



INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES


Manual Técnico: MT-DRD-001

Versión: 02

SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN DE REDES DE OBSERVACIÓN


DIRECCIÓN DE REDES DE OBSERVACIÓN Y DATOS

Elaborado por: Owen Julio Geldres de la Rosa Subdirector Subdirección de Gestión de Redes de Observación Julio Francisco Lau Guerra Analista Hidrometeorológico Subdirección de Gestión de Redes de Observación	Firma:
Revisado por: Sonia del Carmen Huamán Lozano Directora Unidad de Modernización y Gestión de la Calidad	Firma:
Aprobado por: Félix Augusto Icochea Iriarte Director Dirección de Redes de Observación y Datos	Firma:

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	2 de 58

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVO	3
3. ALCANCE	3
4. BASE LEGAL	4
5. DEFINICIONES Y SIGLAS.....	4
6. DESARROLLO	9
6.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES.....	9
6.2. GEORREFERENCIACIÓN DE LA ESTACIÓN	9
6.2.1. Configuración del equipo	9
6.2.2. Captura de coordenadas	9
6.2.3. Consideraciones en campo	10
6.3. TRANSMISIÓN DE DATOS	10
6.3.1. Sistema de comunicación en la estación	10
6.3.2. Tiempo de transmisión	10
6.3.3. Medio de recepción	11
6.3.4. Estructura del archivo	11
6.3.5. Contenido del archivo	11
6.4. CONDICIONES DE INSTALACIÓN, EMPLAZAMIENTO Y EXPOSICIÓN ..	12
6.4.1. Estación meteorológica automática (EMA)	12
6.4.2. Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)	19
6.4.3. Estación Hidrológica Automática (EHA)	27
6.4.4. Estación de Vigilancia Atmosférica (EVA).....	36
6.5. REQUERIMIENTOS OPERACIONALES.....	43
6.5.1. Estación Meteorológica Automática (EMA)	43
6.5.2. Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)	46
6.5.3. Estación Hidrológica Automática (EHA)	50
6.5.4. Estación de Vigilancia Atmosférica (EVA).....	52
7. TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS	58

 Senamhi <small>SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ</small>	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	3 de 58

1. INTRODUCCIÓN

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, conforme a lo dispuesto en los literales a), b), del artículo 4 de la Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, modificada por la Ley N° 27188, tiene la función de organizar, operar, controlar y mantener la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, Hidrológicas y Agrometeorológicas, de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y las necesidades de desarrollo nacional, a excepción de las redes de estaciones establecidas con fines específicos; así como centralizar y procesar la información meteorológica, hidrológica, agrometeorológica, de fines específicos, para su respectivo análisis y oportuna aplicación por los organismos correspondientes, bajo responsabilidad.

Asimismo, acorde al literal n) el SENAMHI tiene como función organizar, normar y promover un sistema de vigilancia atmosférica del país, a fin de preservar los peligros de la contaminación ambiental.

En este sentido y como parte de sus funciones el SENAMHI dicta normas y regulaciones relativas a la instalación, operación y mantenimiento de estaciones meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas y vigilancia atmosférica de la red nacional.

Por lo expuesto y con el fin de uniformizar los procedimientos y actividades que realizan las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que instalan y operan las estaciones, así como estandarizar los métodos de observación y medición meteorológica, hidrológica, agrometeorológica a fin de garantizar el cumplimiento de las normas y recomendaciones técnicas internacionales de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la normativa nacional emitida en la materia, se ha desarrollado el presente manual el mismo que recoge la experiencia del SENAMHI, en relación a la generación de información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana, a través de sus estaciones que forma parte de la Red Nacional.


2. OBJETIVO

El presente manual establece requerimientos técnicos mínimos para la instalación y operación de estaciones de tipo: meteorológica, hidrológica, agrometeorológica y de vigilancia atmosférica.

3. ALCANCE

Es aplicable para todo el personal de los órganos y unidades de la entidad que instalen y operen estaciones automáticas meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas, así como estaciones de vigilancia atmosférica automáticas y manuales.

Así mismo debe ser tomado como referencia por todos los interesados, personas naturales o jurídicas del sector privado, así como, a las entidades públicas, empresas del Estado, gobiernos regionales y locales, que sean titulares de estaciones automáticas meteorológicas, hidrológicas y agrometeorológicas, así como de estaciones de vigilancia atmosférica automáticas y manuales, que instalen y operen estaciones.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	4 de 58

4. BASE LEGAL

- 4.1. Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología E Hidrología - SENAMHI, Modificado por la Ley N° 27188.
- 4.2. Ley N° 30102, Ley que Dispone Medidas Preventivas Contra los Efectos Nocivos Para la Salud por la Exposición Prolongada a la Radicación Solar.
- 4.3. Decreto Supremo N° 005-85-AE, que Aprueba el Reglamento de la Ley N° 24031, Ley Del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI.
- 4.4. Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- 4.5. Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas del SENAMHI. Resolución Presidencial Ejecutiva N° 0174 SENAMHI-PREJ-OGOT/2013.
- 4.6. Manual del Sistema de Información de la OMM – Anexo VII al Reglamento Técnico de la OMM. OMM-N. ° 1060. Edición de 2015, actualización de 2016.
- 4.7. Manual del Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM –Anexo VIII del Reglamento Técnico de la OMM. Edición de 2015, actualizado 2017.
- 4.8. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos OMM N° 8 2014, actualizado 2017.

