoreos más especializados sobre el agua lluvia y/o para procesamientos especializados de los datos de precipitación 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 precipitación pueden desglosarse así:

Objetivos técnicos a nivel nacional:

1. Actualizar, complementar, operar y mantener la red de monitoreo de la cantidad y calidad de la precipitación 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 los niveles de precipitación y su distribución espacio-temporal en la cuenca hidrográfica, de acuerdo con las 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 la precipitación, 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 precipitación se justifican por su uso para los siguientes fines, entre otros:

- Protección de la navegación aérea, marítima y terrestre
- Diseño de obras civiles (alcantarillados, presas, carreteras, etc.)
- Diseño y operación de centrales hidroeléctricas
- 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.
- 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).

## 2. LA PRECIPITACIÓN

Los fenómenos físicos, además de las nubes, que son observados en la atmósfera o en la superficie del globo, son conocidos como *meteoros*. Entre ellos se encuentran los *hidrometeoros*, constituidos por un conjunto de partículas de agua, líquida o sólida, que se pueden encontrar en caída o en suspensión en la atmósfera, gracias a la acción del viento, o sobre el suelo y/o sus objetos, o en la atmósfera libre. La precipitación es uno de los hidrometeoros que cae, alcanzando la superficie terrestre, y que se origina principalmente en las nubes<sup>3</sup>.

Lo anterior permite definir la precipitación como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita o corre en el suelo. La cantidad total de precipitación que llega al suelo en determinado período se expresa en términos de la profundidad vertical de agua que cubriría una proyección horizontal de la superficie de la Tierra.

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

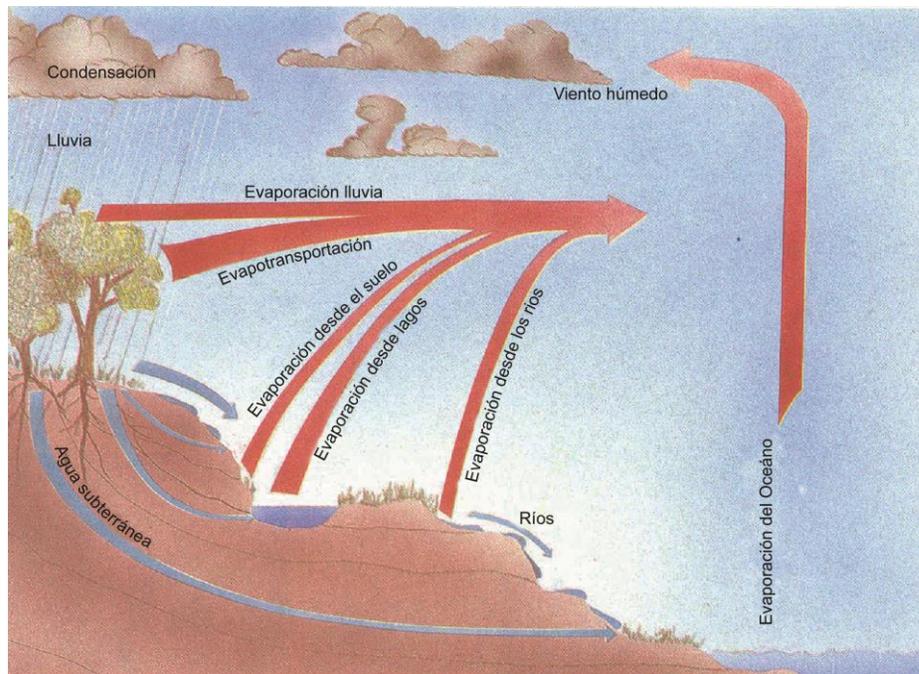
<sup>3</sup>Con base en Mayorga M, R. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. U. N. de Colombia. Tesis título de Magister en Meteorología. Bogotá. 2003.

Se distingue:

- La precipitación líquida, comúnmente conocida como *lluvia*, se puede dar bajo forma de gotas de más de 0,5 mm de diámetro, o bajo forma de *llovizna*, con gotas de 0.1 a 0,5 mm.
- La precipitación sólida se hace bajo forma de *granizo* (pedazos irregulares de hielo transparente de más de 0,2 g), *gránulos de hielo* (granos transparentes de cristales irregulares de nieve de menos de 0,1 g formados por aglomeración de cristales de nieve, o *nieve* (pequeños cristales blancuzcos de poco peso que caen a velocidad lenta). No obstante, pueden darse precipitaciones mixtas de agua líquida y sólida.

En Colombia, la precipitación más abundante es la líquida, si bien el granizo es muy común y la nieve sólo se da en la alta montaña, por encima de 4.700 msnm.

**Figura 1. El ciclo hidrológico**



Fuente: Pérez Preciado, 1989

### Génesis de la precipitación

Para que la precipitación tenga lugar, el aire debe enfriarse lo suficiente para originar la condensación y crecimiento de las pequeñas gotas que constituyen las nubes, cuyo diámetro está entre 1 y 3 centésimas de milímetro, y luego seguir creciendo hasta formar gotas de lluvia, con diámetros que alcanzan entre 0,5 y 4 mm. Este crecimiento se lleva a cabo mediante tres mecanismos posibles:

- Coalescencia o agrupamiento de numerosas gotículas para formar una mayor.
- Condensación del vapor de agua en la superficie de algunas gotículas, aumentando así su volumen.

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

- Presencia de núcleos de condensación, formados por minúsculas partículas sólidas, a cuyo alrededor condensan las gotas de lluvia.

La precipitación es así el resultado de los siguientes procesos<sup>4</sup>:

- Movimientos ascendentes de masas de aire húmedo.
- Enfriamiento del aire.
- Condensación del vapor de agua.
- Formación de nubes.
- Caída de la precipitación, como consecuencia de la condensación y agregación de partículas de vapor de agua de tamaño cada vez mayor al interior de las nubes. La precipitación ocurre cuando estas partículas caen de la nube o alcanzan un tamaño tal que su peso supera la capacidad de sustentación de las corrientes ascendentes.

### **Tipos de precipitación**

Los mecanismos que originan el ascenso del aire y que dan lugar a diferentes tipos de precipitación son principalmente: turbulencia mecánica (de rozamiento o dinámica), turbulencia térmica (convección térmica) y ascendencia orográfica (Eslava, 1.993).

- *Precipitación orográfica.* Se origina en el ascenso forzado del aire húmedo al chocar contra una montaña (asciende, se enfría y condensa). Es un tipo de precipitación común a lo largo de todas las vertientes montañosas del país.
- *Precipitación convectiva térmica.* Se origina en el calentamiento intenso del aire cercano al suelo y el subsiguiente ascenso rápido del aire caliente, gracias a su menor densidad con respecto al aire más frío de las capas superiores. Si la atmósfera es muy húmeda y el aire asciende, se pueden formar nubes de gran desarrollo vertical. La precipitación convectiva térmica de gran intensidad se caracteriza por presentar alta turbulencia, con tormentas, relámpagos, truenos y en algunos casos granizo. En los altiplanos es común que se presenten procesos convectivos locales que favorecen el desarrollo de nubes de lluvia y tormentas en horas de la tarde.
- *Precipitación convergente.* Se origina cuando se encuentran dos porciones de aire que chocan y son obligadas a subir. La convergencia de porciones de aire puede provocar grandes movimientos ascendentes los cuales generalmente dan origen a nubes de gran desarrollo vertical y abundantes precipitaciones. Estas precipitaciones se presentan en grandes áreas y por lo general son de larga duración e intensidades entre bajas y moderadas.

En Colombia, los efectos de estos varios tipos de precipitación están con frecuencia interrelacionados y la precipitación resultante no puede identificarse con ninguno de los tipos en particular, sino con una combinación de ellos.

### **Circulación atmosférica y distribución de las lluvias**

La cantidad y la distribución de las lluvias en un lugar dado están en relación con la circulación de los vientos y el relieve (forma y orientación de las montañas y altitud), si bien la circulación

---

<sup>4</sup> Mayorga, op. cit.

depende de la latitud. A nivel regional y local influyen también la vegetación y la distribución de tierras y mares. Se debe distinguir la circulación general de los vientos y las circulaciones locales.

La *circulación general* se caracteriza porque las masas atmosféricas circulan entre el ecuador y los polos gracias a las diferencias en el calor recibido por la superficie terrestre. El aire calentado en el ecuador asciende, originando así las zonas de bajas presiones ecuatoriales, y luego se dirige hacia los polos. En este recorrido el aire se va enfriando y descendiendo, dando lugar a zonas de alta presión, especialmente hacia los 30° y en los polos (anticiclones). De los polos, el aire enfriado regresa nuevamente hacia el ecuador. Como resultado de los intercambios térmicos entre las masas de aire, se producen los llamados vientos dominantes, los cuales soplan desde las zonas de altas presiones hacia las zonas de bajas presiones. La figura 2 muestra la *circulación atmosférica* a nivel de toda la tierra.

El territorio colombiano está bajo la influencia principalmente a los vientos alisios del noreste y sureste, los cuales soplan desde las zonas de altas presiones subtropicales, tanto del hemisferio norte como del hemisferio sur. El enfrentamiento de estos vientos da lugar a una faja de bajas presiones (vientos ascendentes), conocida como *Zona de convergencia intertropical (ZCIT)*, la cual presenta un desplazamiento latitudinal entre los dos trópicos, en función del movimiento aparente del sol sobre la eclíptica (o plano de la órbita solar). El sol alcanza su posición más septentrional en los meses de julio - agosto y en febrero la más austral (véase figura 3).

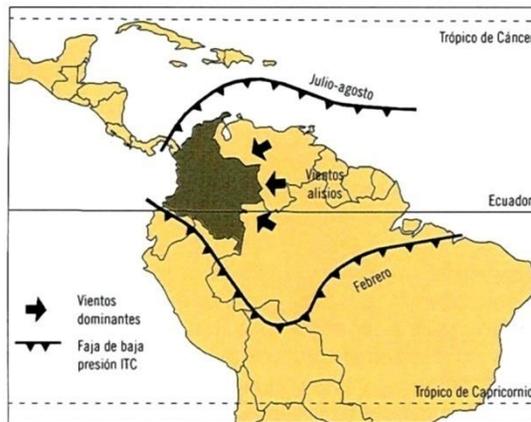
**Figura 2. Circulación general de los vientos**



El paso de la ZCIT produce tiempo lluvioso o ciclónico y su ausencia tiempo seco o anticiclónico. A esto se deben las dos temporadas lluviosas y las dos temporadas secas que caracterizan el clima en la zona interandina y en la llanura del Caribe (régimen bimodal, véase histograma de lluvias de Bogotá, figura 4): la ZCIT pasa dos veces sobre el mismo sitio, una cuando va hacia el norte (primer período lluvioso, de abril-mayo, a veces desde mediados de marzo a mediados de junio) y otra cuando va hacia el sur (segundo período lluvioso de octubre-noviembre, a veces desde mediados de septiembre hasta diciembre). En cambio, en las llanuras orientales las lluvias tienden a concentrarse hacia la mitad del año, dando lugar a un régimen monomodal, debido a la influencia de los vientos húmedos del este (véase histograma

de Arauca, figura 4), cuya humedad escasamente logra sobrepasar la barrera de la cordillera Oriental (la mayor parte de la misma es descargada a las llanuras y en la vertiente oriental de la cordillera Oriental). En la fachada del Pacífico, la muy alta humedad durante todos los meses del año no permite diferenciar meses lluviosos y secos, aunque se observan menores lluvias en los meses de final y comienzo del año (noviembre a febrero, véase histograma de Quibdó, figura 4).

