



RESOLUCION PRESIDENCIAL EJECUTIVA No. 0174 SENAMHI-PREJ-OGOT/2013
LIMA 10 DE SETIEMBRE 2013

SERVICIO NACIONAL
DE
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
SENAMHI



VISTO:

El Oficio N° 241 SENAMHI-OGOT-DGM /2013 de fecha 08 de agosto de 2013, que propone a la Presidencia Ejecutiva del SENAMHI la aprobación del **Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas**;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 41° de la Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente establece que: “Conforme al derecho de acceder en forma adecuada y oportunamente a la información pública sobre el ambiente, sus componentes y sus implicancias en la salud, toda entidad pública, así como las personas jurídicas sujetas al régimen privado que presten servicios públicos, facilitan el acceso a dicha información, a quien lo solicite, sin distinción de ninguna índole, con sujeción exclusivamente a lo dispuesto en la legislación vigente”;

Que, el artículo 42° “De la Obligación de Informar” de la precitada Ley, modificado por el artículo 1° del Decreto Legislativo N° 1055, establece que las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, conforme a lo señalado en el artículo 41°, tienen las siguientes obligaciones en materia de acceso a la información ambiental, entre otras: “Establecer mecanismos para la generación, organización y sistematización de la información ambiental relativa a los sectores, áreas o actividades a su cargo y establecer criterios o medidas para validar o asegurar la calidad e idoneidad de la información ambiental que poseen”;

Que, asimismo, la Ley General del Ambiente en su artículo 44°, referido a la incorporación de información al SINIA, indica que: “Los informes y documentos resultantes de las actividades científicas, técnicas y de monitoreo de la calidad del ambiente y de sus componentes, así como los que se generen en el ejercicio de las funciones ambientales que ejercen las entidades públicas, deben ser incorporados al SINIA a fin de facilitar su acceso para las entidades públicas y privadas, en el marco de la normatividad y limitaciones establecidas en las normas de transparencia y acceso a la información pública”;

Que, el numeral 16.6 del artículo 16° de la Ley N° 29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), establece que las entidades públicas que generen información técnica y científica sobre peligros y amenazas, vulnerabilidad y riesgo están obligadas a integrar sus datos en el Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres. La información generada es de acceso gratuito para las entidades públicas;

Que, el artículo 2º de la Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, establece que el SENAMHI, tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir y supervisar las actividades

meteorológicas, hidrológicas y conexas, mediante la investigación científica, la realización de estudios y proyectos; asimismo, tiene como competencia técnica especializada, expedir certificaciones de calibración y control del instrumental meteorológico e hidrológico, así como otorgar conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no;

Que, el artículo 4º de la Ley Nº 24031, dispone que son funciones, entre otras, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú:

- Centralizar y procesar la información meteorológica, hidrológica, agrometeorológica y de fines específicos, para su respectivo análisis y oportuna aplicación por los organismos correspondientes, bajo responsabilidad;
- Organizar y administrar el Archivo Nacional de Información Meteorológica, Hidrológica, Agrometeorológica y conexas y proporcionar la información necesaria para los planes de desarrollo nacionales, regionales y locales;
- Dictar normas y regulaciones relativas a la instalación, operación y mantenimiento de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas de la red nacional, así como de otras estaciones de fines específicos;
- Expedir certificaciones de calibración y control del instrumental meteorológico e hidrológico, así como la de otorgar conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no, los cuales requerirán de dicha autorización expresamente;
- Representar al Perú ante la Organización Meteorológica Mundial – OMM.

Que, es necesario que en el país se lleve a cabo un proceso de uniformización y homogenización de métodos y técnicas de observación meteorológica, agrometeorológica e hidrológica a fin de que el Archivo Nacional de Información Meteorológica, Hidrológica, Agrometeorológica del SENAMHI (en adelante Archivo Nacional Hidrometeorológico) pueda satisfacer las necesidades de datos e información por parte de los usuarios para su aplicación en los diversos campos de las actividades que requieran información meteorológica e hidrológica de carácter oficial;

Que, para este efecto, la Oficina General de Operaciones Técnicas y la Dirección General de Meteorología, han propuesto, previa coordinación con los órganos de línea y las direcciones regionales del SENAMHI, la aprobación de un “Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas”, que constituya un marco normativo promotor de la estandarización de los métodos y técnicas de observación y medición, de las variables meteorológicas e



hidrológicas, por parte de los distintos operadores públicos y privados de estaciones meteorológicas e hidrológicas a efectos de su intercomparación, favoreciendo así la densificación en las observaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas a nivel nacional y la determinación con mayor precisión del estado y comportamiento del tiempo atmosférico, el clima y el agua, así como la variabilidad y el cambio climático en el Perú;

Que, para este fin se requiere el desarrollo de un proceso promotor de cooperación técnica entre todos los operadores públicos y privados de estas estaciones a nivel nacional, para integrarse a la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas, en adelante Red Nacional de Estaciones, mediante:

- El cumplimiento de las normas y recomendaciones técnicas internacionales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), así como del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, en cuanto a la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas.
- La estandarización, adecuación e integración de los métodos y técnicas de observación meteorológica, agrometeorológica e hidrológica de la Red Nacional de Estaciones.
- Incorporación en el Registro Nacional de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas (en adelante Registro Nacional de Estaciones) de las estaciones que operan en el territorio nacional para la vigilancia del tiempo, clima y agua, así como para la elaboración de proyectos, ejecución de obras o desarrollo de actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no.
- Incorporación en el Archivo Nacional Hidrometeorológico, los datos de las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas comprendidas en el Registro Nacional de Estaciones; y,

Estando a lo propuesto por la Oficina General de Operaciones Técnicas, con el visto bueno del Director Científico, de la Dirección General de Meteorología, de la Oficina de Racionalización, con la conformidad de la Oficina de Asesoría Jurídica; y lo contemplado en la Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 005-85-AE, con las facultades conferidas mediante Resolución Suprema N°018-2011-MINAM del 04 de noviembre de 2011.

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- APROBAR el "Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas" del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI que en anexo adjunto forma parte integrante de la presente Resolución Presidencial Ejecutiva.



Artículo 2º.- ENCARGAR a la Oficina General de Operaciones Técnicas elaborar y aprobar las disposiciones técnicas complementarias al precitado Protocolo, en coordinación con las dependencias involucradas, con la opinión previa del Director Científico.

Artículo 3º.- DISPONER se publique en el portal de transparencia del SENAMHI y en el Diario Oficial El Peruano, la presente Resolución Presidencial Ejecutiva.

Artículo 4º.- DEJAR sin efecto todas las disposiciones que se opongan a la presente Resolución.

Regístrate, comuníquese y publíquese.



Ing. **AMELIA YSABEL DÍAZ PABLÓ**
Presidenta Ejecutiva del SENAMHI

DISTRIBUCIÓN:

AIS
SGS
DGM
DGH
OGA
OGP
OGOT
OGEI
OAJ
ORA
Archivo
09.09.13
ADP/.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

MINISTERIO DEL AMBIENTE

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ
(SENAMHI)



PROTOCOLO PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE
ESTACIONES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS
E HIDROLÓGICAS

LIMA PERÚ

2013



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Antecedentes	6
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivos específicos	7
3 ALCANCE DE APLICACIÓN DEL PROTOCOLO.....	7
4 ROL DEL SENAMHI	7
5 MARCO LEGAL	8
5.1 Competencia sectorial	8
5.2 Competencia del SENAMHI	8
6 ATRIBUCIONES	9
6.1 Del Ente rector	9
6.2 Funciones	9
6.3 De los operadores de estaciones	10
6.3.1 De los operadores del sector público	10
6.3.2 De los operadores del sector privado.....	10
7 CLASIFICACIÓN, UBICACIÓN, INSTALACIÓN, CODIFICACIÓN, DENOMINACIÓN E INSPECCIÓN TÉCNICA.....	10
7.1 Clasificación.....	10
7.2 Ubicación de las estaciones	12
7.2.1 Generalidades.....	12
7.2.2 Estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas	12
7.2.3 Estaciones meteorológicas sinópticas	13
7.2.4 Estaciones climatológicas	13
7.2.5 Estaciones agrometeorológicas	13
7.2.6 Estaciones hidrológicas.....	14
7.2.7 Instalación de las estaciones.....	14
7.2.8 Codificación y denominación	15
7.3 Inspección técnica	



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

8 OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS	15
8.1 Generalidades	15
8.2 Observaciones meteorológicas sinópticas	15
8.3 Observaciones climatológicas	16
8.4 Observaciones agrometeorológicas	17
8.4.1 Estación meteorológica agrícola principal	17
8.4.2 Estación meteorológica agrícola auxiliar y estación meteorológica agrícola para propósitos específicos.....	18
8.5 Observaciones hidrológicas	18
9 HORARIO DE LAS OBSERVACIONES	19
10 INSTRUMENTOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS	20
10.1 Generalidades	20
10.2 Abrigo meteorológico	20
10.3 Instrumentos para estaciones convencionales	21
10.4 Estación meteorológica sinóptica	21
10.4.1 De superficie.....	21
10.4.2 De altitud	21
10.5 Instrumentos para estaciones climatológicas	21
10.5.1 Estación climatológica principal.....	21
10.5.2 Estación climatológica ordinaria.....	22
10.5.3 Estación climatológica para propósitos específicos	22
10.5.4 Estación pluviométrica	22
10.6 Instrumentos para estaciones agrometeorológicas	22
10.6.1 Estación meteorológica agrícola principal	22
10.6.2 Estación meteorológica agrícola auxiliar.....	23
10.6.3 Estación meteorológica agrícola para propósitos específicos.....	23
10.6.4 Instrumentos para estaciones hidrológicas	23
10.6.5 Estaciones limnimétricas	23
10.6.6 Estaciones limnigráficas	23
10.6.7 Estaciones de aforo de caudales	24
10.7 Instrumentos para las estaciones automáticas	24
11 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS	25
11.1 Variables meteorológicas y agrometeorológicas	25
11.1.1 Temperatura	25
11.1.1.1 Del aire	25
11.1.1.2 Del agua de mar.....	25



**Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas**

11.1.1.3 Del suelo.....	26
11.1.2 Presión Atmosférica	26
11.1.3 Humedad.....	27
11.1.3.1 Del aire	27
11.1.3.2 Del suelo.....	27
11.1.4 Viento.....	27
11.1.4.1 En superficie	27
11.1.4.2 En altitud.....	27
11.1.5 Precipitación	28
11.1.6 Radiación solar y terrestre (atmosférica y terrestre).....	28
11.1.7 Insolación	28
11.1.8 Visibilidad horizontal.....	29
11.1.9 Evaporación.....	29
11.1.10 Tiempo meteorológico presente y pasado.....	29
11.1.11 Nubosidad.....	30
11.1.12 Meteoros	30
11.1.13 Presión, temperatura y humedad en altitud.....	30
11.2 Variables hidrológicas	30
11.2.1 Precipitación	30
11.2.2 Evaporación y evapotranspiración	30
11.2.3 Nivel de ríos, lagos y reservorios	31
11.2.4 Caudal	31

**12 LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA ESTACIONES AUTOMÁTICAS:
METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS31**

12.1 Definición	31
12.2 Clasificación	31
12.3 Por el tipo de aplicación.....	31
12.4 Estación meteorológica automática.....	31
12.4.1.1 Estación hidrológica automática	32
12.4.1.2 Estación hidrometeorológica automática	32
12.4.1.3 Estación agrometeorológica automática	32
12.4.1.4 Estaciones automáticas de propósitos específicos	33
12.4.1.5 Clasificación por el tipo de operación	33
12.4.1.5.1 Estación en tiempo real.....	33
12.4.1.5.2 Estación fuera de línea ("off-line")	33
12.5 Componentes de una estación automática	33
12.5.1 Unidad de procesamiento central.....	33
12.5.2 Variables	34
12.5.2.1 Temperatura del aire	34
12.5.2.1.1 Nomenclatura de la variable	34
12.5.2.1.2 Unidades.....	34
12.5.2.1.3 Variables.....	34
12.5.2.1.4 Requisitos operacionales.....	34
12.5.2.1.5 Sensor	35
12.5.2.1.6 Condiciones de emplazamiento.....	35
12.5.2.2 Humedad Relativa	35
12.5.2.2.1 Nomenclatura de la variable	35
12.5.2.2.2 Unidades.....	35
12.5.2.2.3 Variables.....	36
12.5.2.2.4 Requerimientos operacionales.....	36
12.5.2.2.5 Sensor	36



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

12.5.2.2.6	Condiciones de emplazamiento36
12.5.2.3	Viento.....	.36
12.5.2.3.1	Nomenclatura de la variable36
12.5.2.3.2	Unidades y variables36
12.5.2.3.3	Requerimientos operacionales.....	.37
12.5.2.3.4	Sensores.....	.37
12.5.2.3.5	Condiciones de emplazamiento37
12.5.2.4	Presión atmosférica.....	.38
12.5.2.4.1	Nomenclatura de la variable38
12.5.2.4.2	Unidades.....	.38
12.5.2.4.3	Variables.....	.38
12.5.2.4.4	Requerimientos operacionales.....	.38
12.5.2.4.5	Sensor.....	.38
12.5.2.5	Precipitación39
12.5.2.5.1	Nomenclatura de la variable39
12.5.2.5.2	Unidades.....	.39
12.5.2.5.3	Variable.....	.39
12.5.2.5.4	Requisitos operacionales39
12.5.2.5.5	Sensor.....	.39
12.5.2.5.6	Condiciones de emplazamiento40
12.6	Instalación de una estación automática.....	.40
12.6.1	Localización40
12.6.2	Consideraciones técnicas.....	.40
12.6.2.1	Mástil o torre metálica41
12.6.2.2	Sistema de alimentación y puesta a tierra41
12.7	Sistema de monitoreo.....	.41
12.7.1	Para estación única41
12.7.2	Para estaciones en una red42
12.7.3	Para estaciones de la Red Nacional de Estaciones42
12.8	Mantenimiento.....	.42
12.8.1	Mantenimiento rutinario43
12.8.2	Mantenimiento preventivo43
12.8.3	El mantenimiento correctivo44
12.8.4	La calibración y/o contrastación44
13	DOCUMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS44
13.1	Expediente técnico44
13.2	Acta de instalación45
13.3	Ficha técnica45
13.4	Bitácora o cuaderno de anotaciones45
13.5	Certificados de calibración, contrastación y homologación45
13.6	Manuales de operación y mantenimiento46
13.7	Cuaderno de visitas46
13.8	Planillas o archivos de datos46



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

14 REGISTRO NACIONAL DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS	46
15 GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	47
15.1 Términos Meteorológicos y Agrometeorológicos	47
15.2 Términos hidrológicos.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

1 INTRODUCCIÓN

El presente Protocolo de instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas, convencionales y automáticas tiene por objeto normar, regular y estandarizar los procedimientos y actividades que realizan a nivel nacional diferentes agentes públicos y privados que instalan y operan este tipo de estaciones; a fin de garantizar el cumplimiento de las normas y recomendaciones técnicas internacionales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), así como del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), representante permanente del país ante la OMM.