5. DEFINICIONES Y SIGLAS

5.1. Abrigo ambiental

Espacio físico cerrado, elaborado de un material impermeable en el que se ubican entre uno (1) y máximo tres (3) equipos para la medición de las concentraciones de variables de vigilancia atmosférica.

5.2. API REST


Interfaz que permite sincronizar, enlazar y conectar aplicaciones, mediante las cuales se pueden realizar solicitudes y recibir respuestas a través del protocolo HTTP; para obtener, poner, publicar o eliminar datos.

5.3. Campo de cultivo

Terreno en el que se siembran semillas de productos agrícolas destinados al consumo, tales como cereales, frutas o verduras.

5.4. Caseta ambiental

Es una estructura cerrada, elaborada con materiales impermeables que contiene diversos equipos destinados a medir las concentraciones de uno o más variables de vigilancia atmosférica.

 Senamhi <small>SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ</small>	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	5 de 58

5.5. Centro de datos

Llamado también “Data Center” o “Centro de procesamiento de datos”, es una instalación o inmueble para centralizar los servidores de una organización, debe contar con ciertas condiciones para garantizar el funcionamiento tales como: Sistema de aire acondicionado, Sistema de alimentación ininterrumpida, conexiones y otros recursos necesarios que se utilizan para mantener una red o un sistema de computadoras y almacenamiento y así proveer acceso a grandes cantidades de datos.

5.6. Código ID

Número o código a través del cual se identifica una estación en la plataforma satelital y a través de la cual transmite los datos registrados por sus sensores a un satélite y posteriormente a un centro de datos.

5.7. Cota absoluta (BM)

Es la altura de un punto con respecto al nivel del mar. BM indica Bench Mark que es un punto topográfico fijo permanente cuya cota es conocida y referida al nivel del mar.

5.8. Cuerpo de agua

Son extensiones de agua que se encuentran sobre la superficie terrestre o en el subsuelo (acuíferos, ríos subterráneos).

5.9. Emplazamiento

Zona geográfica en donde se llevan mediciones, se caracteriza por cumplir con un conjunto de condicionales, dentro y en su entorno cercano, que aseguren de contar con datos representativos del lugar.

5.10. Estación


Es un conjunto de instrumentos y/o sensores que realiza mediciones de tipo: meteorológicas, hidrológicas, agrometeorológicas o de vigilancia atmosférica, los cuales están agrupadas en una ubicación geográfica con mediciones representativas del entorno. Dichas mediciones son tomadas en superficie y de instalación fija.

5.11. Estación agrometeorológica automática (EAMA)

La estación agrometeorológica automática proporciona datos meteorológicos y agrometeorológicos (humedad de hoja, humedad del suelo, entre otros) con fines agrícolas a través de sensores programados de manera automática (Villalpando, 1993. Adaptado por la DAM, 2020).

5.12. Estación hidrológica automática (EHA)

Una estación hidrológica automática es aquella que registra automáticamente las mediciones de las variables hidrológicas y otras que crea necesarias. (OMM, Guía N° 337).

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	6 de 58

5.13. Estación meteorológica automática (EMA)

Una estación meteorológica automática se define como una estación meteorológica en la que las observaciones se hacen y transmiten automáticamente. International Meteorological Vocabulary (WMO-No. 182).

5.14. Estación de vigilancia atmosférica (EVA)

Son aquellas estaciones que monitorean y registran los aerosoles, gases reactivos, radiación ultravioleta solar, ozono atmosférico, gases de efecto invernadero, deposición total atmosférica y calidad ambiental del aire, con la finalidad de medir la complejidad de los procesos físicos y químicos que controlan la composición de la atmósfera en diferentes escalas espaciales.

5.15. Estación de vigilancia atmosférica automática (EVAA)

Es aquella estación que está compuesta por equipos que registran de manera continua el comportamiento de las variables de vigilancia atmosférica (a una alta resolución temporal, por ejemplo: una hora). No necesitan de un operador para realizar las mediciones.

5.16. Estación de vigilancia atmosférica manual (EVAM)

Es aquella estación que está compuesta por equipos que registran de manera discreta el comportamiento de las variables de vigilancia atmosférica (a una baja resolución temporal, por ejemplo: un día). Necesitan de un operador para realizar las mediciones.

5.17. Exactitud de la medición

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

5.18. Exposición

Conjunto de indicaciones que aseguran un correcto montaje de sensores, instrumentos o accesorios distribuidos dentro de una estación.

5.19. Instalación


Conjunto de indicaciones que aseguran la optimización en la selección del emplazamiento.

5.20. Límite Mínimo

La distancia mínima entre el borde inferior del sensor y la superficie del agua (en esta zona no es posible la medición).