**Figura 3. Desplazamiento de la ZCIT en Colombia durante el año**



**Figura 4. Histogramas representativos de los regímenes de lluvias de Colombia**



Otros mecanismos y fenómenos climáticos que influyen en la variabilidad temporal de la precipitación en Colombia son:

- La ZCIT interactúa con las circulaciones de los océanos Pacífico, Atlántico y de la cuenca del Amazonas produciendo zonas de nubes y fuertes lluvias. La circulación atmosférica en el Pacífico, frente al litoral colombiano, particularmente entre los meses de junio y septiembre, está caracterizada por un recurvamiento de los vientos Alisios, tomando direcciones del sur con componente Oeste. Estos vientos junto con los del Este, del Mar Caribe, contribuyen a la formación del sistema sinóptico conocido como la Baja de Panamá. La humedad proporcionada por el océano y su ascenso forzado por la orografía de la cordillera Occidental favorecen el desarrollo de conglomerados nubosos de gran actividad convectiva (complejos convectivos mesoescalares). En conjunto las anteriores condiciones producen fuertes precipitaciones que llegan a afectar el litoral Pacífico, sectores de la

cordillera Central y aún de la cordillera Oriental, cuando son bastantes fuertes (IDEAM, 1.998).

La cuenca del Amazonas posee una circulación tal que favorece el desarrollo de precipitaciones abundantes. Esa circulación tiene su explicación por el movimiento de masas frías del polo sur, las cuales, en algunos casos, alcanzan los 5° de latitud. Este aire, al entrar en la zona tropical, forma nubes productoras de abundante precipitación en la Amazonia, donde tiene influencia un sistema de baja presión caracterizado por una fuerte rotación del viento en sentido antihorario en el hemisferio Norte y horario en el Sur. Este sistema se desplaza desde Bolivia hacia el norte, en julio, contribuyendo a intensificar las precipitaciones en el sur del país (León, 2.001, en Mayorga, 2003).

### Relación de la precipitación con la altitud

El *relieve* tiene un papel importante sobre la circulación de los vientos. En efecto, la presencia de masas montañosas constituye un obstáculo a la circulación de las masas de aire, obligándolas a ascender, proceso en el cual se enfrían adiabáticamente (sin intercambio de calor); el aire húmedo ascendente condensa, forma nubes y precipita, produciendo lluvias *orográficas*, como se dijo anteriormente. Cuando los flujos de aire húmedo son muy abundantes, la acumulación de los mismos contra el pie de las cordilleras puede forzar el ascenso de masas de aire antes de llegar a la montaña, produciendo lluvias *pre orográficas* en la zona de piedemonte. Es lo que ocurre en las vertientes exteriores de las cordilleras Oriental y Occidental, entre otras.

La precipitación en las vertientes a barlovento reduce la cantidad de agua en el aire y produce liberación de calor latente que es cedido al aire que asciende. Cuando este aire sobrepasa la cumbre de la montaña, desciende y se recalienta y las gotitas de agua que contiene la nube se evaporan y enfrían, produciendo un viento cálido y seco conocido como “Foehn”, en las laderas a sotavento.

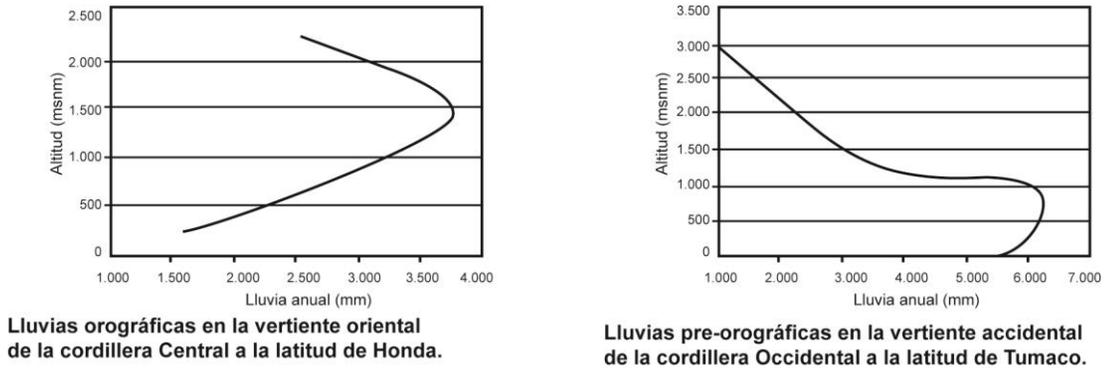
Por otra parte, la altura de las montañas con respecto a su nivel de base (valle o llanura) tiene un importante efecto sobre la distribución espacial de las lluvias. El ascenso de las masas de aire provoca su enfriamiento y consecuente condensación, dando lugar a una nubosidad local a determinadas alturas, la cual, al alcanzar un desarrollo suficiente, precipita. Se forma de esta manera una faja lluviosa conocida como “óptimo pluviométrico”. Por encima de esta faja, las lluvias disminuyen en forma progresiva, hasta alcanzar valores relativamente bajos en las partes más altas (véase figura 5).

En las vertientes de nivel de base cercano al nivel del mar y que no presentan el fenómeno de lluvias pre orográficas, el óptimo pluviométrico se ubica generalmente entre los 1.200 y 1.800 msnm, coincidiendo así con el cinturón cafetero de Colombia. En las vertientes de los valles intramontanos medios y altos, el óptimo pluviométrico se ubica entre 500 y 1.000 m. por encima del respectivo nivel de base local.

### Circulaciones locales

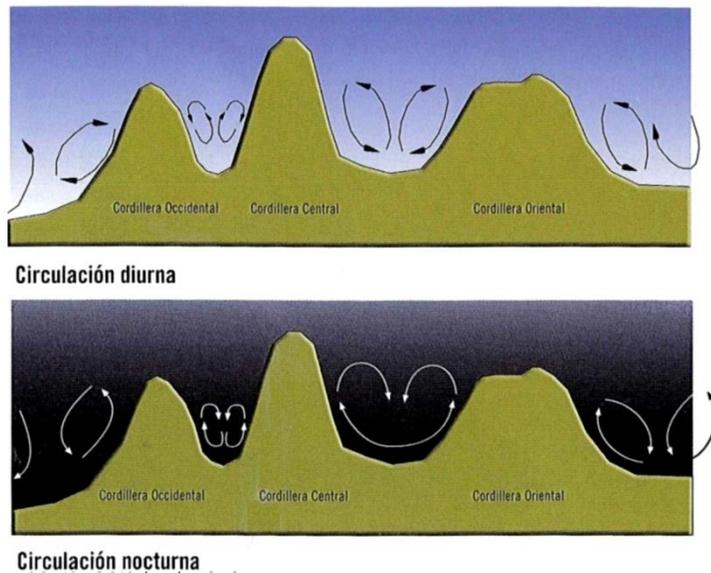
Las *circulaciones locales*, conocidas como “vientos de valle y vientos de montaña”, se deben generalmente al balance térmico de la superficie del suelo durante el día y la noche.

**Figura 5. Lluvias orográficas y pre orográficas en dos vertientes de los Andes**



Al comienzo de la mañana y al comienzo de la noche se presentan generalmente calmas. Luego de la calma matutina, el calentamiento del aire próximo al suelo hace que los vientos empiezan a ascender por el fondo de los valles y después por las vertientes. Para compensar estas masas ascendentes, en el centro de los valles se producen masas descendentes de aire más frío. Sobre las laderas de ascenso, el enfriamiento provoca la condensación y consiguiente precipitación, mientras en el centro del valle los flujos descendentes se disuelven. Por la noche, después de las 20 horas, esta circulación se invierte: los vientos fríos bajan por las vertientes hacia el fondo de los valles, donde, al elevarse, pueden condensarse y precipitar. Esta es la razón por la cual, en las partes medias y altas de las vertientes, las mayores frecuencias de lluvias caen en la tarde, mientras que en los valles caen en la noche. Estas son *lluvias convectivas*, especialmente activas en tiempo anticiclónico, ya que en tiempo ciclónico la depresión general trata de anular la circulación local de las masas de aire (ver figura 6).

**Figura 6. Circulaciones locales diurnas y nocturnas**



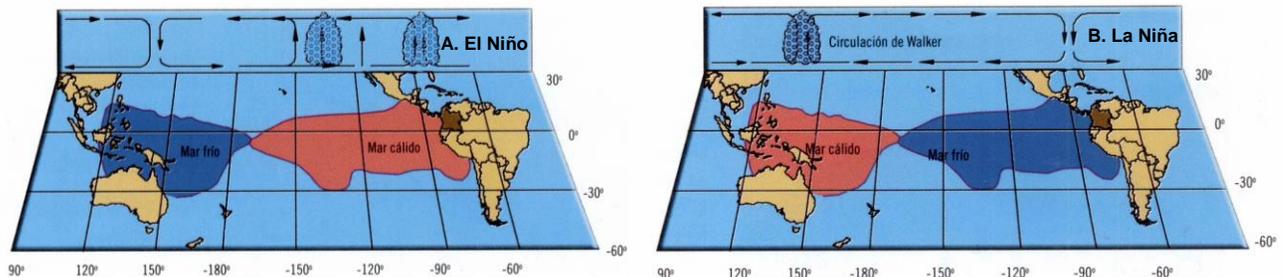
### Anomalías climáticas

Además de la circulación general, el país está sujeto a la influencia de anomalías en el comportamiento espacial y temporal de la precipitación, asociadas a fenómenos climáticos como El Niño - La Niña / Oscilación del Sur, Las Ondas del Este, La Oscilación de Madden-Julian y La Oscilación Cuasibienal:

#### *Oscilación del Sur (Fenómeno de El Niño/ La Niña)*

El término Oscilación del Sur se usa dentro del contexto de variaciones climáticas a escala global. Según Bjerknes (1967), gradientes normales de la temperatura superficial del mar, entre el relativamente frío Pacífico ecuatorial oriental y las aguas cálidas en el Pacífico occidental, dan lugar a una célula de circulación, conocida como Circulación de Walker (figura 7), en la cual el aire seco desciende desde la alta troposfera sobre las aguas frescas del Pacífico oriental, fluyendo luego hacia el oeste a lo largo del ecuador, trayecto en el cual se calienta y carga de la humedad de las aguas cálidas del Pacífico, hasta alcanzar la región de Indonesia-Australia, donde asciende y se condensa, dando lugar a abundantes lluvias en esa región, y regresando luego hacia el este por la alta troposfera, cerrando así la celda de circulación. Cuando esta circulación es más intensa, se le llama Fenómeno Frío del Pacífico, o de La Niña, debido a que las aguas más frías y las lluvias menos abundantes se localizan en el Pacífico oriental, cerca de las costas de Colombia-Perú, en contraste con las condiciones del Pacífico occidental, si bien genera abundantes lluvias en la zona interandina de Colombia. El caso contrario se conoce como El Niño. Estos fenómenos provocan cambios en la precipitación. La oscilación del sur se parametriza por medio del Índice de Oscilación del Sur (IOS), que se define como la diferencia de las anomalías mensuales de presión estandarizadas por sus correspondientes desviaciones típicas entre Tahití (Polinesia francesa) y Darwin (Australia) (IDEAM, 1.998): valores negativos de IOS corresponden a disminuciones de la presión atmosférica en el Pacífico sur e incremento en el sector occidental; esta fase negativa trae incremento de las lluvias en el Pacífico Oriental y la fase positiva es lo inverso.