En tal sentido, es necesario llevar a cabo un proceso de uniformización y homogenización de métodos de observación meteorológica, agrometeorológica e hidrológica; a fin de que el SENAMHI pueda incorporar los datos recolectados en el Archivo Nacional de Información Meteorológica, Hidrológica, Agrometeorológica, (en adelante Archivo Nacional Hidrometeorológico¹); a efectos de satisfacer las necesidades de datos e información por parte de los usuarios, para su aplicación en los diversos campos de las actividades que requieran información meteorológica e hidrológica de carácter oficial.

En esta línea de acción, este Protocolo constituye un marco normativo promotor de la estandarización de los procesos de observación y medición de las variables meteorológicas e hidrológicas, por parte de los distintos operadores públicos y privados de estaciones meteorológicas e hidrológicas, a efectos de su intercomparación; favoreciendo así la densificación de las observaciones hidrometeorológicas a nivel nacional y la mejor determinación del estado y comportamiento del tiempo atmosférico, el clima y el agua, la variabilidad y el cambio climático, en el Perú.

Este fin requiere el desarrollo de un proceso promotor de cooperación técnica entre todos los operadores públicos y privados de estas estaciones a nivel nacional, para integrarse a la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas Agrometeorológicas e Hidrológicas, en adelante Red Nacional de Estaciones.

1.1 Antecedentes

El presente protocolo se fundamenta en documentos normativos de la Organización Meteorológica Mundial, así como en la regulación de las actividades meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas que desarrolla el SENAMHI.

De acuerdo al Artículo 2 de la Ley N° 24031 del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el SENAMHI tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir, supervisar y controlar las actividades meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas y conexas, mediante la operación de un sistema de obtención de información; la investigación científica y tecnológica; y la realización de estudios y proyectos; así como la prestación de servicios en materia de su competencia.

¹ Es necesario precisar que el SENAMHI utiliza el palabra “hidrometeorológico (a)” como término genérico para referirse a datos, información, estaciones, fenómenos o cualesquier aspectos de índole hidrológico y meteorológico de forma conjunta



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Asimismo, de acuerdo a la citada Ley, el SENAMHI tiene como competencia técnica especializada, expedir certificaciones de calibración o contraste y control del instrumental meteorológico e hidrológico, así como otorgar conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Normar las actividades de instalación y operación de estaciones convencionales² y automáticas³, meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas y de propósitos específicos que estén integradas a la Red Nacional de Estaciones.

2.2 Objetivos específicos

- a) Garantizar el cumplimiento de las normas y recomendaciones técnicas internacionales de la Organización Meteorológica Mundial, así como del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, en cuanto a la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas en el país.
- b) Estandarizar, adecuar e integrar los métodos de observación meteorológica, agrometeorológica e hidrológica de la Red Nacional de Estaciones.
- c) Incorporar en el Registro Nacional de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas (en adelante Registro Nacional de Estaciones) a las estaciones que operan en el territorio nacional. Incorporar en el Archivo Nacional Hidrometeorológico los datos de las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas comprendidas en el Registro Nacional de Estaciones.

3 ALCANCE DE APLICACIÓN DEL PROTOCOLO

El presente Protocolo es de aplicación para todas las personas naturales y jurídicas que instalen y operen estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas, convencionales o automáticas en el territorio nacional, cuya información tenga como propósito su uso oficial.

4 ROL DEL SENAMHI

Corresponde al SENAMHI normar y promover la implementación de una apropiada Red de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas que permita

²Las estaciones convencionales están equipadas con instrumentos de lectura directa o de registro en los que la variable de interés se mide en forma manual y se registra en forma mecánica en un gráfico

³Las estaciones automáticas están equipadas con sensores que registran las variables meteorológicas e hidrológicas y almacenan dichos datos en una plataforma colectora de datos. Dependiendo de la disponibilidad de accesorios y medios, también pueden transmitir los datos a centrales de recepción y procesamiento



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

mejorar el conocimiento del estado y comportamiento de la atmósfera, del clima y de los recursos hídricos en el Perú así como planificar, coordinar, ejecutar y evaluar los programas de estudios de investigación en las diferentes áreas de la ciencia de la atmósfera y de los recursos hídricos y su aplicación al desarrollo económico y social del país, así como la de fomentar su divulgación ante la comunidad nacional e internacional sobre los resultados de los estudios, proyectos, investigación y actividades de la meteorología, agrometeorología e hidrología, que coadyuven al desarrollo nacional.

5 MARCO LEGAL

5.1 Competencia sectorial

Decreto Legislativo N° 1013, el Ministerio del Ambiente fue creado el 14 de mayo de 2008, como ente rector del sector ambiental nacional, que coordina en los niveles de gobierno local, regional y nacional.

El sector ambiente comprende el Sistema Nacional de Gestión Ambiental como sistema funcional, el que integra al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, al Sistema Nacional de Información Ambiental y al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado; así como la gestión de los recursos naturales, en el ámbito de su competencia, de la biodiversidad, del cambio climático, del manejo de los suelos y de los demás ámbitos temáticos que se establecen por ley.

El sector ambiental está integrado por el Ministerio del Ambiente y las entidades de su ámbito orgánico. De acuerdo a la disposición complementaria final de la ley de creación del Ministerio del Ambiente, Artículo 15 del Capítulo III: "El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI es un Organismo Público Ejecutor, adscrito al Ministerio del Ambiente, y que se regirá por su Ley de creación y sus modificatorias".

5.2 Competencia del SENAMHI

De acuerdo a la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ley N° 24031, Artículo 2, el SENAMHI tiene por finalidad planificar, organizar, coordinar, normar, dirigir, supervisar y controlar las actividades meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas y conexas, mediante la operación de un sistema de obtención de información, la investigación científica y tecnológica y la realización de estudios y proyectos, así como la prestación de servicios en materia de su competencia.

Respecto de la conformidad de la información meteorológica e hidrológica, es de resaltar lo establecido en el Artículo 8 del Decreto Supremo n° 005-85-AE "El SENAMHI certifica la información meteorológica e hidrológica que empleen las Empresas Públicas o Privadas, en las actividades en que se requiera el empleo de información meteorológica e hidrológica⁴".

Asimismo, el Reglamento de la Ley del SENAMHI, indica que el Registro Nacional de Estaciones funcionará en la sede de la Oficina Central del SENAMHI, estableciendo que las normas que se requieran para su organización y funcionamiento son aprobadas por el Titular del SENAMHI

⁴ Para uso oficial



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

6 ATRIBUCIONES

6.1 Del Ente rector

La autoridad rectora para ejercer el cumplimiento de este Protocolo es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Representante Permanente del Perú ante la Organización Meteorológica Mundial, cuyas atribuciones son normar y regular las actividades de organización, instalación y operación de la red nacional de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas del país.

6.2 Funciones

- a) Planear el desarrollo de las actividades meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas y de la vigilancia del clima.
- b) Estandarizar los procedimientos para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas, tanto convencionales como automáticas, cuyos datos sean utilizados con un fin oficial.
- c) Celebrar contratos de prestación de servicios o convenios de cooperación técnica para la instalación, operación y mantenimiento de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas, tanto convencionales como automáticas en el ámbito nacional.
- d) Emitir opinión técnica sobre proyectos que contemplen la instalación y operación de redes de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas, tanto convencionales como automáticas en el ámbito nacional.
- e) Emitir opinión técnica sobre la instalación, operación y generación de datos de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas, tanto convencionales como automáticas en el ámbito nacional.
- f) Autorizar la instalación, paralización, desactivación, recategorización y reubicación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas, tanto convencionales como automáticas de la Red que opera el SENAMHI.
- g) Brindar asesoramiento técnico y servicios de capacitación a los operadores públicos y privados de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas.
- h) Velar por el cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre protección del ambiente y los recursos naturales, en los lugares seleccionados para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas.
- i) Incorporar en el Registro Nacional de Estaciones a las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas, pertenecientes a instituciones u organizaciones públicas y privadas que lo soliciten.
- j) Promover la adopción de tecnologías limpias para el equipamiento de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas en el ámbito nacional del país.
- k) Establecer las normas técnicas de observación meteorológica, agrometeorológica e hidrológica en el ámbito nacional.
- l) Asesorar y asistir, según solicitud, a los operadores públicos y privados en la instalación, rehabilitación, recategorización, corrección y/o mantenimiento de las estaciones.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

las estaciones, el instrumental meteorológico, agrometeorológico e hidrológico, en el ámbito nacional.

6.3 De los operadores de estaciones

Los datos provenientes de operadores públicos o privados de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas sólo podrán tener conformidad oficial del SENAMHI, si provienen de estaciones inscritas en el Registro Nacional de Estaciones y cumplen con los lineamientos que establece el presente Protocolo.

Los datos y los metadatos generados de estas estaciones se incorporan en el Banco Nacional de Datos mediante los mecanismos de remisión, comunicación, transmisión y almacenamiento establecidos y acordados con cada operador. El compromiso formal de los operadores de entregar periódicamente los datos de estas estaciones es un prerequisito para su inscripción en el Registro Nacional de Estaciones.

6.3.1 De los operadores del sector público

Todo operador de estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas de organismos públicos deberá aplicar el presente Protocolo, como requisito para su inscripción en el Registro Nacional de Estaciones.

De acuerdo a la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Ley N° 24031, el SENAMHI otorga conformidad a la información meteorológica e hidrológica, que sea utilizada en el país para la elaboración de proyectos, ejecución de obras u otras actividades que se relacionen con la investigación, el comercio, la industria u otros fines productivos o no.

6.3.2 De los operadores del sector privado

Toda persona natural o jurídica del sector privado que opere estaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas deberá aplicar el presente Protocolo, como requisito para su inscripción en el Registro Nacional de Estaciones.

7 CLASIFICACIÓN, UBICACIÓN, INSTALACIÓN, CODIFICACIÓN, DENOMINACIÓN E INSPECCIÓN TÉCNICA

7.1 Clasificación

Las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas son instalaciones destinadas a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas e hidrológicas en lugares seleccionados bajo normas técnicas de la OMM y del SENAMHI, para ser utilizadas en la definición del estado del tiempo, clima y agua. Las estaciones (tanto las convencionales como las automáticas) deben proporcionar datos que representen las condiciones hidrometeorológicas del lugar donde han sido emplazadas.

Se denominan estaciones meteorológicas convencionales a las estaciones en las cuales se hacen observaciones de superficie (Tabla 1), equipadas con instrumentos de lectura directa o de registro, cuya medida de la variable se realiza en forma manual, así como también en forma mecánica en un gráfico de registro.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Tabla 1. Clasificación de estaciones de observaciones meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas según finalidad

	Clasificación de estaciones	Subclasiificación
Finalidad	Meteorológicas Sinópticas Se efectúan observaciones para la elaboración del pronóstico del tiempo y se realiza en horas específicas del día, transmitiéndolas inmediatamente a los centros nacionales (SENAMHI), regionales (Buenos Aires) y mundiales (Washington).	a) Estaciones de superficie: Se realizan observaciones a nivel de la superficie del lugar. <ul style="list-style-type: none"> • Estaciones terrestres: <ul style="list-style-type: none"> • Estaciones convencionales (operadas) • Estaciones automáticas • Estaciones marítimas: <ul style="list-style-type: none"> • Estaciones marítimas fijas • Estaciones marítimas móviles • Estaciones marítimas automáticas b) Estaciones de altitud: <ul style="list-style-type: none"> • Las estaciones de radio sondeo • Las estaciones de radio sondas • Las estaciones de radio viento • Las estaciones de globo piloto
	Climatológicas Las observaciones se realizan en horas fijas entre 3 a 4 veces al día.	<ul style="list-style-type: none"> • Estaciones climatológicas principales • Estaciones climatológicas ordinarias • Estaciones climatológicas para propósitos específicos y • Estaciones pluviométricas
	Agrometeorológicas Las estaciones agrometeorológicas efectúan simultáneamente observaciones meteorológicas y biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Estaciones meteorológicas agrícolas principales • Estaciones meteorológicas agrícolas auxiliares • Estaciones meteorológicas agrícolas ordinarias • Estaciones meteorológicas agrícolas para propósitos específicos
	Hidrológicas Estaciones para las observaciones de los cursos de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Estaciones hidrométricas (limnimétricas, limnigráficas, aforos y calidad del agua) • Estaciones climatológicas para fines hidrológicos • Estaciones de agua subterránea • Estaciones hidrológicas para propósitos específicos
	Propósitos específicos Denominadas así por tener una finalidad de acuerdo al usuario.	<ul style="list-style-type: none"> • Subterráneas (hidrológicas): Instrumental dispuesto en el subsuelo para determinar la disponibilidad de los acuíferos • Estaciones para investigación y otros para fines especiales
	Estaciones Aéreas Las observaciones son realizadas por aeronaves en las rutas aéreas internacionales.	



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Una estación meteorológica automática (EMA) o hidrológica (EHA) es aquella estación que consta de sensores que registran las variables hidrometeorológicas y las almacenan en una plataforma colectora de datos y eventualmente transmiten en forma automática, en tiempo real o quasi real⁵. Cuando no transmite se denomina como “fuera de línea”.

En general, las estaciones pueden ser clasificadas según diversos criterios; como se muestra en la Tabla 1, que está basada en la clasificación de la OMM (Manual N° 544). Una estación meteorológica puede pertenecer a más de una de las clases mencionadas, dependiendo de su aplicación u observaciones adicionales realizadas.