5.21. Límite Máximo

La distancia máxima entre el borde inferior del sensor y la superficie del agua.

 Senamhi <small>SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ</small>	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	7 de 58

5.22. Margen izquierdo

Este término es usado en hidrología para referenciar la dirección del flujo de río. Para esto debemos imaginar que la persona está en el centro del cauce del río y está mirando hacia la parte baja (desembocadura) y está dando la espalda al punto donde se origina el río. La margen izquierda del río será a donde apunta su mano izquierda.

5.23. Margen derecho

De manera similar como se determinó la margen izquierda, la margen derecha del río será a donde apunta la mano derecha de la persona.

5.24. Operador del sistema

Área de una organización, a donde llegan los datos transmitidos por las estaciones para su respectiva gestión (recepción, almacenamiento y visualización).

5.25. PSI

Es el acrónimo de Pounds-Force per Square Inch que, traducido al español, significa libras de fuerza por pulgada cuadrada (lbf/in²). Es una unidad de presión perteneciente al sistema inglés de unidades.

5.26. Rango de medición

Conjunto de los valores y de magnitudes de una misma naturaleza que un instrumento o sistema de medida dado, puede medir con una incertidumbre instrumental especificada, en unas condiciones determinadas.

5.27. Resolución

Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

5.28. Sotavento


Parte hacia donde se dirige el viento. Ladera de un relieve o región, al resguardo del lugar de procedencia del viento.

5.29. Transmisión FTP

Tipo de comunicación que utiliza el protocolo FTP para la transferencia de archivos de un sistema a otro a través de una conexión TCP (Cliente-Servidor) y conformada por una arquitectura de carpeta.

5.30. Transmisión satelital

Tipo de comunicación que utiliza ondas electromagnéticas para la transferencia de información, que está conformada por una estación terrena y un satélite artificial (se comporta como un repetidor) y cuya función es recibir, amplificar y trasladar información hacia un receptor destino.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	8 de 58

5.31. Transmisión servicio web

Tipo de comunicación que utiliza servicios web para la transferencia de información. Un servicio web es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones.

5.32. Variable

Cantidad o magnitud principal que puede adquirir distintos valores numéricos dentro de una escala definida.

5.33. Variable derivada

Registro del dato de una variable bajo un determinado tipo de medición como, por ejemplo: máximo, mínimo, promedio, acumulado, instantáneo, diario u otro.

5.34. Variable de vigilancia atmosférica

Es un elemento de medición, puede ser físico, químico o biológico, que describe el estado de la atmósfera en un lugar y tiempo determinado y forma parte de la normativa internacional y nacional.

5.35. Vigilancia atmosférica

Es el monitoreo de los aerosoles, gases reactivos, radiación ultravioleta solar, ozono atmosférico, gases de efecto invernadero, deposición total atmosférica y calidad ambiental del aire, con la finalidad de conocer la complejidad de los procesos físicos y químicos que controlan la composición de la atmósfera en diferentes escalas espaciales.

5.36. Zona agrícola


Es la gestión, por parte de una organización u persona natural, de las transformaciones de carácter biológico realizadas con los activos biológicos, ya sea para destinarlos a la venta, para dar lugar a productos agrícolas o para convertirlos en otros activos biológicos diferentes. La actividad agrícola abarca una gama de actividades diversas: por ejemplo, el engorde del ganado, la silvicultura, los cultivos de plantas anuales o perennes, el cultivo en huertos y plantaciones, la floricultura y la acuicultura.

5.37. Zona urbana

Es aquella que tiene como mínimo cien (100) viviendas agrupadas contiguamente (en promedio de quinientos (500) habitantes). Por excepción, se incluyen a todos los centros poblados capitales de distrito, aun cuando no reúnan la condición indicada.

5.38. Zona rural

Es aquel que no tiene más de 100 viviendas agrupadas contiguamente ni es capital de distrito; o que, teniendo más de 100 viviendas, éstas se encuentran dispersas o diseminadas sin formar bloques o núcleos.

 Senamhi <small>SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ</small>	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	9 de 58

6. DESARROLLO

6.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES

- 1) La estación debe estar geo referenciada.
- 2) La estación debe acoplarse a las condiciones establecidas en relación al medio de transmisión establecida en el presente manual.
- 3) La instalación, emplazamiento y exposición de sensores o instrumentales deben cumplir con establecido en el presente manual.
- 4) Cada sensor o instrumental deben cumplir con los requerimientos operacionales establecidos en el presente manual.

6.2. GEORREFERENCIACIÓN DE LA ESTACIÓN

Se debe obtener información de la ubicación de la estación utilizando equipos de recepción GPS (Sistema de Posicionamiento Global), estos equipos reciben la señal de radio directamente de la Constelación GPS, en ningún caso se utilizará equipos celulares para determinar la ubicación de estaciones, puesto que estos reciben los datos a partir de la señal de internet emitida por antenas de telefonía, la cual no es la más adecuada para este fin.