**Figura 7. Circulación de Walker Este-Oeste en el Pacífico tropical (fenómenos El Niño y La Niña)**



#### *Ondas del Este*

Son perturbaciones que se mueven a través de las regiones tropicales de oriente a occidente, formando parte del flujo básico de los Alisios en los niveles bajos. Son ondas frecuentes en la temporada lluviosa del norte del país, produciendo alteraciones en el estado del tiempo a distancias de hasta 1.000 Km aproximadamente (aumenta la nubosidad y las precipitaciones

acompañadas de tormentas eléctricas), y cuando se intensifican pueden dar origen a huracanes (León, 2.001, en Mayorga, 2003).

### *Oscilación Madden y Julian*

Esta Oscilación se define como una célula zonal de la circulación que se propaga hacia el oriente a través de la zona tropical, con los vientos zonales de signos opuestos en la baja y alta troposfera y con un período de duración entre 40 y 60 días (León & Zea, 1.998, en Mayorga, 2003). La fase convectiva de la oscilación favorece la intensificación de las lluvias sobre el océano Índico y luego sobre el océano Pacífico, cuando se traslada hacia el oriente.

### *Oscilación cuasibienal*

Consiste en una alternancia de vientos del Este, dominantes durante una parte del período, con vientos del Oeste en el resto del período en la baja estratosfera, y fluctuaciones extremas en la temperatura, con una duración media de veintiocho meses.

En resumen, la variación de los períodos de lluvia y tiempo seco en una localidad dada en el país está asociada a características físicas (altura sobre el nivel del mar, cercanía al mar, grado de exposición a los vientos locales, latitud geográfica), a la influencia de sistemas meteorológicos de escala sinóptica y a oscilaciones climáticas (como los fenómenos La Niña y El Niño) que acentúan o debilitan, retrasan o inician más temprano la sucesión de períodos secos y húmedos.

## **El cambio climático global**

Por su naturaleza y composición, la atmósfera de la Tierra es un gran invernadero, que filtra la radiación solar y almacena parte del calor recibido. Entre los gases que generan este efecto invernadero, los más importantes son el vapor de agua (responsable por el 60%), el dióxido de carbono (25%) y el ozono (8%), además de otros como el metano y el óxido nítrico. Durante los últimos 100 años se ha observado un cambio relativamente rápido de la temperatura del aire, que se ha asociado con el incremento de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, en especial dióxido de carbono, metano y óxido nítrico. Además, el aumento de la temperatura también genera un aumento de evaporación, que se refleja en un aumento del vapor de agua en la atmósfera. Se cree que este aumento de temperatura sea responsable del derretimiento de las masas glaciares del Ártico, la Antártida y la alta montaña tropical, así como del incremento de la frecuencia de eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas, inundaciones y sequías.

### 3. ASPECTOS GENERALES DEL PROGRAMA DE MONITOREO

#### 3.1. TIPOS DE ESTACIONES

La medición de la precipitación 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 pluviométricas.* Miden la precipitación con una calidad y frecuencia tal que sea posible hacer un reconocimiento de las lluvias a nivel climático de una región o localidad. Según el instrumental instalado, se clasifican en pluviométricas y pluviográficas

Estación pluviométrica (PM). Están dotadas con instrumentos de lectura directa (pluviómetro), que miden la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas,

con una frecuencia normal de una vez al día (07 HLC).

**Estación pluviográfica (PG).** Miden la precipitación tanto con instrumentos de lectura directa como también de registro continuo. El pluviógrafo registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y período en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan pluviógrafos de registro diario.

**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)

**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 de *radiosonda (RS)*, y las *mareográficas (MM)*, en las que no se mide la precipitación. Como referencia, la tabla 1 muestra los instrumentos meteorológicos que se instalan en los diferentes tipos de estaciones consideradas anteriormente:

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

	SP	SS	CP	CO	AM	PG	PM
Pluviómetro	x	x	x	X	x	x	x
Pluviógrafo	x	x	x	X	x	x	
Sicrómetro y T. Extremas	x	x	x	X	x		
Higrógrafo	x		x		x		
Termógrafo	x		x		x		
Anemógrafo	x	x	x		x		
Anemómetro			x		x		
Heliógrafo	x		x		x		
Actinógrafo	x		x		x		
Tanque de evaporación			x		x		
Barómetro	x	x					
Microbarógrafo	x	x					
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		

### 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:

- *Red pluviométrica:* compuesta por las estaciones pluviométricas, en las que se mide la precipitación una vez al día (PM), o mediante instrumentos de registro continuo (PG). Es la red de mayor cubrimiento en el país.
- *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 las costas Pacífica y Caribe, y 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:

- 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**

##### *Pluviómetros*

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

Para los fines de la red nacional, la lectura del pluviómetro es diaria y se realiza a las 07:00 Hora Local Colombiana (HLC), pero el día pluviométrico se cuenta desde la 07:00 de un día hasta las 07:00 del día siguiente. Las mediciones pueden ser, igualmente, semanales o mensuales. Las observaciones deben ser hechas, en lo posible, dentro de los primeros 10 minutos de la hora de observación prevista. Sin embargo, aunque la observación se realice a la hora prevista o no, es importante registrar con cuidado el tiempo real de la observación.

No obstante, la frecuencia de lectura de los pluviómetros puede variar según el tipo de estación y según el uso que se vaya a dar al dato. Por ejemplo, en estaciones sinópticas las observaciones meteorológicas se pueden hacer a intervalos de tres a 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.

##### *Pluviógrafos*

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, hay dos tipos de banda: la de tambor, colocada sobre un tambor que hace un giro diario, semanal o en el período que se desee; y la banda de rodillos, que hace pasar la banda por delante de la plumilla. La velocidad de arrastre de la banda puede ser alterada para que sirva para períodos de una semana, un mes o períodos más largos. No

obstante, la escala de tiempo de la banda de rodillos puede ser lo bastante amplia como para permitir calcular con facilidad la intensidad.

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 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**

La frecuencia de visitas de inspección a las estaciones pluviométricas depende de las condiciones presupuestales. No obstante 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 transmiten con una frecuencia diezminutal, lo cual es importante para la operación de aeropuertos.
  - Para proyectos específicos como operación de embalses, la transmisión también debiera ser diaria, 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 PRECIPITACIÓN

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

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

- Precipitación total diaria: precipitación acumulada, observada o registrada durante las 24 horas del día pluviométrico.
- Precipitación total mensual: suma de los valores diarios del mes.
- Número de días con precipitación: cantidad de días del mes con lluvia.
- Máxima precipitación en 24 horas: mayor valor diario registrado durante el año.
- Precipitación total anual: suma de los valores totales mensuales.
- Precipitación media mensual multianual: promedio de los totales mensuales durante el número de años considerado.
- Precipitación media anual multianual: media aritmética de los respectivos totales anuales durante los años considerados.

*Unidad de medida.* La cantidad de precipitación se mide en milímetros (mm). Un milímetro corresponde a un litro por metro cuadrado de terreno ( $l/m^2$ ). Las lecturas deben hacerse con una aproximación de 0,2 mm, cuando no pasen de 10 mm; y para precipitaciones mayores, el error no debe sobrepasar el 2%.

Los pluviómetros de observación diaria deben leerse con una aproximación de 0,2 mm y, de preferencia, de 0,1 mm. En el caso de pluviómetros de lectura semanal o mensual, éstas deben ser hechas con una aproximación de 1 mm.

En caso de aparatos que midan en pulgadas, el factor de conversión es 1 pulgada = 25,4 mm

### 4.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

La precipitación se mide directamente en pluviómetros y en instrumentos registradores denominados pluviógrafos.

#### Pluviómetros

*Pluviómetros normalizados.* Los pluviómetros están constituidos por pequeños tanques cilíndricos de sección entre 200 y 500  $cm^2$ , dotados de una boca circular y un embudo en su parte media que comunica con un colector en la parte inferior, en el cual se mide el agua caída en milímetros (mm) mediante una reglilla o una probeta debidamente calibrada. Hay diferentes tipos de pluviómetros, si bien el tipo Hellman es el más utilizado a nivel nacional. Desde el punto de vista del diseño de la red nacional, los aparatos deben permitir medir la precipitación por períodos de 12 o más horas (ver figuras 8 y 9).

*Pluviómetros totalizadores.* Este tipo de pluviómetros totalizadores se utiliza para medir la precipitación total en zonas aisladas o de muy difícil acceso. Se componen, como los anteriores, de un colector unido a un embudo que desemboca en un recipiente de capacidad suficiente para almacenar las lluvias estacionales. Para evitar la pérdida de agua por evaporación se

acostumbra usar una fina película de aceite de motor no detergente y baja viscosidad, de unos 8 mm de espesor (no se debe emplear aceites de transformador o con siliconas).

**Figura 8. Vista lateral de un pluviómetro**



En la vista superior del pluviómetro, mostrada en la figura 9, se observa el receptor, tanque colector y la probeta dentro del colector

La reglilla, al igual que la probeta, se utiliza para medir la cantidad de lluvia en los pluviómetros. La reglilla tiene, por una de sus caras, unas líneas que representan un milímetro y está numerada hasta 150 mm de lluvia (figura 10).

**Figura 9. Vista superior de un pluviómetro**



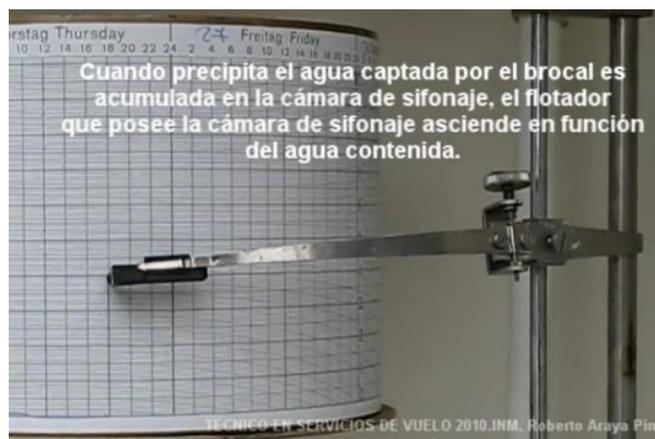
**Figura 10. Medida de la lluvia con reglilla**



### Pluviógrafos

Los pluviógrafos son aparatos que registran la lluvia caída en forma continua y, por tanto, son muy útiles para la determinación de la intensidad de la precipitación (en mm/h). Al igual que el pluviómetro, posee una boca receptora en la parte superior por donde ingresa el agua hacia un depósito llamado cámara de sifonaje, en cuyo interior existe un flotador, el cual, al recibir una cierta cantidad de precipitación (10 mm) provoca una sifonada o descargue del agua hacia un colector que se encuentra en la parte inferior del instrumento. Este ciclo se va repitiendo hasta que el periodo de precipitación finaliza (figura 11).