7.2 Ubicación de las estaciones

7.2.1 Generalidades

Las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas deben ubicarse en lugares donde el registro de las variables a medir sea representativo de las condiciones atmosféricas típicas del área objeto del monitoreo. En lo posible deben evitarse sitios que tengan obstáculos alrededor de la estación, que puedan afectar las mediciones de las variables.

Las edificaciones importantes y fuentes artificiales de calor, humedad y contaminación distorsionan las mediciones de temperatura, humedad, evaporación, viento, etc. La ubicación de los instrumentos meteorológicos debe realizarse, dentro de lo posible, alejando los instrumentos de declives pronunciados, acantilados y hondonadas, que impidan instalar correctamente los instrumentos y realizar observaciones no instrumentales satisfactorias. Las estaciones automáticas deben cumplir las mismas condiciones de ubicación empleadas para las estaciones convencionales.

Las coordenadas de las estaciones serán determinadas mediante GPS y podrán ser especificadas en grados, minutos y segundos, o en UTM. La altitud de una estación se especificará en metros enteros, calculada con un altímetro de alta exactitud. El Elipsoide de Referencia de las coordenadas de la estación, a fin de establecer claramente la ubicación, es el WGS 1984, de acuerdo al Instituto Geográfico Nacional, (2005).

Además de anotar el azimut de algunos puntos notables del horizonte, hay instrumentos y equipos que requieren orientación (anemómetro, veleta, instrumentos de radiación solar, nefoscopio, heliógrafo, y la estación automática).

7.2.2 Estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas

Las directrices existentes para las estaciones clásicas o convencionales también son válidas para las estaciones automáticas⁶.

⁵ Es la trasmisión que se efectúa en tiempo diferido

⁶Guía de Instrumentos y métodos de observación meteorológicos OMM N° 8, Parte A: Sistemas de observación, sexta edición



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

7.2.3 Estaciones meteorológicas sinópticas

Las estaciones meteorológicas sinópticas deben ser ubicadas de manera que los datos meteorológicos que se colecten sean representativos de las zonas en que están localizadas.

- En lo posible las estaciones sinópticas deben distar entre sí no más de 150 km.
- La altitud de una estación sinóptica se especifica en metros enteros, calculada con un altímetro de alta precisión.
- El área de las estaciones sinópticas debe ser preferentemente no menor a 6 x 8 m.

7.2.4 Estaciones climatológicas

Las estaciones climatológicas deben estar ubicadas en lugares donde los datos que se colecten sean representativos de las características climáticas y en condiciones tales que garanticen su funcionamiento continuo.

La red de estaciones climatológicas deben representar de manera satisfactoria las características climáticas de todos los tipos de terreno del territorio⁷ (por ejemplo, llanuras, regiones montañosas, mesetas, litorales, islas, etc.).

En la zona seleccionada debe asegurarse, en lo posible, su funcionamiento de forma permanente a fin de obtener registros históricos continuos. Por ello es importante evitar su ubicación en zonas previstas para expansión urbana, porque la edificación de nuevas construcciones puede modificar las condiciones climáticas seleccionadas inicialmente.

La altitud de cualquier estación climatológica debe especificarse con aproximación de 5 m, excepto la de las estaciones que tengan barómetro, que debe especificarse con aproximación de 1 m, debiendo de igual forma calcularse con un altímetro de precisión.

El área mínima de las estaciones climatológicas deberá ser:

- a) En estaciones climatológicas principales: 10 x 15 m
- b) En estaciones climatológicas ordinarias: 8 x 10 m
- c) En estaciones climatológicas para propósitos específicos: 5 x 5 m
- d) En estaciones pluviométricas: 2 x 2 m

7.2.5 Estaciones agrometeorológicas

Las estaciones agrometeorológicas deben estar ubicadas en un lugar que sea representativo de las condiciones agrícolas y naturales de la zona. Al instalar estas estaciones debe tenerse en cuenta las mismas consideraciones de las estaciones climáticas, asimismo deben ubicarse con la finalidad de establecer la influencia del clima sobre los cultivos o plantas de interés agropecuario. Estas ubicaciones deben ser plenamente representativas de las condiciones suelo-agua-cultivo-clima de la zona, de preferencia en terreno plano:

⁷Manual del Sistema Mundial de Observación OMM Nº 544, vol. I



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- a) En estaciones experimentales, institutos de investigación de agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura, hidrobiología y edafología
- b) En lo posible dentro o cerca de un área de cultivo
- c) En predios agrícolas representativos con cultivos de seguridad alimentaria y de agro exportación
- d) En zonas que ya revisten, o que ulteriormente revestirán una importancia para la agricultura y la ganadería
- e) En zonas forestales
- f) En áreas naturales protegidas por el Estado
- g) En universidades o instituciones que efectúen investigación agrícola
- h) En lo posible, no deben ubicarse cerca de caminos, carreteras, vías férreas
- i) En lo posible la zona seleccionada debe garantizar su operación de forma indefinida a fin de obtener récords históricos continuos

En lo posible las estaciones meteorológicas agrícolas deben instalarse en un área mínima:

- j) En estaciones meteorológicas agrícolas principales: 15 x 25 m
- k) En estaciones meteorológicas agrícolas auxiliares: 8 x 10 m
- a) En estaciones meteorológicas agrícolas para propósitos específicos: 6 x 8 m

7.2.6 Estaciones hidrológicas

La instalación de las estaciones hidrológicas debe cumplir el Reglamento Técnico de Hidrología. Vol. III, OMM N° 49, en lo concerniente a:

- a) Deben estar ubicadas en secciones de ríos que permitan la exposición y el funcionamiento correcto de los instrumentos y realizar observaciones instrumentales y no instrumentales satisfactorias.
- b) Cada estación hidrométrica debe estar ubicada en un sitio que permita el funcionamiento ininterrumpido de por lo menos 10 años, a menos que los fines específicos justifiquen su funcionamiento durante un periodo de tiempo más corto.
- c) Cada estación hidrológica para fines especiales deberá estar situada en un lugar y en condiciones que permitan el correcto funcionamiento durante el periodo de tiempo requerido.

7.2.7 Instalación de las estaciones

La instalación de las estaciones debe realizarse según los planos de diseño y distribución del instrumento y con los materiales a usarse por cada tipo de estación.

Para la instalación de una estación convencional o automática, el operador interesado solicitará la asesoría técnica del SENAMHI, a fin de que ésta cumpla con todos los requisitos previstos en el presente Protocolo.

En el caso de la instalación de una estación meteorológica automática, ésta debe estar ubicada en un lugar relativamente abierto, lejos de árboles y edificios (a una distancia por lo menos 4 veces la altura del mástil o torre a usarse) y en un espacio mínimo



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

requerido⁸ (6 x 6 m). Por razones seguridad y confiabilidad de los registros, deben contar con cerco de protección.

7.2.8 Codificación y denominación

Las estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas deben ser georreferenciadas y contar con un código de identificación, establecido por el SENAMHI. La denominación de la estación debe estar asociada al lugar donde se ubica.

7.3 Inspección técnica

Las estaciones, de la Red Nacional de Estaciones, de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial, deben ser evaluadas periódicamente por personal calificado para tales funciones, a fin de salvaguardar la calidad de las observaciones y el correcto funcionamiento de los instrumentos.

Las inspecciones de las estaciones hidrológicas también deben realizarse después de cada inundación importante, a fin de controlar la estabilidad de la sección de aforo y de las escalas limnimétricas.

De acuerdo a los fines y necesidades de los operadores de las estaciones, el SENAMHI establecerá el Plan de Inspecciones correspondiente.

8 OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

8.1 Generalidades

La observación es la evaluación o medida y registro de uno o más elementos meteorológicos, agrometeorológicos o hidrológicos.

La observación visual es aquella que realiza el observador sin el empleo de instrumentos, sino únicamente por estimación y experiencia.

La observación instrumental es aquella que se realiza con el empleo de instrumentos, los cuales deben ser instalados bajo condiciones determinadas y de acuerdo con las recomendaciones de la OMM (Guía Nº 8).

8.2 Observaciones meteorológicas sinópticas⁹

En una estación meteorológica sinóptica se realizan observaciones acuerdo a la posición de la estación; así, es posible clasificarlas en observaciones de superficie y de altura, como se muestra en la Tabla 2. Las observaciones sinópticas de altura son realizadas por radiosondas a diferentes niveles altitudinales y consistirán de uno o más tipos de observaciones (Tabla 2).

⁸ En casos excepcionales, debidamente justificados puede reducirse a 5 x 5 m

⁹ Se hará uso de la publicación de la Organización Meteorológica Mundial Nº 364. "Compendio de Meteorología para uso del personal meteorológico de las Clases I y II"



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Tabla 2. Observaciones meteorológicas sinópticas

Estación de superficie	Estación de altura
<ul style="list-style-type: none"> • Dirección y velocidad del viento • Nubosidad (cobertura) • Tipo de nubes • Altura de la base de las nubes • Visibilidad • Temperatura del aire (incluidas las temperaturas extremas) • Humedad del aire • Presión atmosférica <ul style="list-style-type: none"> • Tendencia de la presión • Características de la tendencia de la presión • Cantidad de precipitación • Fenómenos especiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión atmosférica • Temperatura del aire • Humedad • Viento: dirección y velocidad

8.3 Observaciones climatológicas¹⁰

Las observaciones climatológicas pueden ser de varios tipos, según el tipo de estación como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Observaciones climatológicas

Climatológica principal	Climatológica ordinaria	Propósitos específicos	Pluviométrica
<ul style="list-style-type: none"> • Estado de tiempo • Dirección y velocidad del viento • Nubosidad (cobertura) • Tipo de nubes • Altura de la base de las nubes • Visibilidad horizontal • Temperatura del aire (incluidas las temperaturas extremas: máxima y mínima) • Humedad del aire • Evaporación • Presión atmosférica • Precipitación (cantidad) • Insolación (heliofanía) • Radiación solar • Estado del suelo y • Temperatura del suelo (5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección y velocidad del viento • Temperatura del aire (incluidas las temperaturas máxima y mínima) • Evaporación • Precipitación • Insolación • Humedad del aire • Nubosidad (cobertura) • Visibilidad horizontal 	<p>Las observaciones en este tipo de estaciones consideran los elementos de interés que se persiguen de acuerdo a los objetivos específicos para lo que se diseño (proyecto o actividad transitoria)</p>	<p>La observación consistirá en medir la variable precipitación e hidrometeoro</p>

¹⁰ Se hará uso de la publicación de la Organización Meteorológica Mundial N° 266. "Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV"



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

8.4 Observaciones agrometeorológicas¹¹

8.4.1 Estación meteorológica agrícola principal

Las observaciones realizadas en una Estación Meteorológica Agrícola Principal pueden ser agrupadas en observaciones de carácter meteorológico, biológico y de suelo, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Observaciones en estaciones meteorológicas agrícolas principales

Observaciones de carácter meteorológico	Observaciones de carácter biológico ¹³	Observaciones de suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del aire a diversos niveles de la capa adyacente del suelo con los valores extremos • Temperatura del suelo a profundidades de 5, 10, 20, 50 y 100 cm, con diferentes tipos de cobertura y otras profundidades para fines especiales y las zonas forestales • Radiación solar total, componentes de la rad. solar y terrestre, radiación fotosintéticamente activa • Insolación • Precipitación • Evaporación • Humedad del aire • Evapotranspiración referencial y de cultivos • Dirección del viento, velocidad a diferentes niveles de altura • Presión atmosférica • Registro de hidrometeoro y demás elementos del estado higrométrico, especialmente granizo, rocío, niebla, escorrentía y altura de la capa freática. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones fenológicas • Estado del cultivo • Labores culturales • Observaciones de los daños causados por eventos climáticos adversos (temperaturas extremas, sequías, inundaciones, granizo, vientos, etc.) • Observaciones sobre las fechas de inicio de la aparición de plagas o enfermedades y de sus daños causados • Observaciones de los daños causados por enfermedades y plagas • Observaciones sobre malezas en los cultivos • Rendimiento de cosechas • Fechas de siembra y cosecha. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones de humedad de suelo a distintas profundidades • Estado del suelo • Métodos de observación directos o indirectos de acuerdo a la disponibilidad de instrumentos y equipos.

¹¹ Se hará uso de la publicación de la Organización Meteorológica Mundial N° 551. "Compendio de apuntes para la formación del personal agrometeorológico de las Clases II y III"



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

8.4.2 Estación meteorológica agrícola auxiliar y estación meteorológica agrícola para propósitos específicos

Las observaciones realizadas en las estaciones meteorológicas agrícolas auxiliares y meteorológicas agrícolas para propósitos específicos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Observaciones en una estación meteorológica agrícola auxiliar y meteorológica agrícola para propósitos específicos

Meteorológica agrícola auxiliar	Meteorológica agrícola para propósitos específicos
<ul style="list-style-type: none">• Dirección y velocidad del viento• Temperatura del aire• Humedad del aire• Precipitación• Evaporación	El programa de observación deberá comprender el propósito que persigue.

8.5 Observaciones hidrológicas

Es la evaluación o medida de una o más variables hidrológicas, como el nivel de agua, el caudal, la temperatura del agua, etc. Así, una observación visual se realiza únicamente por estimación y experiencia. Por otro lado, una observación instrumental es aquella realizada con instrumentos, los cuales deben ser instalados de acuerdo con las recomendaciones de la OMM¹². Las observaciones hidrológicas pueden agruparse en hidrométricas, climatológicas para fines hidrológicos, agua subterránea y para propósitos específicos, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Observaciones hidrológicas

Hidrométricas	Agua subterránea	Propósitos específicos
<ul style="list-style-type: none">• Mediciones de la escorrentía superficial de:<ul style="list-style-type: none">• Nivel• Caudal• Transporte y depósito de los sedimentos• Temperatura del agua• Propiedades químicas del agua• Características de la capa de hielo	<ul style="list-style-type: none">• Nivel del agua en los pozos (nivel freático o piezométrico)• Temperatura y otras propiedades físicas del agua• Propiedades químicas del agua	<ul style="list-style-type: none">• Determinación del balance hidrológico de las cuencas, lagos, embalses y glaciares• Medida de las olas y corrientes de los lagos y embalses• Medida de la evaporación y evapotranspiración• Medida de la humedad del suelo• Determinación de las propiedades físicas y químicas del agua

¹² Reglamento Técnico de Hidrología OMM N° 49, vol. III



Protocolo para la instalación y operación de estaciones
meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

9 HORARIO DE LAS OBSERVACIONES

Las horas de observación para fines meteorológicos sinópticos, climatológicos, agrometeorológicos e hidrológicos se muestra en la Tabla 7¹³.