6.2.1. Configuración del equipo

Se debe contar con un navegador GPS y configurarlo utilizando el Sistema Internacional de Unidades de la siguiente forma:


Tabla N° 01

Tabla de referencia al sistema métrico para la configuración del GPS

Unidades	Distancias	Sistema métrico
	Altitud	Metro (m)
	Profundidad	Metro (m)
	Presión	Hectopascal (hPa)
Formato de posición	Coordenadas Geográficas	ddd° mm' ss.ss" (Grados, Minutos y Segundos)
	Datum	WGS 84
	Esferoide	WGS 84

6.2.2. Captura de coordenadas

Posicionarse a 1 m de distancia del mástil o elemento de soporte sobre el cual repose la estación en dirección Sur. El receptor GPS debe de asegurar una precisión menor igual a 10 m; mientras que el número de satélites válidos para realizar una medición será de por lo menos cuatro. Considerar la altitud en metros. Debe guardar la ubicación en la memoria del GPS de acuerdo al modelo de equipo que posea y posteriormente verificar su guardado (waypoint manager). Si las coordenadas geográficas son tomadas en grados sexagesimales, a estos se les deber anteponer el signo negativo "-" que hace referencia a latitud sur y longitud oeste.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	10 de 58

6.2.3. Consideraciones en campo

Se debe evitar lo siguiente:

- Utilizar el GPS con baterías bajas.
- Cubrir con las manos o el cuerpo (cabeza, extremidades, torso) la antena del receptor externa o interna del receptor.
- Utilizar aplicativos GPS para equipos de telefonía celular.
- Tomar las coordenadas sin esperar hasta que la recepción de señal sea óptima; es decir, cuando se georreferencie sin la confirmación de cuatro satélites.
- Capturar los puntos por debajo de vegetación arbórea, por debajo de redes eléctricas de alta tensión o durante tormentas eléctricas.

6.3. TRANSMISIÓN DE DATOS


6.3.1. Sistema de comunicación en la estación

El sistema de comunicación se define como la solución implementada en la estación para la transmisión o envío de datos medidos hacia un operador del sistema u observador lejano, para su respectiva gestión (recepción, almacenamiento y visualización). Actualmente, este sistema de comunicación puede ser por: transmisión satelital (gubernamentales o privados), transmisión celular (GSM, GPRS, 3G, LTE, 4G, entre otros relacionados), radio enlace (VHF, UHF), línea dedicada (ADSL, fibra óptica, redes industriales), u otro medio.

Se debe tener en cuenta que los equipos de comunicación a implementarse o implementados y configurados para la telemetría de su estación cumplan con los requisitos establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) como ente rector de las comunicaciones y responsable de la administración del espectro radioeléctrico.

6.3.2. Tiempo de transmisión

El sistema de comunicación debe permitir que los datos tomados y almacenados por el instrumental en la estación, en determinados periodos de tiempo (cada hora, treinta (30) minutos, diez (10) minutos, un (1) minuto, u otro), sean transmitidos o remitidos a un Centro de Datos en el mismo periodo de tiempo o como máximo en forma horaria (cada hora). Se requiere que la información transmitida no tenga un retraso mayor a los 90 minutos desde que el dato fue generado. Para el caso de las EVAM se requiere que la información remitida no tenga un retraso mayor a los treinta (30) días calendario desde que el dato fue generado.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	11 de 58

6.3.3. Medio de recepción

La recepción de la información que genera la estación, en el Centro de Datos; puede realizarse con los siguientes medios de comunicación:

- Satelital (GOES)
- Internet
 - (FTP,
 - Servicio Web)

6.3.4. Estructura del archivo

6.3.4.1. Satelital

En caso el sistema de comunicación que tenga la estación se realice por medio del satélite, se debe suministrar el código ID que está configurado en el transmisor satelital y el orden de la trama de datos con las variables medidas a fin de poder implementar la recepción de los datos en un servidor del Centro de Datos.

6.3.4.2. Internet

a) Internet- Servicio Web

En caso el sistema de comunicaciones tenga la capacidad de poder transmitir sus datos vía internet a través de la implementación de un servicio web (webservices - Transmisión de datos en línea), debe usar la API REST cuyo formato será coordinado con el responsable del Centro de Datos.

b) Internet-FTP


En caso el sistema de comunicaciones tenga la capacidad de poder transmitir sus datos vía internet a través del protocolo ftp al Centro de Datos, los archivos de las tramas de datos pueden contar con la extensión .txt o .dat con codificación en "UTF-8 Sin BOM".

6.3.5. Contenido del archivo

Para el caso de transmisión satelital, se debe informar el contenido del archivo e identificar claramente el orden del vector fila de cada variable registrada y describir a que hace referencia.

En el caso de vía Internet-FTP, el contenido debe tener un formato establecido por el responsable a cargo de la estación, quien notifica esta información al responsable del Centro de Dato.

Para el caso de las EVAM, el contenido del archivo deberá ser transmitido o remitido considerando el registro de los parámetros elegidos en el monitoreo (fecha inicio, fecha fin, hora inicio, hora fin, concentración y observaciones).