**Figura 11. Vista general de un pluviógrafo de flotador**



Fuentes: IDEAM (izquierda) y Araya R. Escuela Técnica Aeronáutica. [www.youtube.com/watch?v=zCOxA1oerHA](http://www.youtube.com/watch?v=zCOxA1oerHA)

El flotador tiene incorporado un pequeño brazo con un plumón de tinta, el cual gráfica las variaciones de la precipitación en un diagrama que está adherido a un sistema de relojería diario o semanal. El pluviógrafo de flotador es el más utilizado en Colombia, aunque existen también pluviógrafos de pesada y de cangilones.

### Equipos digitales y automáticos

Los datos pueden convertirse a forma digital, por vía mecánica o electrónica, mediante su registro como puntos perforados en una banda de papel a intervalos regulares, para su posterior lectura y procesamiento automático. Para este mismo fin se utilizan registradores de banda magnética y estado sólido. De igual manera, el movimiento del flotador, el cangilón o la balanza, según el tipo de pluviógrafo, puede transformarse en una señal eléctrica que se transmite por radio, cable o satélite, a un receptor lejano que almacenan los datos.

Aunque hay equipos registradores de intensidad de la lluvia, ésta puede calcularse fácilmente a partir de los registros de un pluviógrafo corriente.

En el mercado hay disponibles en la actualidad equipos automáticos de medición de precipitación, que pueden programarse para transmitir a una estación central remota vía teléfono, radio o satélite, con la frecuencia que se desee, y que pueden almacenar la información durante períodos de tiempo largos (1 año por ejemplo) (figura 12). Estos equipos son especialmente útiles para zonas de difícil acceso.

**Figura 12. Pluviógrafo automático (detalle del sistema de registro)**



Fuente: [www.atmosfera.cl/HTML/temas/INSTRUMENTACIÓN/FIG7.htm](http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/INSTRUMENTACIÓN/FIG7.htm)

### Uso de radares e imágenes de satélite

En la actualidad es posible el uso de estaciones de radar, de manera especial para fines de pronóstico y alertas, tales como: localizar precipitaciones, calcular trayectorias y tipos, analizar estructura de tormentas y calcular potencial de daño (ver figura 13).

#### Figura 13. Radar meteorológico



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Radar\\_meteorol%C3%B3gico](http://es.wikipedia.org/wiki/Radar_meteorol%C3%B3gico)

De igual manera, se utilizan las imágenes de satélite (figura 14), las cuales permiten hacer seguimiento del tiempo atmosférico, sistemas de nubes y tormentas tropicales, fenómenos como El Niño, corrientes oceánicas, vegetación, incendios forestales y otros. Los satélites más utilizados para fines meteorológicos en Colombia son: GOES (geoestacionario) y NOAA (polar).

#### Figura 14. Esquema de satélite



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/sat%C3%A9lite\\_meteorol%C3%BA](http://es.wikipedia.org/wiki/sat%C3%A9lite_meteorol%C3%BA)

### 4.3. INSTALACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INSTRUMENTAL

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

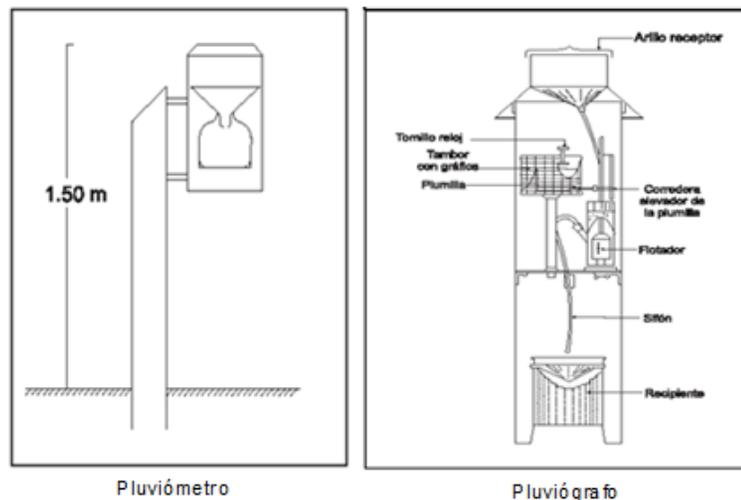
La instalación procede cuando se trata de una estación nueva, caso en el cual se debe proceder a realizar las actividades indicadas en la figura 15:

**Figura 15. 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.
- El pluviómetro y pluviógrafo debe colocarse en forma vertical, con su boca a 1,50 m del suelo, con su base o soporte preferiblemente en concreto (figuras 11 y 12).
- El cerramiento del lote debe ser en malla metálica, preferiblemente plastificada, con postes de acero en las esquinas, empotrados en una base de concreto. Por el tamaño de la estación (4 x 4 m para PM y 4 x 6 m para PG) no es estrictamente necesario colocar viga lateral de amarre (ver figuras 16 y 17), excepto cuando forma parte de una estación meteorológica.

**Figura 16. Esquema de colocación de los equipos**



Fuente: IDEAM, 2008

**Figura 17. Vista de una estación pluviométrica**



#### **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 pluviómetros y pluviógrafos, de acuerdo con la experiencia del IDEAM.

#### **4.5. MÉTODOS DE OBSERVACIÓN**

##### **4.5.1. Medición con pluviómetro**

Existen dos métodos para medir la lluvia recogida en el pluviómetro: con probeta y con reglilla (figura 18).

- *La probeta* es un cilindro de vidrio o plástico transparente graduado en milímetros y décimas de milímetro, dentro del cual se vierte el contenido de agua recogido en el depósito receptor del pluviómetro (figura 18). Allí se observa, a la altura del ojo, la cantidad de milímetros que ha alcanzado una determinada precipitación. Para efectuar la observación con probeta se procede como se indica en la figura 19.

La lectura de la probeta se hace tomándola con los dedos y sosteniéndola verticalmente de tal modo que el nivel del agua quede a la altura de los ojos. Luego se lee el número que queda inmediatamente abajo del nivel del agua y se cuenta el número de rayitas que hay desde ese número hasta el mismo nivel del agua. En la libreta se anota el primer número leído, luego se coloca un punto y enseguida se anota el número de rayitas contadas (figura 18). Cuando la cantidad de agua sobrepasa los 10 milímetros, es decir más de lo que se puede leer en la probeta, se hacen las lecturas que sean necesarias, anotando por separado las cantidades que se van leyendo, y sumando luego todas las lecturas.

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

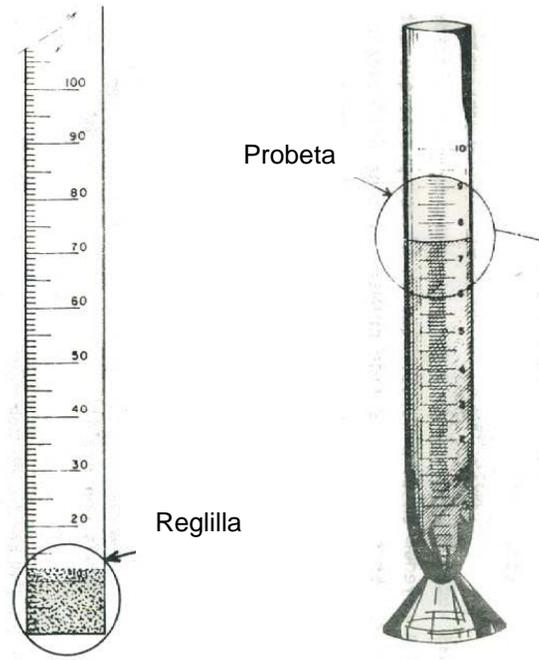
**Tabla 2. Errores más frecuentes en la instalación, operación y mantenimiento de pluviómetros y pluviógrafos**

Errores de instalación del pluviómetro y pluviógrafo	Errores de operación del pluviómetro y del pluviógrafo	Errores de mantenimiento del pluviómetro y del pluviógrafo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos de campo mal tomados.</li> <li>Terreno con obstáculos (los posibles obstáculos deben estar a una superior o igual a cuatro veces la altura del obstáculo con respecto a la boca receptora del pluviómetro).</li> <li>Instrumentos desnivelados.</li> <li>Difícil acceso.</li> <li>Déficit de observadores.</li> <li>La estación no es representativa de la zona.</li> <li>Soportes sin firmeza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Error de paralaje.</li> <li>Probeta y/o reglilla en mal estado, ilegibles o engrasadas.</li> <li>Receptor desnivelado o abollado.</li> <li>Colector desnivelado.</li> <li>Reglilla leída en posición no vertical.</li> <li>No desocupar completamente el colector después de la medición.</li> <li>Depósito del colector sin tapón o tapón deficiente.</li> <li>Reloj con cuerda insuficiente.</li> <li>Reloj con mucha cuerda (puede detenerse).</li> <li>Superposición de registros.</li> <li>Anotar 0.0 (lluvia inapreciable), en lugar de (-) (ausencia de lluvia).</li> <li>Lecturas mal anotadas. (Por ejemplo, 5 en lugar de 0.5; 10, en lugar de 10.0).</li> <li>Anotaciones ilegibles o dudosas.</li> <li>Falta anotación de las 07 horas del día primero del mes siguiente.</li> <li>Meses con número diferente de días en la libreta.</li> <li>Gráficas sin identificar y sin horas de puesta y retirada.</li> <li>Gráfica mal puesta: no se ajusta a la pestaña, no empieza a las 07 horas, soplada.</li> <li>Gráficas puestas fuera de hora.</li> <li>Registros falsos.</li> <li>Plumilla sin tinta o con mucha tinta.</li> <li>Falta de papelería (libretas y gráficas).</li> <li>Libreta sin identificar (nombre y código estación, fechas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terreno con obstáculos recientes.</li> <li>Instrumentos desnivelados.</li> <li>Área de recepción obstruida (hojas, bichos).</li> <li>Conductos (receptor-flotador) sucios.</li> <li>Mangueras rotas o con fisuras.</li> <li>Depósito del flotador sucio.</li> <li>Sifón obstruye libre desplazamiento del flotador.</li> <li>Flotador con agua.</li> <li>Vástago del flotador torcido.</li> <li>Sifón obstruido o con grasa.</li> <li>Sifón mal construido, sin estrangulamiento.</li> <li>Fugas por el empaque del sifón.</li> <li>Desnivel del depósito del flotador.</li> <li>Orificio de presión del depósito del flotador, obstruido.</li> <li>Plumilla deficiente (trazos muy gruesos, muy débiles, manchados o incompletos).</li> <li>Brazo portaplumillas: con mucha presión (registro con saltos) o poca presión (registros discontinuos).</li> <li>Descalibración del instrumento: supera (exceso) o no llega (defecto) al nivel 10 mm.</li> <li>Reloj presenta adelanto o atraso.</li> <li>Gráficas mal cortadas o de mala calidad.</li> <li>Cambiar obligatoriamente las gráficas el primer día de cada mes.</li> <li>Libre de obstáculos.</li> <li>Nivelación.</li> <li>Suministro insuficiente de papelería y demás elementos</li> </ul>