Tabla 7. Horarios de observación

Fines	Horarios	Notas
Meteorológicos Sinópticos Las horas de observación (H) están referidas al tiempo universal coordinado (UTC). La hora efectiva de las observaciones meteorológicas sinópticas en altitud, se deberá aproximar en lo posible a H-30 y no deberá salir de los límites H-45	<p>En superficie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las horas fijas principales 1900, 0100, 0700 y 1300 Hora Local (HL). (0000, 0600, 1200 y 1800 UTC); • Las horas fijas intermedia 2200, 0400, 1000 y 1800 HL. (0300, 0900, 1500 y 2100 UTC). <p>En altitud:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las horas fijas en altitud 1900, 0100, 0700 y 1300 HL. (0000, 0600, 1200 y 1800 UTC). <p>Para dos (02) observaciones diarias: 1900 y 0700 HL. (0000 y 1200 UTC).</p>	Las observaciones de la presión atmosférica, se deben efectuar a la hora fija y exacta de la observación meteorológica sinóptica de superficie.
Climatológicos	<p>Para las estaciones climatológicas principales y ordinarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las horas fijas son las siguientes: 0700, 1300 y 1900 HL (1200, 1800 y 0000 UTC). Sin embargo, se pueden incrementar observaciones de acuerdo a los requerimientos del operador de la estación. • Observaciones de precipitación: Las horas fijas: 0700 y 1900 HL. (1200 y 0000 UTC). 	La observación de los elementos distintos de la presión atmosférica se deberá efectuar dentro de los 10 minutos que preceden a la hora fijada para la observación meteorológica sinóptica de superficie.
Agrometeorológicos	<p>Para las estaciones meteorológicas agrícolas principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las horas fijas son las siguientes: 0700, 1000, 1300, 1600, 1900 HL. (1200, 1500, 1800, 2100 y 0000 UTC). Sin embargo, se pueden incrementar observaciones a otras horas de acuerdo a los requerimientos del operador de la estación. <p>Para las estaciones de propósitos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las horas son de acuerdo al programa del operador de la estación. 	que preceden a la hora fijada para la observación meteorológica sinóptica de superficie.
Hidrológicos	En las estaciones hidrológicas:	

¹³ Manual del Sistema Mundial de Observación de la OMM N° 544, parte III: Subsistema de superficie



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

	<ul style="list-style-type: none">Las horas fijas son las siguientes: 0600, 1000, 1400, 1800 HL (1100, 1500, 1900 y 2300 UTC). Sin embargo, se pueden incrementar observaciones a otras horas de acuerdo a los requerimientos del operador de la estación, según la época de estiaje o avenida.Para efectuar aforos:La hora fija: 08:00 HL, los días lunes, miércoles y viernes. O las horas y los días en que se observen variaciones importantes del nivel de agua.	
--	---	--

10 INSTRUMENTOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

10.1 Generalidades

Las estaciones meteorológicas deben estar equipadas con instrumentos debidamente calibrados¹⁴ y en ellas se aplicarán las técnicas adecuadas de observación y medición de las diversas variables, con la finalidad de satisfacer las necesidades de los usuarios para fines sinópticos, climatológicos, y agrícolas, etc.

En las estaciones meteorológicas, los cambios de instrumentos deben ser registrados en la Bitácora. El cambio de instrumento no debe implicar la disminución del grado de exactitud de las observaciones en comparación con las anteriores.

10.2 Abrigo meteorológico

Es un recinto o caseta de madera dura¹⁵. El techo externo, en particular para zonas lluviosas, consiste en una placa metálica galvanizada; el techo interno comprende un techo y un falso techo (con perforaciones de 1 ¼ alineadas a lo ancho del techo), ambos de madera maciza. El piso también es de madera dura, de dos niveles separados en 5 cm, ambos con tablas espaciadas horizontalmente y alternadas, a fin de no dejar pasar el reflejo de la luz directamente hacia el interior del abrigo.

Los lados de los costados y el posterior están formados por celosías con tablillas en planos verticales distintos y colocados en oblicua, todo ello para que permita la libre

¹⁴ En los artículos 15, 16 y 17 de la Ley del SENAMHI, se detalla la calibración y control del instrumental meteorológico e hidrológico

Artículo 15.- El SENAMHI es la entidad encargada de expedir los certificados de calibración y control del instrumental meteorológico e hidrológico que sea empleado en el país

Artículo 16.- Las empresas que se dediquen a la comercialización de instrumentos y equipos meteorológicos e hidrológicos están obligadas a obtener un certificado de buen funcionamiento del SENAMHI, antes de su entrega al comprador

Artículo 17.- Las personas jurídicas o naturales que operan estaciones meteorológicas e hidrológicas están obligadas a obtener una licencia de funcionamiento otorgada por el SENAMHI, la que deberá ser revalidada cada año

¹⁵ Las medidas para su elaboración se especifican en una disposición complementaria aprobada por la Oficina General de Operaciones Técnicas del SENAMHI



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

circulación del aire en su interior, pero que no penetren los rayos solares en forma directa al interior. De esa manera, se mantienen las condiciones normales (constantes) dentro de la caseta. Hacia el frente, consta de dos puertas de apertura hacia el exterior con el mismo arreglo que asegura la ventilación y el bloqueo de la radiación solar directa.

La puerta del abrigo debe, necesariamente, estar orientada hacia el sur en nuestro hemisferio, para evitar que al realizar las observaciones los rayos solares incidan directamente sobre los instrumentos, y no perturben o distorsionen las mediciones o registros. La caseta debe estar pintada de blanco y esmaltada para reflejar la radiación solar.

10.3 Instrumentos para estaciones convencionales

10.4 Estación meteorológica sinóptica

10.4.1 De superficie

En una estación meteorológica sinóptica de superficie, los instrumentos consistirán en:

- Anemómetro
- Termómetros de máxima y mínima del aire
- Psicrómetro
- Barómetro
- Microbarógrafo
- Pluviómetro.

La distribución de los instrumentos para esta estación se realizará de acuerdo a las especificaciones técnicas que emita el SENAMHI, a través de su órgano especializado correspondiente.

10.4.2 De altitud

En una estación meteorológica sinóptica de altitud, dependiendo de la observación de una o más variables, el equipo consistirá en Radio viento-sonda o globos piloto.

10.5 Instrumentos para estaciones climatológicas

10.5.1 Estación climatológica principal

En una estación climatológica principal, los instrumentos son los siguientes:

- Anemógrafo o anemómetro
- Termógrafo
- Termómetros de máxima y mínima del aire
- Higrógrafo
- Psicrómetro
- Barómetro
- Microbarógrafo
- Pluviómetro o pluviógrafo¹⁶

¹⁶ Si se instala solo pluviógrafo, debe ir acompañado de una probeta para su ajuste respectivo.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

-
- Tanque de evaporación y componentes accesorios
 - Heliógrafo
 - Piranómetro
 - Tres (02) juegos de Geotermómetros (5, 10, 20, 50 y 100 cm).

La distribución de los instrumentos para la categoría de esta estación se realizará de acuerdo a las especificaciones técnicas que emita el SENAMHI, a través de su órgano especializado correspondiente.

10.5.2 Estación climatológica ordinaria

Los instrumentos son los siguientes:

- Anemómetro o anemógrafo y veleta o equivalente
- Termómetros de máxima y mínima del aire
- Psicrómetro
- Tanque de evaporación y componentes accesorios
- Pluviómetro
- Heliógrafo.

La distribución de los instrumentos para la categoría de esta estación se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas que emita el SENAMHI, a través de su órgano especializado correspondiente.

10.5.3 Estación climatológica para propósitos específicos

La configuración de los instrumentos se establecerá según los propósitos que se persigan.

10.5.4 Estación pluviométrica

Los instrumentos consisten en un pluviómetro o pluviógrafo¹⁷. La distribución del instrumento para la categoría de esta estación será en el centro de la parcela, cuyo tamaño ha sido especificado en el numeral 7.2.4.

10.6 Instrumentos para estaciones agrometeorológicas

La distribución de los instrumentos para la categoría de esta estación se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas que emita el SENAMHI, a través de su órgano especializado correspondiente.

10.6.1 Estación meteorológica agrícola principal

Los instrumentos básicos son los siguientes:

- Anemómetro o anemógrafo
- Termógrafo
- Higrógrafo
- Termómetros de máxima y mínima del aire



¹⁷ Si se instala solo pluviógrafo, debe ir acompañado de una probeta para su ajuste respectivo.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- Psicrómetro
- Barómetro
- Microbarógrafo
- Pluviógrafo
- Pluviómetro
- Evaporígrafo
- Tanque de evaporación y componentes accesorios
- Heliógrafo
- Piranómetro
- Termómetro de mínima, junto al suelo
- Dos (02) juegos de Geotermómetros (5, 10, 20, 50 y 100 cm)
- Lisímetro
- Evapotranspirómetro
- Tensiómetro.

10.6.2 Estación meteorológica agrícola auxiliar

Los instrumentos básicos son los siguientes:

- Anemómetro o anemógrafo y veleta o equivalente
- Termohigrógrafo
- Pluviómetro o Pluviógrafo
- Heliógrafo.

10.6.3 Estación meteorológica agrícola para propósitos específicos

Los instrumentos estarán de acuerdo con el propósito que se persiga.

10.6.4 Instrumentos para estaciones hidrológicas

Las estaciones hidrológicas deben estar equipadas con instrumentos debidamente calibrados; se aplicarán las técnicas de observación y medición establecidas a fin de lograr que éstas sean lo suficientemente precisas para satisfacer las necesidades de la hidrología operativa¹⁸. Los instrumentos que se utilizarán estarán en función a la categoría de la estación y a los fines.

10.6.5 Estaciones limnimétricas

Los instrumentos básicos son las miras limnimétricas

10.6.6 Estaciones limnigráficas

Los instrumentos básicos son los siguientes:

- Miras limnimétricas
- Limnígrafo
- También pueden contener sensores electrónicos de nivel y calidad del agua.

¹⁸Organización Meteorológica Mundial N° 168. "Guía de prácticas hidrológicas"



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

10.6.7 Estaciones de aforo de caudales

Los instrumentos básicos son los siguientes:

- Miras limnimétricas
- Limnígrafo
- Correntómetro
- Flotadores
- Estructura de aforo (para suspensión)
- Pueden contener sensores de nivel y precipitación.

Notas:

- a) También se puede contar con Bote, trazadores, sustancias para aplicación del método de dilución y muestreadores de sedimentos.
- b) El método de las mediciones y cálculo del caudal dependerá de las condiciones existentes en un emplazamiento o sección de control. Por lo general el valor del caudal se expresa en función de la altura correspondiente del agua en una estación de aforo.
- c) En las nuevas estaciones de medición serán necesarias numerosas mediciones del caudal para definir la relación altura-caudal durante las variaciones de nivel. Serán necesario efectuar mediciones periódicas con el fin de definir las variaciones de la relación altura-caudal. Se recomienda un mínimo de 10 mediciones del caudal anual (OMM N° 168).
- d) El error típico en las mediciones del caudal de los ríos debe estar alrededor del 5 %.
- e) Los niveles de los ríos, lagos, embalses y napas freáticas se determinan con una exactitud de:
 - De 1 a 0,3 cm en general
 - De 0,3 a 0,1 cm para fines especiales
- f) En general, el nivel de agua debe ser medido con una exactitud de un centímetro, mientras que en las estaciones de aforo, que efectúan registros continuos, la exactitud debe ser de tres milímetros (OMM N° 168).
- g) La frecuencia con que debe realizarse el registro del nivel de agua está condicionada por el régimen hidrológico del curso de agua y por el fin que se asigne a la concentración de los datos. Si se requiere un registro casi continuo, las lecturas sistemáticas deben ser cuatro veces al día, complementadas con lecturas más próximas entre sí durante épocas de crecidas.

10.7 Instrumentos para las estaciones automáticas

Los instrumentos, sensores y componentes para estas estaciones meteorológicas automáticas son:

- Sensor de temperatura y humedad relativa (Termohigrómetro)
- Sensor/es de radiación solar global o componentes de la radiación solar o atmosférica, o rad. neta, o UV-A, UV-B (radiómetros)
- Sensor de precipitación (Pluviómetro)
- Sensor de velocidad y dirección de viento (Anemómetro-Veleta)
- Sensor de presión barométrica (Barómetro)



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

-
- Otros sensores dependiendo del objetivo de estudio
 - Plataforma colectora de datos (está conformado por un microprocesador, una memoria para el almacenamiento de los datos y otros componentes)
 - Medio de transmisión (vía teléfono móvil, radio HF/UHF, Internet, satelital).

Los instrumentos para las estaciones hidrológicas automáticas son los siguientes:

- Sensor de nivel de agua¹⁹
- Plataforma colectora de datos (está conformado por un microprocesador, una memoria para el almacenamiento de los datos y otros componentes)
- Dispositivo de transmisión (vía teléfono móvil, radio HF/UHF, Internet, satelital)

Adicionalmente puede incluir otras variables de orden hidrológico

Los instrumentos para las estaciones hidrometeorológicas automáticas comprenden sensores de nivel de agua y meteorológicas.

11 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

11.1 Variables meteorológicas y agrometeorológicas

Las variables de observación y medición son las siguientes²⁰:

11.1.1 Temperatura

11.1.1.1 Del aire

La temperatura del aire se determina con un termómetro u otro instrumento de exactitud igual o mayor (termógrafo, sensor electrónico de estación automática, etc.).

Los termómetros mercuriales²¹ se leen con una escala de división mínima de 0,1 °C; deben contar con un certificado de calibración o contraste emitido por el fabricante o por el laboratorio del SENAMHI²²; en el que se indique los patrones de referencia utilizados, las correcciones y las incertidumbres de contraste o calibración.