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	12 de 58

Cualquiera que fuese el caso, se debe respetar que los datos sean registrados con las unidades correspondientes previstas en el presente manual, las cuales se encuentran en las tablas de requerimientos operacionales.

6.4. CONDICIONES DE INSTALACIÓN, EMPLAZAMIENTO Y EXPOSICIÓN

6.4.1. Estación meteorológica automática (EMA)¹


Una EMA registra y transmite de manera automática por lo menos una de las siguientes variables meteorológicas: temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, viento, presión atmosférica o radiación solar. Además, se prevé que la estación este instalada y registre valores por lo menos durante un año completo.

6.4.1.1. Condiciones de Instalación

Se debe considerar los siguientes lineamientos en la instalación de una EMA:

- a) Asegurar que la EMA se instale sobre una superficie plana respecto a su horizontal.
- b) Asegurar que, sobre el terreno donde se instale la estación este cubierto de hierba corta (máximo 25 cm) o sobre una superficie representativa de la localidad (Ej. Césped, arena, nieve, entre otros).
- c) Identificar claramente el área de representación que tendrá su estación, por lo que para abarcar una mayor extensión, la EMA no debe estar instalada en las proximidades de laderas empinadas o encontrarse en una depresión del terreno (ver numeral 6.4.1.2 del presente documento).
- d) Asegurar que la EMA se sitúe a una distancia considerable de árboles, edificios, muros u otros obstáculos fijos o temporales, dependiendo de la magnitud física a medir (ver numeral 6.4.1.2 del presente manual).
- e) Asegurar que los sensores se encuentren instalados sobre una estructura sólida y de material resistente a la intemperie (mástil, trípode o torre). Así mismo, indicar que el diseño y composición de la estructura no interfiera o genere algún tipo de error en las mediciones de los sensores.
- f) Asegurar que el entorno circundante a la EMA se mantenga inalterable en el tiempo de funcionamiento.

¹ Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológico (OMM, 2017)


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	13 de 58

- g) Asegurar que la estación este en un lugar seguro reduciendo los efectos de daños producidos por vandalismo, robo, el ingreso de personas no autorizadas, entre otras. Para dicho fin, se puede hacer uso de cualquier método de seguridad que se crea conveniente, por ejemplo, cerco o valla, cámaras, vigilantes, entre otros, siempre y cuando no altere las condiciones del entorno a medir.
- h) Garantizar la operatividad de la estación y la fiabilidad de los datos, a través de la instalación de sistemas de comunicación y alimentación de energía autónoma, de ser posible.
- i) Garantizar que no existan superficies naturales (no representativas) o artificiales que podrían distorsionar las mediciones.
- j) Garantizar que no existan construcciones subterráneas circundantes a la estación, tales como conductores eléctricos, que podrían interferir en las mediciones; así como evitar líneas eléctricas de alta tensión en la cercanía a la estación, ya que podrían interferir en la telemetría.


6.4.1.2. Condiciones de emplazamiento y exposición

El emplazamiento está referido a las diferentes condiciones que se deben tomar dentro y cerca de la zona geográfica representativa donde este instalada la EMA; así mismo, la exposición se refiere a cómo los sensores están dispuestos en la estación meteorológica.


Para determinar si las condiciones meteorológicas son representativas en la zona de monitoreo elegida, ésta debe estar instalada en un espacio geográfico homogéneo característico de su entorno. Una forma de verificación consiste en preguntarse si el emplazamiento cambiaría al desplazarse la estación unos 500 m. En caso de que la respuesta sea negativa, entonces estaría en un entorno representativo.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	14 de 58


Temperatura del Aire y Humedad Relativa	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. El emplazamiento para la medición de temperatura del aire y humedad relativa son las mismas. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación con respecto a una fuente artificial de calor o superficie reflectante (edificios, superficies de hormigón, aparcamientos, entre otros) sea mayor a los 10 m. c. Asegurar que la distancia entre la estación con un cuerpo de agua sea mayor a 10 m, salvo que este último sea representativo de su entorno. d. Asegurar que la medición se realice fuera del alcance de proyección de sombra, cuando la elevación del sol sobrepase los 7°. e. Presentar un suelo con cobertura o superficie representativa menor a 25 cm. f. Asegurar que la estación esté rodeada de espacios abiertos y con una pendiente menor a los 19° para un radio de 5 m. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el/los sensores/es estén protegidos por un protector resistente a la intemperie de color blanco el cual no presente deformaciones. b. Asegurar que el/los sensores/es sean expuestos de tal forma que se tenga una correcta ventilación natural, es decir una recirculación de aire constante. c. Asegurar que el/los sensores/es no se encuentren sujetos a una pared. d. Asegurar que el/los sensores/es sean montados en una altura de entre 1,25 m y 2 m respecto a la superficie del suelo.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	15 de 58