Fallas del pluviógrafo	Errores y vicios en la observación de la precipitación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de sensibilidad (insectos, ranas).</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>Mal funcionamiento sistema relojería: atraso o adelanto del reloj. (Ajuste de tiempo requerido).</li> <li>Tinta de mala calidad.</li> <li>Descalibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Error de paralaje (probeta, reglilla).</li> <li>Observaciones a deshoras (antes o después).</li> <li>Libretas sin identificación (código y nombre estación; día, mes y año)</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>Registros superpuestos.</li> <li>Gráficas no corresponden a la marca del instrumento.</li> <li>Gráficas mal leídas</li> </ul>

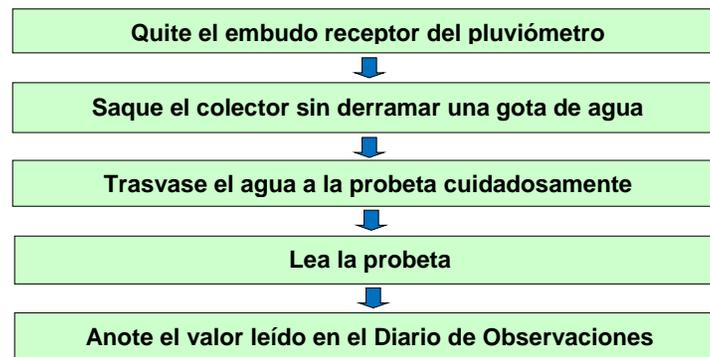
(Fuente: IDEAM-Rangel y Torres, 2005)

**Figura 18. Reglilla y probeta de medición**



Fuente: Manual del Observador Meteorológico, IDEAM, 2001

**Figura 19. Procedimiento para la lectura de la probeta**



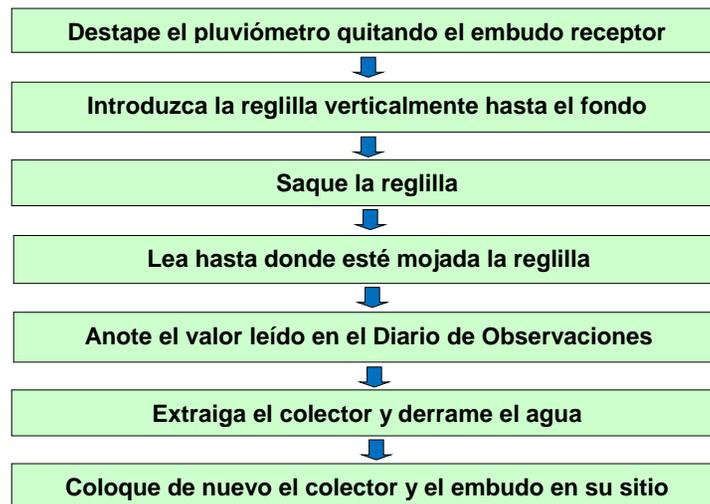
- *La reglilla* es un trozo de madera similar a una regla para dibujo, pero con graduaciones en milímetros y décimas de milímetros (figura 18). La medición se hace directamente en el depósito receptor mediante el procedimiento indicado en la figura 20.

Se debe tener en cuenta, además, las siguientes observaciones:

- La lectura de la reglilla debe hacerse en milímetros y décimas.

- En ocasiones la lluvia es muy intensa y supera la capacidad del colector, depositándose, parte de la lluvia, en el recipiente que cubre y protege el colector. En este caso se mide inicialmente el agua del colector, se vota luego su contenido y se procede a verter el agua depositada en el protector en la probeta y de inmediato se mide. Se suman las dos lecturas y éste será el resultado final de la precipitación.
- Cuando no ha llovido, es decir cuando la reglilla sale completamente seca, se anota una rayita horizontal en la casilla correspondiente del Diario.
- Cuando la cantidad de lluvia caída es tan pequeña que la reglilla sale humedecida hasta menos de un milímetro, se anota un cero en la casilla que corresponde a la hora y día en que se hizo la observación.

**Figura 20. Procedimiento para la lectura de la reglilla**



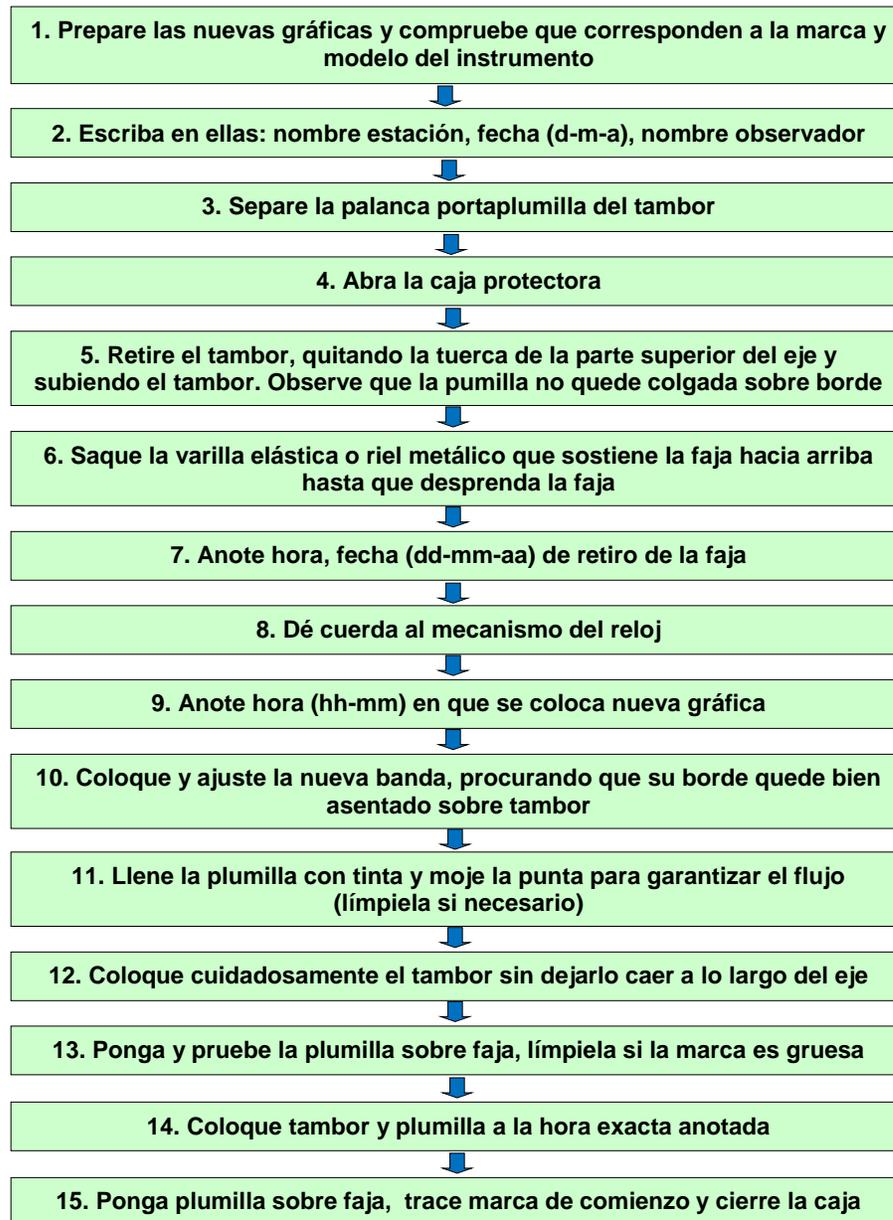
#### 4.5.2. Mediciones con pluviógrafo

La figura 21 muestra los pasos para cambiar la gráfica del pluviógrafo y dejarlo listo para medir. Para bandas de registro diario, las gráficas deben ser cambiadas diariamente, a las 07:00 horas de la mañana. Sin embargo una gráfica puede usarse para varios días, siempre que no se hayan presentado lluvias. También hay pluviógrafos semanales y mensuales con operación similar al diario.

Para el procesamiento de los pluviogramas o gráficas del pluviógrafo se debe seguir el procedimiento indicado en la figura 22. La figura 23 muestra un esquema de interpretación de gráfica. Es importante recordar que en caso de bandas diarias, el valor máximo es de 10 mm, por lo cual, para aguaceros mayores, la curva baja cuando se alcanzan los 10 mm y empieza a subir de nuevo y así sucesivamente. Los valores horarios acumulados se anotan en el formato normalizado que se adopte, para que sean procesados.

Detalles del procedimiento de cambio de banda pueden consultarse en el Manual del observador meteorológico o en los manuales de los pluviógrafos.

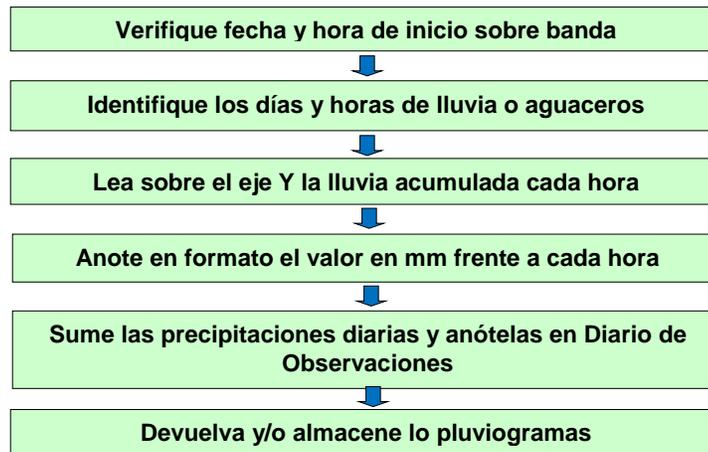
**Figura 21. Procedimiento para cambiar las fajas (gráficas) de registro del pluviógrafo**



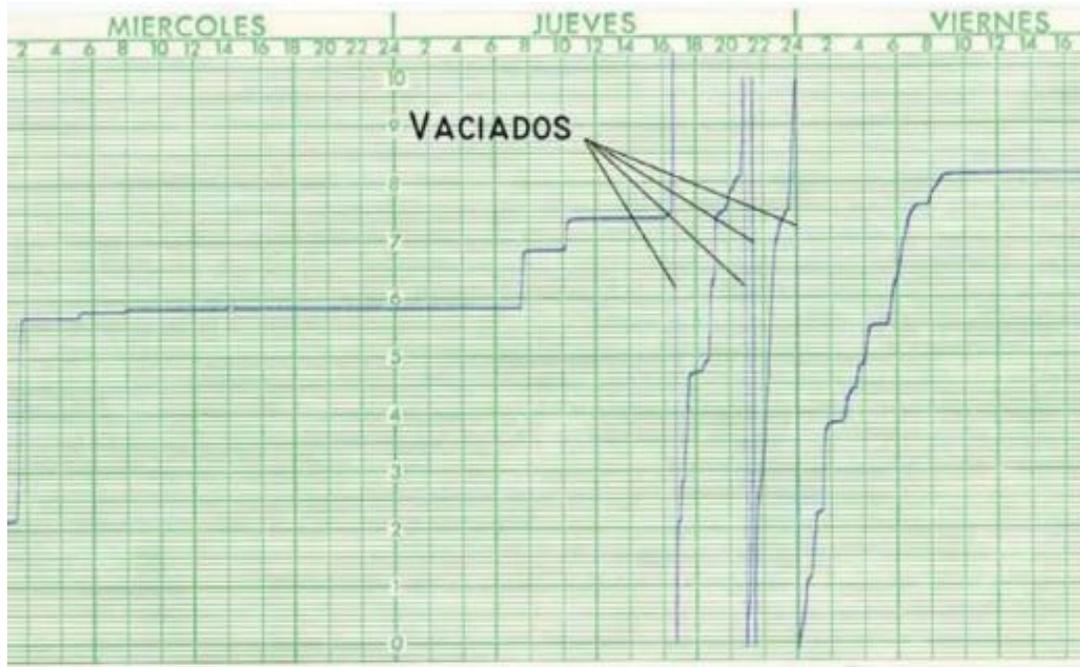
### Procedimiento de medición con estaciones automáticas

Las estaciones automáticas poseen sensores que miden la precipitación caída, convierten el dato en una señal eléctrica, lo almacenan en una plataforma colectora de datos (DCP) y/o lo transmiten con una frecuencia previamente programada. Estos datos ingresan directamente a la base de datos, donde son procesados y validados.