En las estaciones sinópticas de superficie, estaciones climatológicas y meteorológicas agrícolas, de acuerdo a la OMM²³, el abrigo o caseta meteorológica va instalado a una altura que permite que los bulbos de los termómetros estén entre 1,25 a 2 metros

¹⁹ También se puede incluir sensor de calidad de agua

²⁰ Organización Meteorológica Mundial N° 544. Manual del Sistema Mundial de Observación, vol. I, anexo V al Reglamento Técnico de la OMM

²¹ La OMM recomienda el uso de instrumental digital en lugar de instrumental de mercurio, por considerarse este elemento peligroso

²² Certificado de calibración y contraste de instrumentos meteorológicos

²³ Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las Clases II y IV, cap. 3, vol. I, OMM N° 622



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

sobre el suelo. Para el caso del Perú el bulbo del termómetro para medir la temperatura del aire debe estar a una altura de 1,60 m, sobre el nivel del suelo²⁴.

11.1.1.2 Del agua de mar

La medición de la temperatura de la superficie del mar se realizará con hidrotermómetros, además debe indicarse el método seguido.

11.1.1.3 Del suelo

La temperatura del suelo se mide con termómetros de mercurio²⁶ (Geotermómetros) en cápsulas de vidrio, cuyos tubos forman un ángulo recto u otro ángulo apropiado por debajo de la graduación más baja.

Cada juego de geotermómetros deberá ser instalado en parcelas de suelo desnudo, con césped y hojarasca.

Será conveniente registrar continuamente las temperaturas del suelo a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad²⁵.

11.1.2 Presión Atmosférica

La presión atmosférica se determinará con un barómetro digital de alta calidad, con 0,1 hPa de exactitud de sus lecturas o mejor.

Para la medición de los barómetros de mercurio²⁶ se debe tener en cuenta las siguientes correcciones:

- Por error del índice
 - Escala imprecisa
 - Capilaridad imperfecta
 - Vacío deficiente
- Por gravedad y
- Por temperatura.

Complementariamente, se dispondrá de un barógrafo y microbarógrafo para determinar la presión atmosférica, considerando lo siguiente:

- Escala graduada en hPa (antes mb)
- Lecturas hasta una décima de hPa
- Factor de escala de 10 hPa por cada 1,5 cm de banda
- El instrumento deberá estar compensado por temperatura y gravedad
- El error de la escala no debe ser superior a 1,5 hPa

²⁴ Reglamento Técnico de Meteorología e Hidrología. SENAMHI 1978

²⁵ Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las Clases II y IV, cap. 3, vol. I, OMM Nº 622

²⁶ La OMM recomienda el uso de instrumental digital en lugar de instrumental de mercurio, considerarse este elemento peligroso



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- Histéresis suficientemente pequeña.

Nota: Los barómetros deben ser instalados y operados necesariamente en condiciones apropiadas según las especificaciones técnicas establecidas para el efecto por el SENAMHI, a través de su órgano especializado.

11.1.3 Humedad

11.1.3.1 Del aire

Los valores de la humedad se deben deducir de la lectura de un psicrómetro o de otro instrumento de exactitud igual o mayor (higrógrafo, sensor electrónico, etc.).

Cuando el psicrómetro es de ventilación forzada, éste deberá proporcionar una corriente de aire de por lo menos 2,5 m por segundo, a través de los bulbos de los termómetros.

Las medidas de la humedad se deben efectuar a una altura de 1,60 m sobre el nivel del suelo y dentro del abrigo o caseta meteorológica.

11.1.3.2 Del suelo

La determinación de la humedad del suelo consiste en medir el contenido o el potencial de agua del suelo.

El contenido de humedad del suelo es una expresión de la masa o volumen de agua en el suelo, mientras que el potencial de agua del suelo representa la energía necesaria para las moléculas del agua del suelo.

Los métodos indirectos de medición del potencial de agua son el tensímetro, el de bloques de resistencia eléctrica y el psicrómetro de suelo.

11.1.4 Viento

11.1.4.1 En superficie

El viento en superficie se mide con veletas, anemómetros y anemógrafos de cubetas o de hélice. La velocidad del viento debe expresarse en metros por segundo (m/s) y la dirección en grados sexagesimales, redondeada en la decena más próxima.

La dirección del viento es la dirección de donde sopla el viento y se mide en el sentido de las manecillas de un reloj a partir del norte geográfico.

Las medidas del viento para fines sinópticos se deben referir a una altura de 10 m sobre el suelo, en terreno despejado, y están constituidas por la media de los valores registrados en un período de 10 minutos.

La observación debe hacerse en un lugar bien expuesto al viento y no del lado de sotavento de obstáculos, como edificios, árboles o lomas. Si no fuera posible, el lugar de observación debe estar separado de los obstáculos por una distancia de por lo menos diez veces la altura del obstáculo.

11.1.4.2 En altitud

El viento en altitud se mide con una sonda de radio viento. Las diferentes magnitudes y direcciones del viento son medidas por los sensores de la sonda mientras dura el ascenso del globo y son transmitidos y referidos a la ubicación de la sonda con respecto a la estación, mediante el sistema de GPS instalado.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Antes de realizar el sondeo, el operador ingresa al equipo los valores de dirección y velocidad del viento en la superficie, los cuales han sido tomados de un instrumento convencional. Es necesario que la diferencia existente entre la lectura de la variable viento con respecto al instrumental convencional calibrado se encuentre dentro del error permisible.

11.1.5 Precipitación

La precipitación se mide con pluviómetros y pluviógrafos. Los pluviómetros se deben colocar reduciendo todo lo posible al mínimo los efectos del viento en la evaporación y de salpicaduras de la lluvia.

La boca del pluviómetro debe quedar a una altura de 1,20 m sobre el nivel del suelo. La distancia de cualquier objeto respecto al pluviómetro no debe ser inferior a cuatro veces su altura por encima de la boca del pluviómetro.

Se debe evitar las laderas o los techos de los edificios.

La cantidad diaria de precipitación es la suma de la cantidad de precipitación líquida y del equivalente líquido de la precipitación sólida.

La cantidad de precipitación de hasta 10 mm se debe leer con una exactitud de 0,2 mm y, de ser posible, con una exactitud de 0,1 mm; las cantidades semanales o mensuales deben leerse con una exactitud de 1mm (al menos). Las mediciones diarias de la precipitación deben efectuarse a horas fijas. La medición inferior a 0,1 mm se denomina generalmente traza. La intensidad de la precipitación se expresa igualmente en medidas lineales por tiempo unitario, normalmente milímetros por hora.

Las mediciones de las nevadas se realizan en unidades de centímetros y decímetros, con una exactitud de 0,2 cm. La medición inferior se denomina generalmente traza. La capa de nieve en el suelo se mide habitualmente a diario, en centímetros sin decimales.

11.1.6 Radiación solar y terrestre (atmosférica y terrestre)

La medición de la radiación solar se efectúa con un Piranómetro o pirheliómetro y las mediciones de radiación terrestre o de onda larga, con un pirgeómetro o pirradiómetro. Las mediciones se expresan en watt sobre metro cuadrado (W/m^2)²⁷.

La calibración/contrastación de estos instrumentos se debe realizar por lo menos una vez al año, por comparación con patrones secundarios o absolutos.

Otros equipos podrán utilizarse de acuerdo a las necesidades específicas del propósito de la medición.

11.1.7 Insolación

La insolación se mide y registra con un heliógrafo. Las medidas de insolación se expresan en horas y décimas de hora. Las horas de insolación deben medirse con una incertidumbre de $\pm 0,1$ horas y una resolución de 0,1 horas.

El heliógrafo debe ser instalado de acuerdo a la ubicación geográfica, en cuanto a su orientación y colocado sobre un pedestal de superficie horizontal, (el trazo que debe

²⁷Detalles de la resolución y la calidad de las mediciones se encuentran en la Guía N° 8 (OMM).



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

caer exactamente en la línea del mediodía del segmento esférico o de la banda de registro).

Se debe tomar en cuenta el uso de bandas apropiadas según la estación astronómica.

11.1.8 Visibilidad horizontal

Es la máxima distancia a la que puede verse y reconocerse un objeto negro de dimensiones adecuadas situado cerca del suelo.

11.1.9 Evaporación

La evaporación se mide con el Tanque de evaporación Clase A del U.S. Weather Bureau.

Las medidas de evaporación se miden en milímetros de espesor de agua, con una exactitud que puede variar de 0,1 a 0,01 mm.

El rango de nivel de agua superficial dentro del Tanque debe estar siempre en el rango entre 5 cm a 7,5 cm del borde superior. Se debe de conservar los rangos máximos y mínimos del nivel de agua en el tanque de evaporación.

El tanque de evaporación debe estar instalado sobre una base de madera con abertura (parihuela o base) sobre unos 15 cm o más sobre el suelo, de tal modo que permita una buena ventilación entre el suelo y la base inferior del tanque. No debe colocarse sobre superficies de cemento o piedras.

El observador debe realizar al menos una vez por mes una inspección al tanque de evaporación; a fin de prestar especial atención a la detección de perforaciones o goteos. Asimismo se debe limpiar tantas veces como sea necesario, para evitar la acumulación de polvo, desperdicios, el depósito de sedimentos o la formación de espuma y de películas de aceite. Debe cambiarse totalmente el agua al tanque cada 3 a 4 meses.

En caso de congelamiento del agua del tanque se debe romper el hielo de la superficie y también desprender completamente el hielo que se adhiera a las paredes para medir el nivel de agua mientras el hielo flota (el hielo flotante no tiene una gran repercusión sobre el nivel de agua. Si el hielo es demasiado grueso para poder romperlo, hay que aplazar la medición hasta que ello sea posible; si esto sucede, el observador deberá anotar también en el rubro de "Observaciones" la hora de lectura del nivel de agua en el tanque de esa observación).

11.1.10 Tiempo meteorológico presente y pasado

La expresión tiempo meteorológico se refiere a observaciones del estado de la atmósfera y de los fenómenos asociados.

Dichas observaciones son descripciones cualitativas de los fenómenos observados en la atmósfera o en la superficie de la tierra.

Tiempo presente es una descripción de los fenómenos meteorológicos presentes en el momento de la observación.

Tiempo pasado se utiliza para describir los fenómenos meteorológicos significativos ocurridos durante la hora anterior, pero que no aparecen durante el momento de la observación.

El tiempo presente y pasado; así como el estado del terreno, se utilizan principalmente como descripción cualitativa de los fenómenos meteorológicos.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

El estado del terreno se refiere a la condición de la superficie. Como resultado de los fenómenos meteorológicos y climatológicos recientes, en términos de la cantidad de humedad o la descripción de cualquier tipo de acumulación de partículas sólidas o acuosas o no acuosas que cubren la superficie normal.

Las observaciones especificadas como tiempo presente, tiempo pasado o estado del terreno se comunican junto con los datos cuantitativos.

11.1.11 Nubosidad

Para las observaciones de nubes se utilizará la tabla de clasificación, definiciones y descripciones de las familias y géneros de las nubes que figuran en el Atlas Internacional de Nubes²⁸.

La altura de la base de las nubes se debe obtener preferentemente por medición.

11.1.12 Meteoros

La clasificación de los meteoros debe ser compatible con las definiciones que se dan en el Atlas Internacional de Nubes.

11.1.13 Presión, temperatura y humedad en altitud

Las sondas meteorológicas tienen en su interior sensores que miden la temperatura, humedad y presión atmosférica; los cuales previo a su lanzamiento deben ser contrastados con valores registrados con instrumentos de alta exactitud de la estación en superficie. La mayoría de equipos de radiosondeo permiten hacer estos contrastes de variables para evitar posibles errores en las observaciones.

Durante la manipulación de las sondas debe evitarse el contacto con los sensores.

Los valores de temperatura son dados en grados Celsius (°C), los de presión en hectopascales (hPa) y los de humedad en porcentaje.

Es necesario verificar que la diferencia existente entre las lecturas de los sensores de la sonda con respecto al instrumental convencional calibrado se encuentre dentro del error permisible.

11.2 Variables hidrológicas

11.2.1 Precipitación

Se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o se deposita desde el aire sobre el suelo (OMM N° 8).

11.2.2 Evaporación y evapotranspiración

Indica la evaporación de los líquidos tanto en la superficie de tierra (firme) como en los lagos. La unidad de medida es el milímetro.

²⁸ Atlas Internacional de Nubes OMM N° 407, vol. I, 407. Atlas Internacional de Nubes, vol. I - Manual de observación de nubes y otros meteoros



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

11.2.3 Nivel de ríos, lagos y reservorios

Indica la elevación de una superficie de agua de los ríos, lagos y reservorios, con respecto a un nivel de referencia.

11.2.4 Caudal

Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o cuerpo de agua en la unidad de tiempo.

12 LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA ESTACIONES AUTOMÁTICAS: METEOROLÓGICAS, AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

12.1 Definición

Una estación automática es definida como una estación en la cual se hacen observaciones, almacenamiento y transmisiones de los datos en forma automática. Una Estación Meteorológica o Hidrológica Automática (EMA/EHA) debe contener los instrumentos (sensores), interfaces (energía, almacenamiento, etc.), unidad de procesamiento y unidad de transmisión (interface) (OMM, Guía N° 8). Cabe mencionar que la OMM considera una estación automática como Sistema de Observación Automático.

Las estaciones automáticas son usadas para diferentes propósitos. Así, siguiendo determinados criterios es posible clasificarlas en grupos.

La Bitácora o cuaderno de anotaciones y reportes de eventos y fallas es muy importante para que los técnicos puedan reconocer y sistematizar síntomas de defectos comunes de cada tipo de instrumento o componentes de la estación.

12.2 Clasificación

Por el tipo de aplicación son las siguientes:

- Estaciones meteorológicas automáticas
- Estaciones hidrológicas automáticas
- Estaciones hidrometeorológicas automáticas
- Estaciones agrometeorológicas automáticas
- Estaciones automáticas de aplicaciones específicas.