Precipitación Líquida	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el plano de instalación para la estación esté rodeado de espacios abiertos y con una pendiente menor a los 30°; en el caso que se cuente con una pendiente mayor, debe considerarse el grado de representatividad topográfica de esta. b. Asegurar que la distancia horizontal del sensor de precipitación líquida, con respecto a obstáculos, sea de mayor a su altura. Se considera obstáculo a cualquier objeto que, al medir su anchura angular efectiva, ésta sea igual o superior a 10°, visto desde la boca del sensor (menor igual a 45°). 	<ul style="list-style-type: none"> a. En el caso de emplear un recipiente abierto de lados verticales con diseño cilíndrico recto (vaso colector), debe ubicar el área colectora del sensor entre 1 m a 1,5m respecto al suelo. b. Asegurar que la base donde descansa el sensor de precipitación este nivelado. c. Asegurar que el área de colección del sensor se mantenga intacto (sin deformaciones) y libre de obstáculos. d. Asegurar que en el caso de presentarse en condiciones bajo cero se cuente con un calentador que derrita la precipitación sólida cuando esta se dé.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	16 de 58


Velocidad y Dirección del Viento	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el soporte donde se monta los sensores de viento se sitúe a una distancia equivalente mayor o igual a 5 veces la altura de los obstáculos circundantes (anchura angular de más de 10°). b. Asegurar que los sensores estén situados a una distancia mínima equivalente a diez (10) veces el ancho de los obstáculos estrechos (mástil, árboles delgados) que superen los 8 m de altura. c. Los obstáculos menores a 5 m, sin importar su anchura, pueden ser ignorados. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que los sensores sean montados a 10 m de altura (con un error aceptable de hasta ± 1 m), por encima de la superficie del suelo y, evitando la presencia de obstáculos alrededor. b. Asegurar que el soporte donde se monta los sensores de viento este lo suficientemente recto (vertical) y estable como para soportar fuertes ráfagas. c. Asegurar que el sensor se mantenga intacto (sin deformaciones).

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	17 de 58

Radiación solar	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor este ubicado en un terreno plano y despejado, donde no se proyecte sombra sobre este. b. Asegurar que no se proyecte ninguna sombra sobre el sensor cuando la elevación del sol sea mayor a 10°. c. Asegurar que el sensor se ubique lejos de paredes, techos u otros objetos brillantes que reflejen la luz solar. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor este montado a una altura de entre 1,5 m a 2,0 m sobre el suelo. b. Asegurar que el sensor esté nivelado horizontalmente mediante su nivel de burbuja incorporado; además, que esté orientado al norte geográfico en caso de estar montado en una torre, mástil o trípode. c. Asegurar que el cable de señal apunte hacia el polo sur, para minimizar el calentamiento de las conexiones eléctricas.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	18 de 58

Presión Atmosférica	
Emplazamiento	Exposición
<p>a. El sensor debe ubicarse en un entorno cuyas condiciones exteriores no originen errores de medición. Esas condiciones comprenden el viento, la radiación o la temperatura, los golpes y las vibraciones, las fluctuaciones del suministro eléctrico y campo electromagnético.</p> <p>b. La altitud de la medición de Presión Atmosférica con respecto al nivel del mar, debe considerar un error de hasta ± 5 m.</p>	<p>a. Asegurar que el sensor este montado a una altura de entre 1,5 m a 2,0 m sobre el suelo.</p> <p>b. Asegurar que el sensor este montado dentro de un gabinete de protección o en la parte externa si está diseñado para ello.</p> <p>c. En el caso de los sensores expuestos directamente al exterior del recinto, se debe contar con una cabeza estática para amortiguar los efectos de los flujos del viento. Deberá estar protegido en todo momento de los rayos directos del sol, y tendría que estar situado lejos de cualquier fuente de calor.</p> <p>d. En el caso que el sensor se sitúe al interior de un gabinete, este debe ser a prueba de humedad y estar firmemente montado, y debe contar con un ducto que comunique el punto de medición con el exterior del gabinete.</p>

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	19 de 58

6.4.2. Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)²

Se considera una EAMA a aquella estación instalada en una zona agrícola, que debe transmitir de manera automática por lo menos una de las siguientes variables meteorológicas: temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, viento, presión atmosférica y radiación solar; además, puede incluir los siguientes sensores: temperatura del suelo, humedad del suelo y humedad de hoja.


Adicionalmente, se prevé que la estación esté instalada y registre valores por bmenos durante un año completo.

6.4.2.1. Condiciones de Instalación

Se deberá considerar los siguientes lineamientos en la instalación de una EAMA:

- a) Asegurar que la EAMA se instale principalmente sobre una superficie plana respecto a su horizontal.
- b) Asegurar que la EAMA no esté instalada bajo ninguna circunstancia sobre una superficie de hormigón, asfalto o roca triturada.
- c) Asegurar que la EAMA esté ubicada dentro de una zona agrícola existente o proyectada, en donde la superficie del emplazamiento o cubierta vegetal sea representativa (altura no mayor a 25 cm).
- d) Asegurar que la EAMA presente los sensores meteorológicos sobre una estructura sólida y de material resistente a la intemperie (mástil, trípode o torre). Así mismo, indicar que el diseño y composición de la estructura no interfiera o genere algún tipo de error en las mediciones de los sensores.
- e) Asegurar que el entorno circundante a la EAMA se conserve como zona agrícola, durante el periodo de funcionamiento de la misma.
- f) Tomar en cuenta que la EAMA no se encuentre próxima a sistemas de riego por aspersión que distorsionen las mediciones de los sensores; así mismo, debe ubicarse lo más alejada posible de zonas inundables o de los cauces de los ríos.
- g) Asegurar que la EAMA se ubique lejos de cuerpos de agua que no sean representativos de la zona (Ej. Reservorios de agua, entre otros).