**Figura 22. Procedimiento para lectura de pluviogramas**



**Figura 23. Esquema de gráfica de pluviógrafo**



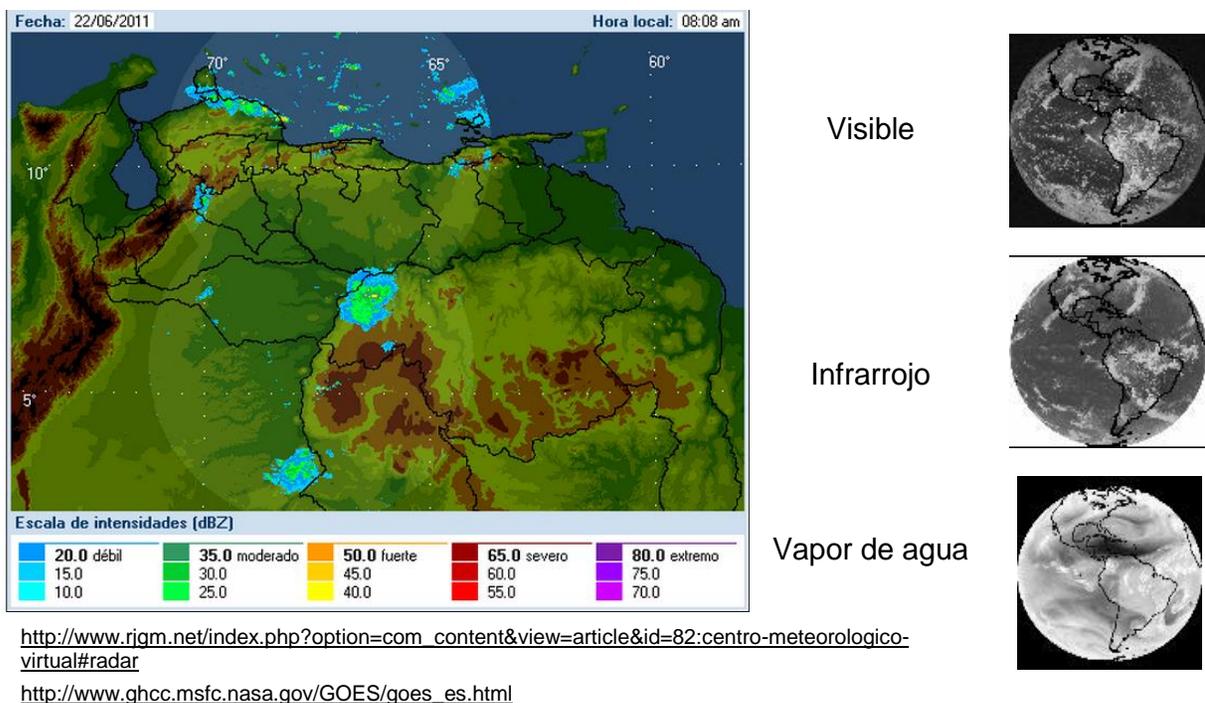
Fuente: Araya R. Escuela Técnica Aeronáutica. [www.youtube.com/watch?v=zCOxA1oerhA](http://www.youtube.com/watch?v=zCOxA1oerhA)

### Datos suministrados por radares meteorológicos y por satélites

Los datos provenientes de radares meteorológicos y de satélites son valiosos para determinar la intensidad, la distribución espacial y las horas de comienzo y fin de las precipitaciones. El registro de datos se puede hacer en películas fotográficas o en forma digital a través de una computadora conectada al radar. Los datos de la película se pueden registrar continuamente, a

intervalos regulares, o seleccionar determinadas fotografías individuales. 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 del radar 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 o de redes de computadoras (ver figura 24).

**Figura 24. Ejemplo de uso de imágenes de radar y de satélite**



## 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. 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 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 precipitación, 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 (pluviógrafos con cubeta basculante). 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 precipitación, las dos bases de tiempo son idénticas. No así para otros 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 malfuncionamiento del sensor.

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

### **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 comparan las lecturas pluviométricas con las gráficas de pluviógrafo, teniendo en cuenta que la lectura del PVM debe ser siempre mayor que la del PVG, sin sobrepasar el 10%, lo cual se comprueba por muestreo.
- 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 horas del día de la visita para las estaciones pluviométricas y pluviográficas, o a las 07 o 13 horas para las estaciones climatológicas.
  - 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, de acuerdo con las instrucciones del formato de lectura utilizado (Diario de Observaciones o similar en el caso del IDEAM), los datos de la última columna terminen en cero si se utiliza reglilla o en decimal de 0 a 9 si se utiliza probeta.
  - Que la ausencia de lluvia se anote como un guión (-) en la casilla "C" (característica), y si llovió pero la cantidad no se alcanza a medir, que esté anotada con la cifra cero (0), que significa lluvia inapreciable.
  - Que el observador explique cómo midió los valores cercanos o iguales a 135 mm (máximo contenido del colector), para lo cual se le pregunta cuántas veces tuvo que desocupar la probeta o hasta dónde se humedeció la reglilla.
  - Que la lectura de las 07:00 horas del primer día del mes siguiente corresponda a ese día, pues algunos observadores llenan esa casilla con el valor anotado para el día primero del mes en curso.
  - Que las lecturas de las 07:00 HLC del primero del mes siguiente se anoten cuando se retira la información o la envía por correo.
  - 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 el pluviómetro no tenga agujeros en ninguna de sus partes, que estén libre de tierra o basuras y que estén firme y bien nivelado.

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, y Anexo 2, punto 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.

#### **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 nubosidad, fenómenos, precipitación, evaporación, recorrido comprende los siguientes pasos:

- Se diligencia el formato de radicación de datos meteorológicos (31-31-79 en el caso del IDEAM).

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

- Se revisa la identificación de la estación y el mes y el año a procesar.
- Se ordena las gráficas de Pluviógrafo por fechas. Se establece el atraso o adelanto del reloj con base en las horas de puesta y quitada de la gráfica, durante cada día o semana. Se hace el ajuste correspondiente, cuando sea necesario.
- Se evalúa, con lápiz negro, la faja del pluviógrafo para el día pluviométrico (07-07). Se anota sobre la faja los valores obtenidos de PVG y el correspondiente de PVM, poniendo especial atención a los valores bajos (0,1 mm, 0,2 mm).
- Se compara los datos de PVM con los de PVG: la lectura del PVM debe ser siempre mayor que la del PVG, sin sobrepasar el 10%, esto es, la relación PVM/PVG debe estar entre 1,000 y 1,111. Para valores diarios bajos de precipitación (< 4,0 mm), o para lluvias intensas (aguaceros) el cociente PVM/PVG puede llegar a ser superior a 1,111. La decisión de aceptar o rechazar el dato depende del criterio del ingeniero validador.
- Si la lectura del PVG es mayor (>) que la del PVM y el PVG funciona bien, se toma la lectura del PVG. Se codifica con "P" la casilla respectiva del formato interactivo de grabación, en tal caso.
- Si el PVG no descarga correctamente o se traba el vástago y no hay lectura de PVM, se toma el valor del PVG, con el código de "dato incompleto".
- Se tiene en cuenta que los trazos sobre la faja pueden estar por encima de la línea de 10,0 mm o por debajo de la línea 0,0, en caso de des calibración del PVG u otro motivo. Estas cantidades constituyen precipitación y se tienen en cuenta en la evaluación.
- Se distribuye la cantidad de precipitación cuando los datos son tomados fuera de hora (después de las 07 HLC), por lluvia en el momento de la observación, u otro motivo.
- Se verifica las lecturas del pluviómetro con las del tanque de evaporación, si no existe información de PVG (en estaciones climatológicas)
- Se comprueba el número de días de cada mes.
- Se compara los datos diarios próximos a 135 mm, máxima cantidad que puede contener el colector, con los registros del pluviógrafo. Cuando no hay tapón, el agua puede haber escapado y la lectura podría ser mayor.
- Se anota sobre el Diario de Observaciones, para cada día, si se el dato corresponde al PVM o al PVG.
- En los casos de gráficas mal puestas o mal cortadas, el cambio de pendiente no se tiene en cuenta (no lluvia).
- Se compara los datos de la estación con datos simultáneos de estaciones vecinas.

#### *Consistencia interna de las observaciones*

Para realizar el análisis de consistencia interna, el inspector selecciona un día del mes con valores altos de precipitación y otro con valores bajos y, analiza las lecturas de la libreta y las gráficas disponibles (PVG, EVP, ACG, HLG, TEG, HIG), en el caso de estaciones climatológicas. Con base en estos datos, se comprueba que, en general:

- Valores altos de precipitación correspondan con baja radiación, baja insolación y temperaturas moderadas, cielo cubierto (categoría nubosidad 3), baja evaporación, humedad relativa moderada a alta y viento (recorrido 07-07) variable.
- Valores bajos o nulos de precipitación correspondan con moderada a alta radiación e insolación, temperaturas moderadas a altas, cielo mayormente descubierto (nubosidad 1), moderada a alta evaporación, humedad relativa baja y viento moderado a fuerte.

Los fenómenos atmosféricos 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

El objetivo principal de la verificación y 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.

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 el sistema.

#### *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:

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

- 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.

Una vez cumplidas las actividades de prevalidación y validación sobre el formato de lectura (o Diario de Observaciones), según los procedimientos indicados, y una vez procesado el programa de computador utilizado en la grabación, se lleva a cabo el Control Final de Calidad en la oficina regional o local, con el fin de garantizar que la información a almacenar en el banco de datos regional posea calidad controlada. 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 verifica la nubosidad, precipitación, evaporación y recorrido del viento:
  - En los casos en que la información provenga de una estación climatológica, se revisa en forma simultánea los valores diarios de nubosidad, precipitación, evaporación y recorrido.
  - Se revisa, en columna, los valores diarios de precipitación. Se identifica los valores muy altos y se busca justificación de los mismos con información del pluviógrafo y otros registradores (heliógrafo, termógrafo, higrógrafo), o se rechazan en caso de que no haya soporte.
- Segundos procesos
  - Los valores rechazados en el paso anterior, se borran interactivamente, por pantalla, grabando nuevos (9). Una vez borrados, se corre un segundo proceso, el cual se vuelve a verificar por pantalla.
  - En el caso de detectar alguna nueva anomalía, se corrige en la grabación y se corre un tercer proceso.
  - Cuando se haya corrido más de un proceso, sólo se envía a las oficinas centrales los resultados del último de los procesos, con el fin de que los bancos de datos regional y central sean idénticos.