Otra clasificación es por el tipo de operación:

- Estación en tiempo real
- Estación fuera de línea ("off-line")

12.3 Por el tipo de aplicación

12.4 Estación meteorológica automática

Esta estación es genéricamente conocida como Estación Meteorológica Automática (EMA) (OMM, Guía N° 8). En esta estación sus instrumentos (sensores) registran automáticamente las mediciones de las variables meteorológicas. La operación de una estación automática está controlada por un programa (software) interno, cuyos parámetros pueden ser configurados durante la instalación, dependiendo del nivel de prestaciones de la estación.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Una EMA debe medir una o más de las siguientes variables meteorológicas (OMM, N° 544; EPA, 1987):

- Temperatura (instantánea, máxima, mínima)
- Humedad relativa del aire (instantánea, máxima, mínima)
- Presión atmosférica (instantánea)
- Velocidad y dirección del viento (promedio vectorial)
- Velocidad y dirección de ráfagas de viento
- Precipitación (acumulada).
- Temperatura del punto de rocío
- Intensidad de precipitación
- Radiación solar u otras variables relacionadas
- Radiación UV B, UV A
- Brillo solar o heliofanía
- Altura de nube
- Visibilidad

12.4.1.1 Estación hidrológica automática

Una Estación Hidrológica Automática (EHA) es aquella estación que registra automáticamente las mediciones de las variables hidrológicas.

Una EHA mide:

- Nivel de agua

Adicionalmente puede medir variables tales como:

- Oxígeno disuelto en el agua
- PH del agua
- Conductividad del agua
- Turbidez del agua
- Temperatura del agua

12.4.1.2 Estación hidrometeorológica automática

Una estación hidrometeorológica Automática es aquella que registra automáticamente las mediciones de las variables meteorológicas e hidrológicas (OMM, Guía N° 337).

Estas estaciones miden variables tanto meteorológicas como hidrológicas. Se pueden considerar como estaciones hidrometeorológicas a aquellas estaciones que realicen mediciones de variables meteorológicas y niveles de agua.

12.4.1.3 Estación agrometeorológica automática

Una Estación Agrometeorológica Automática es aquella que registra automáticamente las mediciones de las variables de aplicación meteorológica y agrícola.

Los sensores (instrumentos) de estas estaciones pueden medir las siguientes variables:

- Temperatura del aire (instantánea, máxima, mínima)
- Humedad relativa del aire (instantánea, máxima, mínima)
- Presión atmosférica (Instantánea)



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- Velocidad y dirección del viento (promedio vectorial)
- Velocidad y dirección de ráfagas de viento
- Precipitación (acumulada)
- Radiación solar u otras variables relacionadas

Adicionalmente, pueden medir las siguientes variables:

- Humedad de suelo a diversas profundidades
- Humedad de hoja
- Temperatura de suelo a diversas profundidades
- Radiación fotosintéticamente activa (PAR, siglas en inglés)
- Evaporación (acumulada).

12.4.1.4 Estaciones automáticas de propósitos específicos

Estas estaciones y/o instrumentos en general son empleadas para realizar mediciones con fines de investigación o aplicaciones requeridas para propósitos específicos; por ejemplo, instrumentos para campañas de medición de variables meteorológicas o hidrológicas con fines de salud, seguridad, instrucción, sensibilización, u otras identificadas por los usuarios.

Estas estaciones y/o instrumentos individuales pueden ser utilizados para medir las variables descritas, como otras no contempladas en las descripciones anteriores, tales como: medición de variables oceanográficas, medición de variables glaciares, medición de variables de calidad del aire, confort térmico.

12.4.1.5 Clasificación por el tipo de operación

Grupo clasificado por la forma de almacenar y disponer los datos y son denominadas como: **Estación en Tiempo Real** y **Estación Fuera de Línea** (OMM, Guía N° 8).

12.4.1.5.1 Estación en tiempo real

Estación que provee datos a los usuarios en “tiempo real”, según horarios pre-determinados pero también en casos de emergencia o cuando sean requeridos (en el lugar de la estación o remotamente).

12.4.1.5.2 Estación fuera de línea (“off-line”)

Estación que almacena (registra) datos interna o externamente en dispositivos de almacenamiento (memorias, dispositivos magnéticos, etc.).

12.5 Componentes de una estación automática

12.5.1 Unidad de procesamiento central

Esta unidad o plataforma colectora de datos (datalogger, en inglés) es la encargada de ejecutar el muestreo y la gestión del almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos.

La unidad de procesamiento central se comunica con un computador, con la finalidad de visualizar y descargar los datos almacenados; asimismo puede permitir la transmisión remota de los datos a través de medios de comunicación, tales como: modem GSM/GPRS, radio enlace UHF/VHF, Internet o satelital (comercial/ aplicación meteorológica).



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

La unidad de procesamiento central debe permitir su configuración, por parte del usuario, para instalar los diferentes sensores según sus respectivas funciones (valores instantáneos, promedio, máximos, mínimos, acumulados, promedio vectorial, ráfaga, integración, etc.), así como establecer los períodos de medición y muestreos, coeficientes de ajuste y desviación y medios de comunicación.

12.5.2 Variables

12.5.2.1 Temperatura del aire

12.5.2.1.1 Nomenclatura de la variable

Nombre general: Temperatura del aire.

12.5.2.1.2 Unidades

La temperatura del aire se expresa en grados Celsius, cuyo es símbolo °C.

12.5.2.1.3 Variables

- Temperatura del aire instantánea
- Temperatura del aire máxima
- Temperatura del aire mínima

Se podrá considerar como una opción el registro de la temperatura del aire promedio.

12.5.2.1.4 Requisitos operacionales

Esta sección cubre los requisitos operacionales referentes a la observación de la temperatura del aire entre 1,25 a 2,00 metros sobre el nivel del suelo.

- a) Rango. El rango operacional para las observaciones de la temperatura del aire es -40 a +60 °C. Esto se aplica a los valores instantáneos, promedios y a los extremos. Para fines específicos este rango puede variar.
- b) Resolución. En temperatura del aire la resolución requerida en meteorología sinóptica y para observaciones de climatología es de 0,1 °C, esto en concordancia con las regulaciones de la OMM.
- c) Exactitud. La exactitud requerida en la temperatura del aire es de 0,2° C. Este requisito está de acuerdo con las regulaciones de OMM (OMM, Guía N° 8).
- d) Frecuencia requerida de observaciones:
 - Temperatura instantánea registrada en períodos horarios, variando de acuerdo a la aplicación.
 - Temperatura máxima del aire, se registra cada 24 horas, iniciando el muestreo a las 00:00 horas (hora local).
 - Temperatura mínima del aire mínima, se registra cada 24 horas, iniciando el muestreo a las 00:00 horas (hora local).
 - Temperatura promedio horario del aire, se estima en períodos horarios, promediando los datos obtenidos de una tasa de muestreos no mayor a 1 minuto.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

12.5.2.1.5 Sensor

El sensor de temperatura del aire puede emplear uno de los diversos tipos de transductores, entre éstos se pueden nombrar:

- Termo-resistores metálicos (RTD, sigla en inglés), entre los cuales destacan: PT100 y PT1000
- Termistores o resistores semiconductores (PTC, NTC)
- Termocuplas o bimetálicos.

El sensor de temperatura del aire deberá incluir su protector de radiación solar, el cual no debe ser de metal, en vista que éste material podría perturbar la medición.

12.5.2.1.6 Condiciones de emplazamiento

a) Condiciones específicas por instrumento

Los sensores para medir temperatura del aire, según la OMM, se sitúan entre 1,25 y 2,00 metros de altura por encima del nivel del suelo; la ubicación más usual es de 1,6 metros. El sensor debe estar protegido de los efectos directos la luz solar directa, precipitación, rocío y viento; por esta razón, se debe proteger dentro de un protector contrarradiación.

b) Condiciones de los alrededores del sitio

- El sensor debe instalarse sobre un lugar plano y horizontal, rodeado de un espacio abierto con pendiente menor a 19°.
- Lugar con suelo cubierto con vegetación típica de la zona y corta (con una altura no mayor a 10 cm). En zonas desérticas de mantendrán en lo posible esas condiciones.
- El lugar de emplazamiento debe estar:
 - ✓ A más de 30 m de fuentes de calor o superficies reflectantes, superficies de concreto, estacionamiento de automóviles, etc.
 - ✓ A más de 30 m de una extensión de agua (a menos que sea representativa de la región).
 - ✓ Lejos de toda sombra proyectada cuando la proyección del sol es mayor de 7°.

Se considera que una fuente de calor (o cuerpo de agua) alterará las mediciones si ésta ocupa más del 10% de la superficie dentro de un área de 30 m alrededor del sensor, o si representa un 5 % dentro de un anillo de 5 a 10 m, o cubre un 1 % de un círculo de 5 m de radio.

12.5.2.2 Humedad Relativa

12.5.2.2.1 Nomenclatura de la variable

Nombre general: Humedad relativa del aire.

12.5.2.2.2 Unidades

La unidad estándar válida para el Sistema Internacional es el porcentaje %



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

12.5.2.2.3 Variables

- Humedad relativa instantánea del aire
- Humedad relativa máxima del aire
- Humedad relativa mínima del aire

Se podrá considerar como una opción el registro de la humedad relativa del aire promedio.

12.5.2.2.4 Requerimientos operacionales

- a) Rango. El rango establecido por la OMM para las observaciones de humedad relativa es de 0 - 100%
- b) Resolución. Se requiere una resolución de 1% en la observación de la humedad relativa. Este requerimiento está de acuerdo a la norma de la OMM.
- c) Exactitud requerida. La incertidumbre en la humedad relativa no debe ser mayor que 3%.
- d) Frecuencia de observaciones requerida:
 - Humedad relativa instantánea registrada en periodos horarios, puede variar de acuerdo al propósito de la medición.
 - Humedad relativa máxima del aire, se registra cada 24 horas, iniciando el muestreo a las 00:00 horas (hora local).
 - Humedad relativa mínima del aire se registra cada 24 horas, iniciando el muestreo a las 00:00 horas (hora local).
 - Humedad promedio horario del aire, se estima en periodos horarios, promediando los datos obtenidos de una tasa de muestreos no mayor a 1 minuto.

12.5.2.2.5 Sensor

El sensor de humedad del aire emplea como transductor un tipo de condensador, el cual debe contar con un filtro que lo proteja de las gotas de rocío. También debe incluir su protector contra la radiación solar, no metálico para evitar que se perturbe la medición.

12.5.2.2.6 Condiciones de emplazamiento

Las mismas consideraciones del sensor de temperatura del aire.

12.5.2.3 Viento

12.5.2.3.1 Nomenclatura de la variable

Nombre general: Viento, la OMM lo especifica como viento para estaciones de superficie.

12.5.2.3.2 Unidades y variables

La unidad estándar para la dirección del viento es el grado sexagesimal tomando en cuenta el sentido de las agujas del reloj a partir del norte en la escala 0-360°; donde 360° (o 0°, equivalente a las 12:00 h en el reloj) es el viento norte y 90° es el viento del este (la dirección es definida como la dirección desde donde el viento sopla).

Las unidades reconocidas por el Sistema Internacional son las siguientes:



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- Velocidad del viento: m/s
- Dirección del viento: grados sexagesimales
- Ráfaga del viento: m/s

Los valores de la velocidad y dirección del viento, obtenidos en un periodo de medición determinado, son el resultado de promediar vectorialmente los muestreros realizados durante intervalos de tiempo menores al período de medición.

Ejemplo, para un periodo de medición de una hora, se debe realizar un muestrero de al menos 10 segundos, cada 10 minutos, a partir del minuto 50.

12.5.2.3 Requerimientos operacionales

- a) Rango. El rango operacional mínimo será:
Velocidad del viento: 0 - 50 m/s
Dirección del viento: 0 - 359° grados
- b) Resolución:
Velocidad del Viento: 0,5 m/s o menos
Dirección del Viento: 1°
- c) Exactitud requerida²⁹:
De acuerdo con las regulaciones de la OMM, las exactitudes deben ser las siguientes:
 - La dirección del viento: ±5° grados o mejor
 - La velocidad del viento: ±0,5 m/s para ≤5 m/s, ±10% para > 5 m/s, o mejor
- d) Frecuencia de observaciones requerida
La velocidad y dirección de viento se debe registrar en periodos horarios, variando de acuerdo a la aplicación.
La ráfaga del viento se debe registrar en periodos de 24 horas, puede variar de acuerdo a la aplicación, calculada a partir de las 00:00 horas (hora local).

12.5.2.3.4 Sensores

Los sensores de velocidad y dirección del viento pueden emplear diversos tipos de transductores, entre éstos están:

- Inducción magnética para la velocidad; y resistencia para la dirección
- Del tipo acoplamiento óptico
- Del tipo ultrasónico

12.5.2.3.5 Condiciones de emplazamiento

- a) Condiciones específicas por instrumento:
La altura estándar de los anemómetros, utilizados sobre un terreno llano y abierto, es de 10 m. Para aplicaciones de fines específicos el sensor de viento puede estar ubicado a otra altura.

²⁹La exactitud para este efecto es el mayor valor de incertidumbre aceptable



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- b) Condiciones de los alrededores del sitio (para sensores ubicados a 10 m de altura). Se debe considerar los siguientes criterios (OMM, Guía N°8):
- El mástil debe ser localizado a una distancia de al menos 10 veces la altura del obstáculo más ancho y cercano.
 - El sensor debe estar situado a una distancia mínima de 15 veces el grosor del obstáculo delgado más cercano (postes, árboles delgados, etc.), esto es válido para obstáculos de una altura mayor a 8 m.
 - Obstáculos con una altura menor a 4 m pueden ser ignorados.
 - La altura de la vegetación debe ser menor a 25 cm³⁰.

12.5.2.4 Presión atmosférica

12.5.2.4.1 Nomenclatura de la variable

Nombre general: Presión atmosférica

12.5.2.4.2 Unidades

La unidad de medida es el hectopascal (hPa).

12.5.2.4.3 Variables

- Presión atmosférica a nivel de estación
- Presión atmosférica a nivel del mar (calculada)

12.5.2.4.4 Requerimientos operacionales

- a) Rango. Para las observaciones de presión atmosférica en el país se debe considerar un rango de 500 a 1050 hPa.

El valor mínimo del límite del rango puede variar de acuerdo a la ubicación de la estación.

- b) Resolución. De acuerdo con la norma de la OMM en meteorología se requiere una resolución de 0,1 hPa o mejor.