² Guía de prácticas agrometeorológicas (WMO-No. 134)

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	20 de 58


- h) Asegurar que la EAMA se ubique lejos de objetos que emitan o generen calor de forma no representativa para el área de cultivo (Ej. Biodigestores, motores, camas de compostaje, entre otros).
- i) Asegurar que la EAMA se ubique lejos de objetos que emitan o generen calor de forma no representativa para el área de cultivo (Ej. Biodigestores, motores, camas de compostaje, entre otros).
- j) Asegurar que en donde se instale la EAMA, se sitúe a una distancia considerable de infraestructuras artificiales (Ej. edificios, muros u otros) sean estas fijas o temporales.
- k) Asegurar que la EAMA no sufra ningún tipo de daño, por vandalismo, robo, ingreso de personas no autorizadas, entre otras. Para dicho fin se puede hacer uso de cualquier método de seguridad que crea conveniente, por ejemplo, cerco o valla, cámaras (CCTV), vigilantes, entre otros, siempre y cuando no altere las condiciones agrometeorológicas del entorno a medir.
- l) Garantizar la operatividad de la estación y la fiabilidad de los datos, a través de la instalación de sistemas de comunicación y alimentación de energía autónoma, de ser posible.

6.4.2.2. Condiciones de emplazamiento y exposición

El emplazamiento está referido a las diferentes condiciones que se deben tomar dentro y cerca de un campo agrícola o afín representativo donde este instalada la EAMA; así mismo, la exposición se refiere a cómo los sensores están dispuestos en la estación agrometeorológica.


Para determinar si las condiciones agrometeorológicas son representativas en la zona de monitoreo elegida, ésta debe estar instalada en la cercanía a cultivos o zonas vegetativas de interés, tomando en consideración que estas últimas no se les consideraría como obstáculos.

Una forma de verificar si el relieve del entorno es representativo, consiste en preguntarse si existe una uniformidad de las características topográficas del suelo (terrenos en pendiente, terrenos planos, entre otros). Tanto para la costa y selva, al desplazar la EAMA alrededor de los 500 m no presentaría cambios significativos; sin embargo, en la sierra sí se presentarían cambios a una menor distancia (<500 m), debido a su topografía accidentada.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	21 de 58

Temperatura y Humedad del Suelo	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. El emplazamiento para la medición de temperatura y humedad de suelo son las mismas. b. El/los sensor/es debe/n estar enterrado/s dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Emplear sensores diseñados para ser enterrados a diferentes profundidades del suelo. b. Identificar correctamente la profundidad de instalación de cada sensor de suelo con el fin de no confundir las mediciones. c. Realizar mediciones a diferentes profundidades a partir de los 2 cm bajo la superficie hasta los 150 cm.


Humedad de hoja	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor este dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor este en contacto directo con el follaje de la planta o fijado al soporte de la estación. b. Asegurar que el sensor este inclinado entre 30° y 45° con respecto al suelo, a fin de evitar el estancamiento del agua de lluvia o de condensación en la superficie sensible y simular una condición real de la hoja.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	22 de 58


Temperatura y Humedad relativa del aire	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor este dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación respecto al cultivo sea entre 2 y 4 m. c. Asegurar que la distancia horizontal de la estación con respecto a una fuente artificial de calor o superficie reflectante (edificios, superficies de hormigón, aparcamientos, entre otros) sea mayor a los 10 m. d. Asegurar que la distancia entre la estación con un cuerpo de agua sea mayor a 10 m, salvo que este último sea representativo de su entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> e. Asegurar que el o los sensores estén protegidos por un protector resistente a la intemperie de color blanco el cual no presente deformaciones. f. Asegurar que el/los sensores/es sean expuestos de tal forma que se tenga una correcta ventilación natural, es decir, una recirculación de aire constante. g. Asegurar que el o los sensores no se encuentren sujeto a una pared. h. Asegurar que los sensores se encuentren a una altura entre 1,25 y 2,5 m.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	23 de 58


Precipitación Líquida	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor esté dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación respecto al cultivo sea entre 2 y 4 m. 	<ul style="list-style-type: none"> c. En el caso de emplear un recipiente abierto de lados verticales con diseño cilíndrico recto (vaso colector), debe ubicar el área colectora del sensor entre 1 a 2,5 m respecto al suelo. d. Asegurar que la base donde descansa el sensor de precipitación este nivelado. e. Asegurar que el área colectora del sensor se encuentre intacto (sin deformaciones).