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, 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.

### **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 precipitación, por razones tales como falta de observador, daño del equipo (en especial en caso de pluviógrafos) 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 ingeniero hidrólogo o 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. 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 la altura de precipitación o en los caudales, 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 proponen dos alternativas: el método de las cartas de control y las pruebas de simple y doble masa, 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 25).

**Figura 25. 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 precipitación, 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:
  - Fenómeno atmosférico más significativo para cada día.
  - Totales diarios de precipitación, en milímetros y décimas, sin punto decimal.

Los datos se deben grabar en las casillas respectivas con sus características y sus correspondientes símbolos, de acuerdo con las instrucciones del formato.

No se debe olvidar que los valores diarios de precipitación corresponden al día pluviométrico, o sea el día consignado en el formato de campo. El programa debe estar en capacidad de desplazar la información “hacia arriba”. Por esta razón, se requiere grabar los valores de estas variables correspondientes a las 07 horas del día 1 del mes siguiente.

### 4.8.2. Cálculos y procesamiento

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

- Precipitación: total mensual (sumatoria de los valores diarios), número de días con lluvia mayor o igual ( $\geq$ ) a 0,1, 1,0, 5,0, 10,0, 20,0, 25,0 y 50,0 mm y precipitación máxima en 24 horas (mayor valor diario).

#### 4.8.3. Salidas

El formato de salida debe estar en capacidad de mostrar la siguiente información.

- Cantidades diarias de precipitación y sus correspondientes totales mensuales.

Con los datos de precipitación total diaria se calcula la precipitación total mensual y el promedio, máximo y mínimos de los valores diarios de cada mes, así como el número de días con lluvia de cada mes (últimas cinco filas de las columnas Ene a Dic), así como el total anual, máximo y mínimos de los valores mensuales del año.

A partir de los totales mensuales se construye el resumen anual para cada estación, y con base en él se calculan igualmente la precipitación total anual para cada año con observación, la precipitación media mensual multianual, la precipitación media anual multianual y la máxima y mínima mensual y anual multianuales.

#### 4.8.4. Procesamiento secundario

Los datos de resúmenes diarios, mensuales, anuales y multianuales de precipitación 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 precipitación media de cada zona, subzona y/o cuenca hidrográfica y de la distribución espacial de la misma. Para este efecto existen varios métodos, siendo los más conocidos el método aritmético, las isoyetas y los polígonos de Thiessen. Una vez se conoce la distribución espacial de la precipitación es posible determinar la precipitación media. 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 de precipitación media mensual multianual, indicadores del régimen de lluvias, los cuales deben actualizarse cada año. Estos histogramas pueden elaborarse con datos absolutos (valores de precipitación en mm) o con porcentajes con respecto a la precipitación total anual. De igual manera, para caracterizar el régimen de lluvias se pueden calcular los siguientes índices para los valores mensuales y anuales de la serie, una vez validados los datos: desviación estándar, coeficiente de variación e índice de irregularidad interanual, cuyas fórmulas y procedimientos de cálculo pueden encontrarse en libros de hidrología, meteorología y estadística (figura 26).

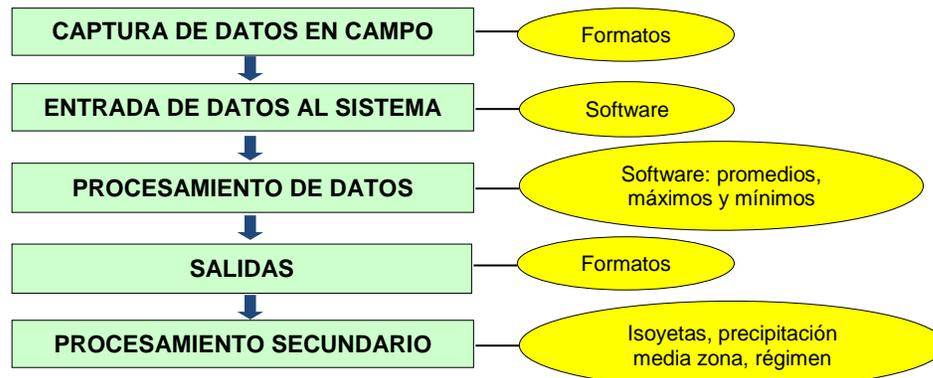
#### 4.9. ALMACENAMIENTO<sup>5</sup>

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

<sup>5</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.

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.

**Figura 26. Flujoograma general del procesamiento básico de la información**



Como se anotó en la sección 4.6, 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 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 27 muestra el flujo general del almacenamiento.

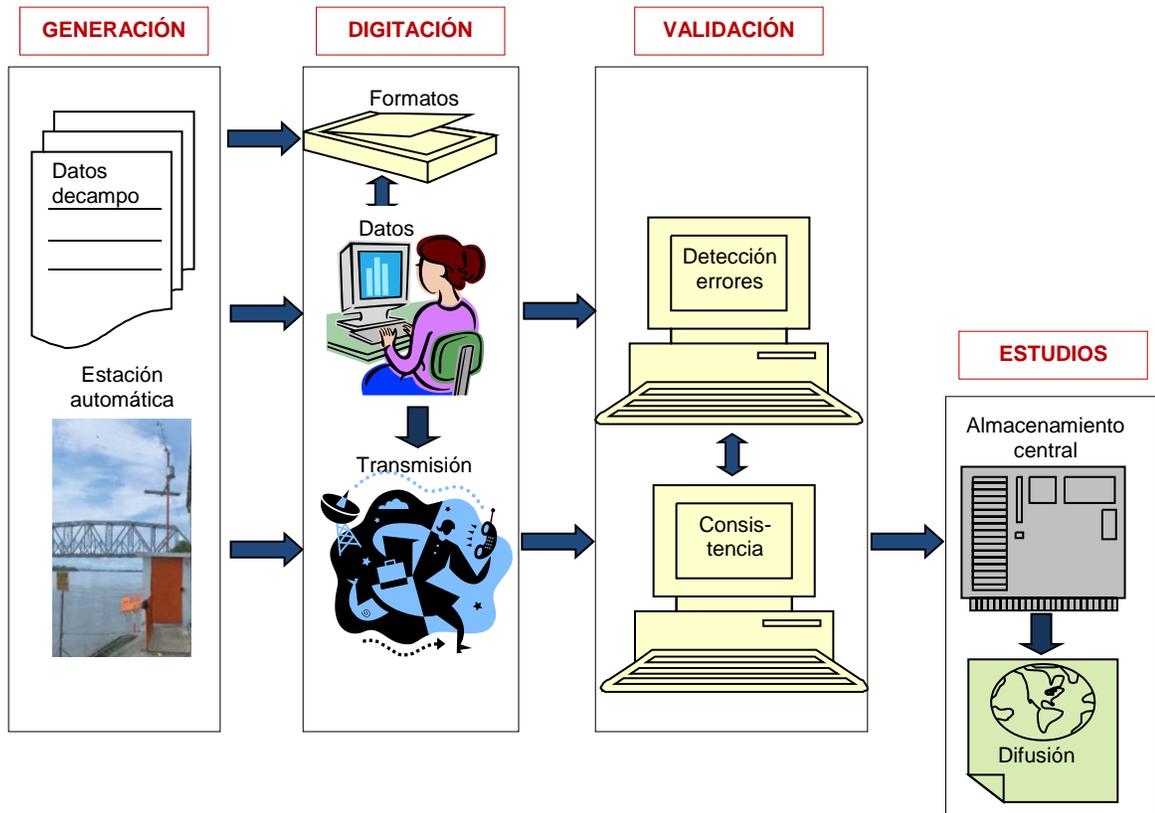
**4.10. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La difusión de los datos de precipitación 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 precipitación, 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 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.

**Figura 27. Flujoograma general del almacenamiento de la información**



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.



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**

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

## **ANEXOS**

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

ANEXO 2. FORMATOS TIPO

Formato 1 A. Formato de captura de observaciones pluviométricas

 <b>DIARIO DE OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS</b>											MES:																	
											AÑO:																	
ESTACIÓN						OBSERVADOR																						
REVISOR					REG	TR	CODIGO			TI	AÑO	MES																
						2																						
PRECIPITACIÓN Y FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS											PRECIPITACIÓN Y FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS																	
DÍA	HORA	LECTURA			C	PERIODO	LLUVIA	GRANIZO	HELADA	BRUMA	NIEBLA	TORRENTA ELÉCTRICA	VIENTO FUERTE	DÍA	HORA	LECTURA			C	PERIODO	LLUVIA	GRANIZO	HELADA	BRUMA	NIEBLA	TORRENTA ELÉCTRICA	VIENTO FUERTE	
1	07:00					07 A 13								17	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
2	07:00					07 A 13								18	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
3	07:00					07 A 13								19	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
4	07:00					07 A 13								20	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
5	07:00					07 A 13								21	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
6	07:00					07 A 13								22	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
7	07:00					07 A 13								23	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
8	07:00					07 A 13								24	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
9	07:00					07 A 13								25	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
10	07:00					07 A 13								26	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
11	07:00					07 A 13								27	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
12	07:00					07 A 13								28	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
13	07:00					07 A 13								29	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
14	07:00					07 A 13								30	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
15	07:00					07 A 13								31	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								
16	07:00					07 A 13								1	07:00					07 A 13								
						13 A 19														13 A 19								
						19 A 07														19 A 07								

DEL MES SIGUIENTE

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

**Formato 1 B. Instructivo de formato de captura de observaciones pluviométricas**

LAS OBSERVACIONES EN LA ESTACION PLUVIOMETRICA				
OBSERVACIONES	C	LECTURA	HORA	DIA
GENERALIDADES				

En el estudio del clima el dato de mayor importancia es la cantidad de lluvia que cae en la superficie terrestre en determinada zona.  
 Esta información obtenida en forma precisa es de provecho para todos, se utiliza especialmente en la agricultura, planeación de acueductos y alcantarillados, construcción de represas para riego o generación de electricidad, etc.

**ENCABEZAMIENTO**  
 Anote el mes, año, nombre de la estación, nombre del observador y código asignado a la estación (siete cifras).

**HORA DE OBSERVACION**  
 Efectúe una lectura diaria a las 7 de la mañana.  
 Siempre es necesario ir a la estación debido a que a veces ocurren lloviznas sin que nos demos cuenta.

- LECTURA CON PROBETA (Ver dibujo)**
1. Retire el embudo receptor del pluviómetro, saque el colector y eche el agua llovida en la probeta.
  2. Sostenga la probeta verticalmente y de tal forma que el nivel del agua quede a la altura de su vista.
  3. Determine el valor de la lectura según la escala señalada en el dibujo de la probeta.
  4. La probeta se utiliza para medidas hasta un máximo de 300, según dibujo de la probeta o sea 3 probetas llenas hasta 100. Para cantidades mayores utilice la reglilla.