- c) Exactitud. Para las mediciones de presión atmosférica es $\pm 0,3$ hPa o mejor.

- d) Frecuencia de observaciones

La Presión atmosférica se registra cada hora, puede variar de acuerdo a la aplicación.

12.5.2.4.5 Sensor

El sensor de presión atmosférica puede emplear como transductor elementos de silicio o condensadores.

En el caso de que el sensor se instale dentro del recinto de la plataforma colectora de datos, la entrada de aire debe estar conectada al medio externo.

³⁰ Esta altura debe ser menor a 10 cm en el caso de mediciones conjuntas de temperatura del aire



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Si el sensor se encuentra instalado afuera del recinto, se debe ubicar entre 1,5 a 2 m de altura e instalar un dispositivo que minimice el error de la presión dinámica debido al viento.

12.5.2.5 Precipitación

12.5.2.5.1 Nomenclatura de la variable

Nombre general: Precipitación.

12.5.2.5.2 Unidades

La unidad de medida de la precipitación es la profundidad lineal, normalmente en milímetros (mm), para la precipitación líquida (OMM N° 8).

12.5.2.5.3 Variable

- Precipitación acumulada horaria
- Precipitación acumulada diaria

Se puede considerar como una opción el registro de la intensidad de precipitación horaria.

12.5.2.5.4 Requisitos operacionales

- Rango. El rango operacional de las dimensiones para las observaciones de cantidad total de agua líquida es de 0 a 500 mm. Este rango se puede ampliar dependiendo de la región.
- Resolución: La resolución para cantidad es de 0,2 mm o mejor y para intensidad es de 0,2 mm/h o mejor.
- Exactitud³¹:
La exactitud en la cantidad de agua líquida medida debe ser $\pm 0,1$ mm para ≤ 5 mm y $\pm 2\%$ para > 5 mm o mejor.
La exactitud para intensidad debe ser como sigue: $\pm 0,1$ mm/h para 0,2 a 2 mm/h y 5% para > 2 mm o mejor.
- Frecuencia de observaciones:
La precipitación acumulada horaria contabilizará la cantidad de señales generadas en un periodo de una hora, la cual será multiplicada por la resolución del instrumento.

12.5.2.5.5 Sensor

El transductor del sensor de precipitación puede ser del tipo:

- Báscula oscilante o
- Peso

El área de captación del pluviómetro debe ser de 200 cm².

³¹ La exactitud para este efecto es el mayor valor de incertidumbre aceptable



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

De acuerdo al lugar de instalación, la resolución de los sensores de precipitación del tipo báscula oscilante debe considerar los siguientes criterios³²:

- Costa: 0,1 mm
- Sierra: 0,2 mm
- Selva: 0,3 mm

12.5.2.5.6 Condiciones de emplazamiento

- a) Condiciones específicas para el sensor o instrumento.

La altura del área de colección del sensor de precipitación debe estar comprendida en el rango de 1 a 1,5 m.

- b) Condiciones de los alrededores del sitio

- El sensor debe ser localizado en un área abierta, plana, horizontal, con una pendiente menor a 19°.
- Debe evitarse posibles obstáculos situados a una distancia menor al doble de la altura del obstáculo, a partir del área de colección.
- Un obstáculo es significativo, si el ancho del mismo proyecta un ángulo mayor a 10°, visto desde el sensor.
- El terreno sobre el cual se realicen las medidas debe ser representativo de la zona.

12.6 Instalación de una estación automática

Las consideraciones para la instalación de las estaciones Automáticas son básicamente las mismas que para las estaciones Convencionales.

Si las condiciones de operación de la estación lo exigen, se debe considerar la instalación de sistemas de comunicación, seguridad y alimentación autónomos, para garantizar la operatividad y fiabilidad de los datos.

12.6.1 Localización

El principio general recomendado en la Guía N° 8 (OMM) para el emplazamiento de estaciones automáticas indica que se debe escoger un lugar en el que las mediciones sean y continúen siendo en el futuro representativas de la zona circundante; que el tamaño del área corresponda a la aplicación (fines u objetivos) de la medición.

12.6.2 Consideraciones técnicas

La estación automática debe instalarse en un terreno llano, aproximadamente de 25 m x 25 m (OMM, Guía N° 8); sin embargo, debido a condiciones prácticas el mínimo aceptable es de 6 m x 6 m, cubierto de hierba baja o de una superficie representativa de la localidad, con un cerco (malla).

Siempre que el mástil o torre lo permita la puerta del gabinete protector debe estar orientada hacia el sur, en nuestro hemisferio, para evitar que, mientras se opera el

³² Estos criterio podrán variar de acuerdo a la región



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

equipo, los rayos solares incidan dentro del recinto de la plataforma colectora de datos.

Los sensores instalados próximos al mástil o torre no deben producir interferencias (sombreamiento de radiación solar, de la precipitación o el viento) entre ellos para las mediciones, ni con el mástil o torre, en ninguna época del año. Además, la distribución de los sensores (por ejemplo, el pluviómetro) debe considerar espacios no menores a 90 cm entre éstos y el sistema de puesta a tierra (para espacios de trabajo establecido por el Código Nacional de Electricidad).

De acuerdo a los requerimientos de las especificaciones técnicas, la plataforma colectora de datos debe permitir fácil conexión de todos los sensores que conforman la estación.

12.6.2.1 Mástil o torre metálica

La infraestructura metálica de la estación de preferencia debe estar conformada por un mástil abatible o torre de 10 m de altura sobre un suelo plano y resistente, que pueda soportar las cargas dinámicas de trabajo y por seguridad.

12.6.2.2 Sistema de alimentación y puesta a tierra

Se recomienda considerar un sistema de puesta a tierra con una resistencia menor o igual a 8 ohm para minimizar las interferencias electromagnéticas de rayos, fluctuaciones de voltaje y armónicos.

El sistema de puesta a tierra para una estación automática debe proteger contra la incidencia de rayos, así como de eventos anómalos de naturaleza estacionaria. En las estaciones de la sierra y selva es obligatorio considerar un sistema adicional de puesta a tierra para pararrayos. Para algunas localidades de la costa se debe evaluar la necesidad o no de la instalación de este sistema.

Se recomienda el uso de energías limpias tales como sistemas fotovoltaicos, los que están conformados por una batería de libre mantenimiento, un controlador de carga y un panel solar.

12.7 Sistema de monitoreo

12.7.1 Para estación única

En este caso debe considerarse un computador para la instalación del software de gestión de los datos.

En estaciones “fuera de línea” (off-line) son necesarios medios de almacenamiento (memoria) de suficiente capacidad para guardar los registros del período monitoreado.

Si la estación transmite en tiempo real, se debe contar por lo menos con uno de los siguientes sistemas de comunicaciones:

- Dos equipos transmisor-receptor de radio digital VHF o UHF. Uno instalado junto con la estación automática y otro en el lugar de recepción.
- Dos equipos transmisor-receptor de GPRS o GSM (módem o dispositivo celular con interface para la PC).
- Dos equipos de red por cable. Puede ser una red Ethernet (tarjetas y cableado estructurado), una red RS232/RS485 u otro tipo de red de campo.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- Para cada estación, un transmisor-receptor satelital de preferencia en la banda de frecuencia de los satélites para observación meteorológica (p. e. el Satélite Operacional Geoestacionario Medioambiental, administrado por la NOAA). Además, opcionalmente un transmisor-receptor satelital para el centro de recepción.

12.7.2 Para estaciones en una red

Una red está conformada por dos o más estaciones automáticas. Las estaciones meteorológicas automáticas pueden estar o no interconectadas al centro de control.

Opcionalmente se puede implementar un centro de control y monitoreo donde se almacenen y procesen los registros de las variables meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas. Este centro permite administrar y verificar el estado de operación de las estaciones de la red. Por cuestiones prácticas se recomienda interconectar las estaciones en una red.

Para el monitoreo en tiempo real debe ser instalado por lo menos uno de los siguientes sistemas de comunicaciones:

- Para cada estación, un equipo de transmisor-receptor de Radio Digital VHF, UHF o microondas. Uno en el centro de control.
- Para cada estación, un equipo de transmisor-receptor de GPRS o GSM (módem o dispositivo celular). Uno en el centro de control (con interface para la PC).
- Para cada estación, un equipo de red por cable. Puede ser una Red Ethernet (Tarjetas y cableado estructurado), una red RS232/RS485 u otro tipo de red campo.
- Para cada estación, un transmisor-receptor satelital. Además, opcionalmente, un transmisor-receptor satelital para el centro de control.

12.7.3 Para estaciones de la Red Nacional de Estaciones

Las estaciones pueden integrarse a la Red Nacional de Estaciones en tiempo real o diferido.

Para el monitoreo en tiempo real debe instalarse por lo menos uno de los siguientes sistemas de comunicaciones:

- Para cada estación, un equipo de transmisor-receptor de Radio Digital VHF, UHF o microondas.
- Para cada estación, un equipo de transmisor-receptor de GPRS o GSM (módem o dispositivo celular).
- Para cada estación, un equipo de red por cable. Puede ser una Red Ethernet (tarjetas y cableado estructurado).
- Para cada estación, un transmisor-receptor satelital en la banda de frecuencia de los satélites para observación meteorológica (p. e. el Satélite Operacional Geoestacionario Medioambiental, administrado por la NOAA).

12.8 Mantenimiento

Las actividades y procedimiento de mantenimiento de las estaciones automáticas son muy importantes para conseguir un funcionamiento continuo y eficiente de la red.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Estos procedimientos deben realizarse por personal entrenado en operación y mantenimiento de estaciones automáticas y redes de comunicaciones.

No es recomendable la reparación de los sensores, ni de otros componentes electrónicos de una estación automática en el campo (OMM, Guía N° 8).

Las actividades de mantenimiento deben seguir criterios descritos en las siguientes subsecciones.

12.8.1 Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario se realiza para mantener el equipamiento (sensores, instrumentos, accesorios, soportes, panel solar, etc.) e infraestructura en óptimas condiciones de operación. Por lo general se trata de evitar que la suciedad afecte las mediciones o a los equipos (polvo, restos salinos, hojarasca, deposiciones de aves, óxido, ramas, pequeños animales como insectos o batracios, basura, etc.).

- **Para el sensor de temperatura del aire o humedad relativa del aire**

Consiste en realizar limpieza periódica de manera externa del protector de radiación y, de darse el caso, del filtro del sensor de temperatura; asimismo mantener la vegetación alrededor de la estación, de tal modo que el césped no tenga una altura mayor a 10 cm; la frecuencia de esta limpieza dependerá de las condiciones particulares (climáticas) del lugar, aunque preferentemente se debe realizar en forma mensual. Este tipo de mantenimiento no requiere alta especialización, sin embargo debe ser realizado por personal entrenado para tal fin.

- **Para el sensor de viento**

Verificar el estado físico del sensor de forma visual, considerando la integridad de la hélice y el giro adecuado de ésta. En el caso de sensores ultrasónicos verificar que no haya obstrucciones que interfieran las mediciones.

- **Para el sensor de presión atmosférica**

Para el caso del sensor de presión atmosférica instalado dentro del recinto, verificar que el tubo de la toma de medición no se encuentre obstruido.

Para el caso del sensor instalado fuera del recinto, verificar la limpieza del dispositivo de protección.

- **Para el sensor de precipitación**

El mantenimiento consistirá en la limpieza del área de captación y su parte interna.

12.8.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de estaciones automáticas debe ser realizado por personal especializado. Esto debido a que la manipulación de los sensores por personas no calificadas pone en riesgo la operatividad del Sistema de Observación Automático.

El mantenimiento preventivo deberá tener una frecuencia de ejecución de acuerdo a las condiciones particulares del lugar. Cabe agregar que la OMM recomienda que este mantenimiento se realice cada seis (6) meses.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

12.8.3 El mantenimiento correctivo

Estará a cargo de personal técnico calificado, que cuente con los instrumentos y repuestos necesarios para el diagnóstico y reparación.

12.8.4 La calibración y/o contrastación

La calibración y/o contrastación de los sensores deberá realizarse en un laboratorio especializado, con una frecuencia de acuerdo a la naturaleza del sensor y a las recomendaciones del fabricante. Estas acciones deben traducirse en certificaciones de calibración o contrastación con periodo de vigencia determinados y debidamente documentadas.

Durante la instalación cada sensor debe ser calibrado con el dato de un instrumento patrón, para evitar diferencias significativas.

13 DOCUMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES CONVENCIONALES Y AUTOMÁTICAS

El SENAMHI tiene la responsabilidad de organizar esta información y administrar los datos y los metadatos generados de las estaciones que conforman la Red Nacional de Estaciones en el Banco Nacional de datos y el Registro Nacional de Estaciones.

Los Metadatos (datos sobre los datos) comprenden toda la información referida al establecimiento de la estación y las actividades de mantenimiento, descritos anteriormente y sobre los cambios que se producen incluyendo el historial de calibraciones, contrastaciones, mantenimientos y los cambios en términos de la exposición y de personal.

La Oficina General de Operaciones Técnicas (OGOT) en coordinación de la Oficina General de Estadística e Informática (OGEI) emitirá las disposiciones complementarias para el desarrollo de esta sección.

Las estaciones deben contar con la información específica siguiente:

- Expediente técnico
- Acta de instalación
- Ficha técnica
- Bitácora o cuaderno de anotaciones (antecedentes históricos)
- Certificados de calibración y/o contrastación
- Manuales de operación y mantenimiento
- Cuaderno de visitas
- Planillas o archivos de datos.

13.1 Expediente técnico

El Expediente Técnico es un documento que sustenta un proyecto de instalación de estaciones en los lugares seleccionados para tal fin.

Las partes del expediente son:

- Resumen ejecutivo del proyecto. El Resumen ejecutivo debe contener las siguientes secciones: información general, objetivos, breve descripción del proyecto y cronograma.
- Memoria descriptiva del proyecto. La memoria descriptiva del proyecto debe contener las siguientes secciones: generalidades, localización de la estación,



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

naturaleza y extensión del proyecto, influencia del proyecto y actividades en la estación.

- Especificaciones técnicas del proyecto. Las especificaciones técnicas del proyecto debe contener las siguientes secciones: generalidades, materiales, normas y pruebas. Además, obras provisionales, trabajos preliminares, obras de concreto, estructuras metálicas o de madera, sistemas de protección externa y equipamientos de la estación.
- Aspectos ambientales. En principio, la instalación y operación de una estación meteorológica o hidrológica, por su propósito y la magnitud de su intervención en su entorno no tiene impactos ambientales negativos significativos, sino más bien positivos con respecto al ambiente. No obstante, es importante garantizar que se tomen sistemáticamente todas las medidas necesarias para que el aspecto ambiental sea considerado en el proceso de instalación y operación de la estación. Esta sección, tiene como objetivo desarrollar recomendaciones para asegurar que en todas etapas de la instalación y operación de la estación meteorológica o hidrológica no haya afectación o impactos ambientales significativos en el ámbito de la estación.

13.2 Acta de instalación

Es el documento elaborado por el personal que instala la estación y por el operador de la estación, donde se anotan la fecha de inicio y final de los trabajos de instalación realizados, características de los equipamientos, las coordenadas, nombre del lugar, nombre de las personas responsables. Además, pueden anexarse los procedimientos de montaje y ajustes, así como fotografías de antes y después de la instalación.

En caso de la inscripción de una estación en funcionamiento, las fechas del inicio y final de la instalación son referenciales. Además, debe anotarse la fecha de la inspección técnica del personal calificado del SENAMHI.

13.3 Ficha técnica

Una ficha técnica es un documento que en forma resumida contiene la descripción de todas las características técnicas y del entorno de la estación meteorológica, agrometeorológica o hidrológica, medio y procedimiento de remisión o transmisión de los datos según compromiso acordado con el SENAMHI.

13.4 Bitácora o cuaderno de anotaciones

En la Bitácora se toma nota, en forma sistemática, de la información del estado de la operación y mantenimiento de la estación meteorológica o hidrológica. La bitácora debe contener la ficha técnica actualizada anualmente, tomando en cuenta la valorización y depreciación del equipamiento. La Oficina General de Operaciones Técnicas del SENAMHI, aprueba el formato y su respectivo instructivo, para el llenado de la Bitácora.

13.5 Certificados de calibración, contrastación y homologación

Descripción del ajuste, calibración y/o contrastación de los sensores/ instrumentos, realizados por laboratorios preparados en los usos y prácticas operacionales de instrumentos (Guía N° 8, OMM).



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Los procedimientos de calibración deben ser suficientemente documentados, de acuerdo a estándares nacionales o internacionales. Se sugiere que la certificación este basada en los procedimientos ISO 17025 (Guía N° 8, OMM).

Los certificados de homologación son necesarios para el uso u operación de determinados equipos electrónicos, tales como los equipos de comunicaciones.

13.6 Manuales de operación y mantenimiento

Los manuales de operación contienen la descripción de los equipos, procedimientos de puesta en marcha, procedimientos de operación, descripción de las fallas que el usuario podría detectar mediante una inspección visual.

Los manuales de mantenimiento contienen la descripción técnica de cada equipo y descripción funcional de cada sensor, diagrama de la interconexión y el cableado entre los equipos y guía de diagnóstico y corrección de fallos.

Además, se incluyen instrucciones de uso del software, procedimientos de instalación, carga de datos y parámetros necesarios, acceso a los archivos registrados y herramientas de configuración del sistema.

13.7 Cuaderno de visitas

En el cuaderno o libro de visitas se registran las visitas que se efectúan a la estación. Las visitas de orden técnico deben quedar registradas y de preferencia con los correspondientes comentarios u observaciones, si los hay.

13.8 Planillas o archivos de datos

Son los medios físicos o informáticos que contienen los datos o registros hidrometeorológicos de una estación en forma organizada para su incorporación al Banco Nacional de Datos.

14 REGISTRO NACIONAL DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AGROMETEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

El Registro Nacional de Estaciones Meteorológicas Agrometeorológicas e Hidrológicas (en adelante Registro Nacional de Estaciones) es un sistema de identificación y documentación que comprende a todas las estaciones pertenecientes a instituciones del sector público, que cumplan con el presente Protocolo, para la obtención de datos meteorológicos e hidrológicos en el territorio nacional, cualesquiera que sean sus fines³³.

Los operadores privados pueden solicitar su inscripción y empadronamiento en el Registro Nacional de estaciones, si cumplen con lo establecido en el presente Protocolo.

33 Decreto Supremo N° 005-85-AE, del 26.07.85, artículo 14º Reglamento de la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

En el Registro Nacional de Estaciones se inscriben las estaciones y se anotan los datos referentes a la ubicación, carácter y fines de éstas, y la clase de instrumental instalado en ellas³⁴, entre otros.

El SENAMHI deberá mantener actualizado el Registro Nacional de Estaciones del territorio nacional dando la siguiente información con respecto a cada estación³⁵:

- Nombre y coordenadas geográficas, número indicativo de la estación
- Elevación en metros enteros (elevación del barómetro por encima del nivel del mar)
- Categoría y programa de observación
- Breve descripción de la topografía circundante
- Exposición de los instrumentos, en particular altura sobre el terreno de los termómetros, pluviómetros y anemómetros
- Antecedentes históricos de la estación o metadata
- Nombre de la persona jurídica o natural propietaria de la estación
- Nivel al que se reducen los datos de presión atmosférica.

El Registro Nacional de Estaciones funcionará en la sede central del SENAMHI; las normas que se requieran para su organización y funcionamiento son aprobadas por Resolución Presidencial del SENAMHI³⁶.

El SENAMHI, a través de la Oficina General de Operaciones Técnicas (en coordinación con la Oficina General de Estadística e Informática aprobará un formato de registro de los metadatos.

15 GLOSARIO DE TÉRMINOS

15.1 Términos Meteorológicos y Agrometeorológicos

Los términos que se emplean en el presente Protocolo tienen el siguiente significado:

Altitud. Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, respecto al nivel medio del mar.

Altura

- a) Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y una referencia especificada.
- b) Dimensión vertical de un objeto.

Estación Climatológica. Lugar seleccionado para la generación de datos climatológicos. Estos datos incluirán los siguientes elementos: estado del tiempo,

³⁴ Decreto Supremo N° 005-85-AE, del 26.07.85, artículo 12º Reglamento de la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI

³⁵ Organización Meteorológica Mundial N° 488, "Guía del Sistema Mundial de Observación", Ginebra Suiza, 1980

³⁶ Decreto Supremo N° 005-85-AE, del 26.07.85, artículo 13º Reglamento de la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

viento, nubosidad, temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación e insolación.

Observación meteorológica. Es la evaluación o medida de uno o más elementos meteorológicos.

Observación visual. Es aquella, que realiza el observador sin el empleo de instrumentos, únicamente por estimación y experiencia.

Observación instrumental. Es aquella que se realiza con el empleo de instrumentos, los cuales deben ser instalados bajo condiciones especiales y de acuerdo con las recomendaciones estándar³⁷.

Observación meteorológica sinóptica. Observación de superficie o en altitud efectuada a horas fijas e intermedias determinadas en tiempo GMT (Greenwich mean time).

Observador meteorológico. Es la persona autorizada por el Servicio Meteorológico Nacional para efectuar y notificar la toma de datos meteorológicos³⁸.

Sistema Mundial de Observación (SMO)³⁹. Sistema coordinado de métodos e instalaciones destinado a efectuar observaciones meteorológicas y otras observaciones del medioambiente a escala mundial, en apoyo a todos los programas de la OMM. Como la Vigilancia Meteorológica Mundial y el Programa Mundial sobre el Clima; el sistema comprende subsistemas de superficie y espaciales.

Vigilancia Meteorológica Mundial. Sistema mundial que integra instalaciones y servicios meteorológicos a través de los sistemas de observación, telecomunicaciones y procesamiento de datos, con objeto de garantizar la disponibilidad de información meteorológica para fines prácticos y de investigación.

15.2 Términos hidrológicos⁴⁰

Arrastre de fondo. Arena, lodos, gravilla y detritus de rocas, que un curso de agua arrastra en el fondo de su lecho.

Balance hídrico. Balance de entradas y salidas de agua en una zona hidrológica, bien definida, tal como una cuenca, un embalse, un lago, etc., teniendo en cuenta el déficit o superávit de agua acumulada.

Capa de nieve. Nieve acumulada sobre el terreno.

Caudal. Volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río en la unidad de tiempo.

Control natural. Tramo de un curso de agua en el que existen condiciones naturales que hacen que el nivel del agua se mantenga estable, por encima de un cierto caudal.

³⁷ Parte I, cap. del 1 al 17 de la Guía OMM Nº 08 de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos

³⁸ La clase de observadores, misión y responsabilidades están detalladas en el Manual del observador de Meteorología, de José María Jansá Guardiola, Instituto Nacional de Meteorología, España Madrid, 1968

³⁹ Organización Meteorológica Mundial Nº 488. "Guía del Sistema Mundial de Observación"

⁴⁰ Asimismo se complementarán con otros términos indicados en la publicación de la Organización Meteorológica Mundial Nº 168. "Guía de Prácticas Hidrológicas", 5ta. Edición, Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

Correntómetro. Instrumento para medir la velocidad del agua en un punto, calculando el número de vueltas de las cazoletas o hélice contra las que incide la corriente.

Cuenca de captación. Es el área que tiene una salida única para su escorrentía superficial.

Cuenca representativa. Cuenca en la que se estudia el ciclo hidrológico en una región natural característica, por observación simultánea de datos climáticos e hidrométricos.

Curva de alturas-caudales. Curva que muestra la relación existente entre el nivel de agua y la descarga de una corriente en una estación hidrométrica.

Escorrentía. Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno (escorrentía superficial) o en el interior del mismo (escorrentía subterránea).

Estación de agua subterránea. Estación en la cual se obtienen datos de agua subterránea de uno o más de los siguientes elementos: nivel de agua, temperatura del agua y otras propiedades físicas y químicas del agua.

Limnígrafo. Instrumento que registra la variación de los niveles de agua en el transcurso del tiempo.

Limnímetro. Instrumento para medir el nivel del agua.

Flujo. (Véase Caudal).

Muestreador. Instrumento para toma de muestras sólidas, líquidas y gaseosas de un cuerpo para su análisis (nieve, agua y sedimentos).

Nivel del agua. Cota de la superficie libre de una masa de agua con respecto a una cota determinada.

Nivel de referencia. La elevación del cero de una escala con relación a una cota determinada.

Observador de estación. Es la persona entrenada para realizar toma de datos.

Operador de estación. Es la persona natural o jurídica que administra una o un conjunto de estaciones.

Sección (de una corriente). Sección de una corriente perpendicular a la dirección principal (media) del flujo.



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OMM, 1996. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. Sexta Edición, OMM Nº 8, Ginebra, Suiza 1996.
- OMM, 1993. Reglamento Técnico: Normas y Prácticas recomendadas meteorológicas de carácter general (1993) OMM Nº 49.
- OMM, 1994. Guía de Prácticas Hidrológicas: Adquisición y Proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. Quinta Edición, 1994.
- OMM, 1998. Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las Clases II y IV, preparado por D.A. SIMIDCHIEV, capítulo 3, volumen I, OMM Nº 622, Ginebra, Suiza.
- SENAMHI, 1985. Decreto Supremo Nº 005-85-AE, del 26.07.85, Reglamento de la Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI.
- SENAMHI, 2010. Plan de Fortalecimiento del sistema nacional de observación del clima, publicación 2010.
- SENAMHI, 2007. Manual de Funciones del Observador Meteorológico e Hidrológico, publicación del SENAMHI-Perú, 2007.
- OMM, 1981. Manual del Sistema Mundial de Observación, volumen I – Anexo V al Reglamento Técnico de la OMM ° 544. Ginebra, Suiza, 1981.
- OMM, 1991. "Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV", preparado por B.J. RETALLACK, Volumen II – Meteorología partes I y II, Segunda edición, referida a las variables meteorológicas. Ginebra, Suiza, 1991. OMM Nº 266.
- OMM, 1989. Guía del Sistema Mundial de Observación OMM Nº 488, Ginebra Suiza 1989.
- ASCAZO, L., A.; CASALS M., M., 1986. "Vocabulario de términos meteorológicos y de ciencia afines". España, Madrid, 1986.
- WMO, 1973. Automatic Collection and Transmission of Hydrological Observations. WMO Nº 337, Geneva, Switzerland.
- WMO, 1992. World Meteorological Organization, 1992a: International Meteorological Vocabulary. Second edition, WMO Nº 182, Geneva.
- OMM, 2003. Manual del Sistema Mundial de Observación. Volumen I. Aspectos Mundiales Edición 2003. OMM Nº 544.
- OMM, 2009. Guía del Sistema Mundial de Observación. Tercera Edición. OMM Nº 488.
- WMO, 2010. World Meteorological Organization, 2010: Guide to the Global Observing System. WMO Nº 488, Geneva.
- WMO, 2010-II. World Meteorological Organization, 2010. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation: WMO Nº 8. 2008 edition, Updated in 2010, Switzerland.
- EPA, 1987. On-Site Meteorological Program Guidance for Regulatory Modeling Applications, EPA-450/4-87-013. Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Parks, North Carolina 27711



Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas

- NOAA, 2005. National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA GOES-N.O.P-The Next Generation. U.S. Department of Commerce, Suitland, Maryland. Site http://www.osd.noaa.gov/GOES/GOES-NOP_Brochure.pdf, mayo de 2013.
- DIGESA, 2005. Dirección General de Salud Ambiental. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Perú.
- SENAMHI, 2011. Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas. Lima, Perú.
- VILLAGRÁN D. L., J.C., 2013. Sistemas de Alerta Temprana, SAT, para Emergencias de Inundaciones en Centroamérica. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. UNICEF. Panamá. Página web, <http://desastres.usac.edu.gt>, acceso en mayo del 2013.
- IGN, 2005. Instituto Geográfico Nacional. Normas Técnicas, Especificaciones Técnicas para la Producción de Mapas a Escala de 1:50,000. Primera Edición. Lima, Perú, agosto 2005.
- SI, 2006. The International System of Units (SI). 8th edition 2006, Organisation Internationale de la Convention du Mètre.
- MEM, 2008. Código Nacional de Electricidad TOMO V. Sistema de Utilización. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad.