- LECTURA CON REGLILLA (Ver dibujo)**
1. Retire el embudo receptor del pluviómetro.
  2. Introduzca la reglilla en forma vertical hasta el fondo del colector.
  3. Espere unos segundos para que se moje la reglilla.
  4. Saque la reglilla y determine el valor de la lectura según la escala señalada en el dibujo de la reglilla, teniendo en cuenta el extremo superior de la marca dejada por el agua.
  5. Saque el colector y bote el agua con el fin de alistarlo enseguida para la próxima observación.
- Nota.**— Algunas veces la lluvia es muy abundante y el agua no cabe en el colector y cae al tanque protector, en este caso se procede así:
- a. Mida la cantidad de agua que hay en el colector.
  - b. Saque el colector y bote el agua que midió.
  - c. Retire el tapón del tanque protector y trasvase el agua al colector para efectuar una segunda medida.
  - d. Sume las dos cantidades para obtener el valor total de la precipitación.

**ANOTACION**  
 Escriba el valor medido frente al día correspondiente del mes.  
 Para evitar errores en la anotación de los decimales, en los dibujos de la probeta y reglilla se han puesto los números tal como deben anotarse en la libreta.  
**Ejemplos:**  
 Dos ( 2 ) milímetros medidos con la probeta se anotan así: 20

DIA	HORA	LECTURA	C	OBSERVACIONES
0	1	0	7	
			2	0

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

**Formato 1 B. Instructivo de formato de captura de observaciones pluviométricas (Cont.)**

Diez (10) milímetros medidos con la probeta o reglilla se anotan así: 100

DIA	HORA	LECTURA	C	OBSERVACIONES
0   1	0   7	1   0   0		

Quince (15) milímetros con ocho (8) décimas medidos con la probeta:

0   2	0   7	1   5   8		
-------	-------	-----------	--	--

Ciento cuarenta y dos (142) milímetros medidos con la reglilla:

0   3	0   7	1   4   2   0		
-------	-------	---------------	--	--

Una (1) décima de milímetro medida con la probeta:

0   4	0   7	1		
-------	-------	---	--	--

Cuando la cantidad de lluvia es tan pequeña que no se alcanza a medir con la probeta o cuando la reglilla sale humedecida hasta menos de 1 milímetro, se anota cero ( 0 ):

0   5	0   7	0		
-------	-------	---	--	--

Cuando no se presenta precipitación, se anota una raya horizontal en la casilla correspondiente a la columna C:

0   6	0   7	-		
-------	-------	---	--	--

Al terminar el mes, no olvide anotar en la parte inferior de la hoja la lectura correspondiente a las 7 de la mañana del día 1o. del mes siguiente.

**FENOMENOS METEOROLOGICOS**

Cuando se presente alguno de los fenómenos meteorológicos explicados a continuación puede escribirlo en la casilla de observaciones.

DIA	HORA	LECTURA	C	OBSERVACIONES
0   1	0   7			BRUMA - GRANIZO

**BRUMA:** Es un conjunto de partículas secas suspendidas en la atmósfera, tan pequeñas que no se pueden ver, pero tan numerosas que el aire se ve opaco, de color azulado, amarillento o gris.

**GRANIZO:** Son pedazos pequeños de hielo de forma redonda irregular, pueden ser opacos o transparentes y se presentan generalmente con lluvia.

**HELADA:** Son pequeños cristales en forma de agujas o escamas que se forman sobre el pasto o cultivos, son de color blanquecino y ocurre a temperaturas inferiores a 0°C.

**TEMPESTAD:** Se presenta cuando ocurren relámpagos y truenos, generalmente con lluvia fuerte y a veces con granizo.

**VIENTO FUERTE:** Ocurre cuando el movimiento del aire es tan fuerte que rompe las ramas de los árboles y se dificulta caminar en contra del viento.

**RECOMENDACIONES**

Por favor mantenga podado el pasto de la estación.

Coloque la libreta en el planillero en un lugar visible.

Guarde debidamente las copias del diario de observaciones.



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 2 A. Formato de captura de observaciones meteorológicas

DIARIO DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS
Table with columns for date, time, temperature, humidity, wind, and other meteorological data. Includes fields for station name, municipality, and observer name.

## Formato 2B. Instructivo para formato de captura de observaciones meteorológicas

<p><b>SICROMETRO (TERMOMETRO SECO Y HUMEDO)</b></p> <p>Lecturas a las 07–13 y 19 HLC</p> <p><b>OBSERVACION DEL SICROMETRO CON VENTILACION ARTIFICIAL</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Humedecer bien la muselina.</li> <li>Dar 9 medias vueltas a la llave del aspirador</li> <li>Entrecerrar la puerta de la caseta.</li> <li>Esperar 1 minuto, hacer varios chequeos para observar el descenso de la columna de mercurio del termómetro húmedo, hasta cuando la columna descienda hasta su punto más bajo y se establezca por unos segundos.</li> <li>Anotar la temperatura más baja a que haya llegado el termómetro húmedo e inmediatamente la temperatura del termómetro seco.</li> </ol> <p><b>OBSERVACION DEL SICROMETRO CON VENTILACION NATURAL</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cuando se dañe el aspirador se debe retirar.</li> <li>Después quitar los dos tubos o caperuzas que protegen los depósitos de mercurio de los termómetros.</li> <li>Colocar al depósito de mercurio del termómetro húmedo 15 cm de muselina, la cual llegará a un recipiente de boca ancha, permanentemente lleno de agua. De la punta inferior del depósito de mercurio al nivel del agua habrá una distancia de 4 cm.</li> <li>Para la observación a la hora reglamentaria, anote las temperaturas que indiquen los termómetros seco y húmedo.</li> <li>En la página donde finaliza el mes, en la casilla de observaciones anote la fecha en que ocurrió el daño del aspirador.</li> <li>La muselina debe cambiarse cada 15 días o cuando se note sucia.</li> </ol> <p><b>TERMOMETRO DE MAXIMA: CASETA – 5 y 10 cm S/S – T. EVAPORACION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 19 HLC.</li> <li>Puesta a punto inmediatamente después de efectuar y anotar la lectura, sacudiendo el termómetro varias veces, describiendo con el brazo un cuarto de círculo para que el mercurio regrese al depósito de mercurio del termómetro y quede indicando una temperatura igual a la del termómetro seco.</li> </ol> <p><b>TERMOMETRO DE MINIMA: CASETA – 5 y 10 cm S/S – T. EVAPORACION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 07 HLC.</li> <li>Anotar la cantidad que indica el extremo derecho del índice. Efectúe la lectura sin retirar el termómetro del soporte.</li> <li>Puesta a punto inmediatamente después de efectuar y anotar la lectura, inclinando el termómetro hacia el lado derecho o sea con el depósito de alcohol hacia arriba, de modo que el índice se desplace hasta detenerse.</li> </ol> <p><b>TERMOGRAFO °C – HIGROGRAFO %</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 07–13 y 19 HLC</li> <li>Después de efectuar y anotar la lectura haga la marca de tiempo sólo al Termógrafo.</li> <li>Cambiar la gráfica los lunes a las 07 HLC cuando el instrumento sea de registro semanal. Además efectuar el cambio de la gráfica el día primero de cada mes a las 07 HLC.</li> </ol>	<p><b>HELIOGRAFO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cambiar la gráfica a las 19 HLC, anotar la fecha del día siguiente.</li> <li>Utilizar la gráfica correspondiente según la marca del instrumento y del período del año.</li> </ol> <p><b>PLUVIOGRAFO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cambiar la gráfica a las 07 HLC si hubo precipitación el día anterior. Si no hubo precipitación puede utilizar la misma gráfica durante 4 días, agregando agua para que varíe el nivel de registro.</li> <li>El primer día del mes cambiar la gráfica a las 07 HLC.</li> </ol> <p><b>PLUVIOMETRO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 07 HLC.</li> <li>Utilizar la probeta para precipitaciones menores de 30.0 mm y la reglilla cuando la medida sea mayor.</li> </ol> <p><b>ANEMOMETRO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 07 HLC.</li> <li>Anotar todos los números que aparecen en el tablero.</li> </ol> <p><b>TANQUE DE EVAPORACION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lectura a las 07 HLC.</li> <li>Girar el nonio del tornillo micrométrico para conseguir que la punta del anzuelo quede a nivel de la superficie del agua.</li> <li>Los milímetros enteros se leen en los números y líneas grabados en el tornillo o eje central.</li> <li>Las centésimas de milímetro se leen en la escala del nonio, su valor lo señala la línea grabada en el círculo exterior.</li> </ol> <p>Cuando sea indispensable agregar o sacar agua se procede así:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Efectuar y anotar la lectura a la hora de observación reglamentaria.</li> <li>Agregar o sacar agua según el caso.</li> <li>Hacer una segunda lectura, la cual se anota en la misma casilla frente al día y hora de observación.</li> </ol> <p>Es necesario mantener el nivel del agua dentro de las franjas pintadas en el tanque de evaporación. Para una limpieza adecuada es conveniente cambiar el agua cada mes.</p> <p><b>NUBOSIDAD</b></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">  </td> <td style="width: 33%;">  </td> <td style="width: 33%;">  </td> </tr> <tr> <td> <b>CATEGORIA 1 = DESPEJADO</b>            Cielo completamente despejado o con pequeñas nubes aisladas.         </td> <td> <b>CATEGORIA 2 = SEMICUBIERTO</b>            Cielo con nubes aisladas o en desarrollo que cubren parcialmente el cielo.         </td> <td> <b>CATEGORIA 3 = CUBIERTO</b>            Cielo completamente cubierto o con pequeños espacios despejados.         </td> </tr> </table> <p>Anotar 9 cuando el cielo está obscurecido y no se puede calcular la cantidad de nubes.</p>				<b>CATEGORIA 1 = DESPEJADO</b> Cielo completamente despejado o con pequeñas nubes aisladas.	<b>CATEGORIA 2 = SEMICUBIERTO</b> Cielo con nubes aisladas o en desarrollo que cubren parcialmente el cielo.	<b>CATEGORIA 3 = CUBIERTO</b> Cielo completamente cubierto o con pequeños espacios despejados.
							
<b>CATEGORIA 1 = DESPEJADO</b> Cielo completamente despejado o con pequeñas nubes aisladas.	<b>CATEGORIA 2 = SEMICUBIERTO</b> Cielo con nubes aisladas o en desarrollo que cubren parcialmente el cielo.	<b>CATEGORIA 3 = CUBIERTO</b> Cielo completamente cubierto o con pequeños espacios despejados.					





## 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.
- DOMÍNGUEZ E, VERDUGO N. Y NIÑO R. Optimización de la red hidrológica nacional de referencia. IDEAM. Bogotá, 2002.
- EPAM-CPT, Plan de ordenación y manejo de la microcuenca de la quebrada Santa Elena (Medellín). Bogotá-Medellín. 2008.
- IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá. 2010 (en prensa).
- 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. 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

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 consultoría No. C – 0427 – 05. Bogotá. 2006.

UNESCO, WHO. Water Quality Surveys. Studies and reports in hidrology. 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.