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	24 de 58


Velocidad y Dirección del Viento	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor esté dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación respecto al cultivo sea entre 2 y 4 m. c. Asegurar que el soporte donde se monta los sensores de viento se sitúe a una distancia equivalente mayor o igual a 5 veces la altura de los obstáculos circundantes (cortavientos, construcciones agrícolas, almacenes, edificaciones, otros). d. Asegurar que los sensores estén situados a una distancia mínima equivalente a 10 veces el ancho de los obstáculos estrechos (mástil, cortavientos) que superen los 8 m de altura. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que los sensores se encuentren a una altura de entre 2 a 10 m de altura. b. Asegurar la no existencia de obstáculos (cortavientos, construcciones agrícolas, almacenes, edificaciones, otros) que impidan la libre exposición del sensor. c. Asegurar que el soporte donde se monta los sensores de viento este lo suficientemente recto (vertical) y estable como para soportar fuertes ráfagas.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	25 de 58

Radiación Solar	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor esté dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación respecto al cultivo sea entre 2 y 4 m. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que se encuentre a una altura de entre 1,5 a 2,5 m sobre el suelo. b. Asegurar que el sensor este nivelado horizontalmente con la ayuda de un nivel de burbuja; además que este orientado al norte geográfico en caso de estar montado en una torre, mástil o trípode.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	26 de 58

Presión Atmosférica	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor esté dentro o aledaño al área representativa del campo de cultivo. b. Asegurar que la distancia horizontal de la estación respecto al cultivo sea entre 2 y 4 m. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor se ubique dentro de un gabinete de protección o en la parte externa solo si está diseñado para ello. De estar al interior de un gabinete, el sensor debe ser a prueba de humedad y estar firmemente montado; así como, contar con un ducto que comunique el punto de medición con el exterior del gabinete. b. Asegurar que el sensor esté ubicado en un entorno cuyas condiciones exteriores no originen errores de medición. Estas condiciones comprenden el viento, la radiación o la temperatura, los golpes y/o vibraciones, las fluctuaciones del suministro eléctrico y campo electromagnético. c. Asegurar en el caso que el sensor se encuentre expuesto al exterior del recinto, cuente con una cabeza estática para amortiguar los efectos de los flujos del viento. d. Ubicar el sensor a una altura entre 1,5 a 2 m respecto del suelo.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	27 de 58

6.4.3. Estación Hidrológica Automática (EHA)^{3,4 y 5}

Una EHA registra y transmite de manera automática nivel del agua y precipitación líquida. Se prevé que la estación este instalada y registre valores, por lo menos, durante un año completo.

6.4.3.1. Condiciones de instalación


Se debe considerar los siguientes lineamientos en la instalación de una EHA:

- a) Contar con una o un conjunto de reglas limnimétricas que permitan contrastar los registros del sensor de nivel de la EHA.
- b) Ubicar el sensor de nivel de la EHA tomando las precauciones de estacionalidad del cuerpo de agua. El sensor puede tomar las mediciones sin inconvenientes en épocas de niveles máximos como mínimos.
- c) Ubicar la EHA en una zona que permita el funcionamiento ininterrumpido proyectado garantizando información permanente y confiable para estudios hidrológicos.
- d) Ubicar el sensor de nivel de la EHA en un tramo recto del curso de agua, tomando como referencia una distancia mínima de 20 metros aguas arriba y 20 metros aguas abajo, desde el punto donde se ubicará la estación.
- e) Instalar el sensor de nivel de la EHA en un punto donde el caudal total esté confinado en un solo canal.
- f) Asegurar que el sensor del nivel de la EHA esté instalado en un tramo del curso de agua, el cual no debe estar sujeto a colmatación y/o erosión; así mismo, debe estar libre de vegetación acuática, que permita la correcta medición.
- g) En el caso que la EHA esté ubicada en una de las márgenes del río (izquierda o derecha), ésta debe ser lo suficientemente alta para contener las crecidas del curso de agua.
- h) Asegurar que las condiciones hidráulicas (pendiente, talud de las márgenes del curso de agua, entre otros) sean las adecuadas, para el buen funcionamiento de la EHA.
- i) Garantizar que la EHA se encuentre alejada de las confluencias con otras corrientes fluviales o de los efectos de las mareas, con el fin de que las mediciones no sean alteradas.


3 OMM 2006: Reglamento Técnico, Volumen III, Hidrología (OMM-N° 49). Ginebra.

4 Guía de Prácticas Hidrológicas – Volumen I (OMM N° 168)

5 Measurement and Computation of streamflow: Volume I. Measurement of Stage and Discharge (Rantz, USGS)

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	28 de 58

- j) Garantizar que la EHA esté instalada en un lugar seguro, protegido de las condiciones naturales severas (huayco, inundaciones, entre otros).
- k) Garantizar que el terreno circundante al pluviómetro esté cubierto de césped, grava o ripio (superficies planas y duras como la del cemento originan salpicaduras excesivas).
- l) Garantizar la no presencia de cualquier protección aislada o irregular cerca del pluviómetro, debido a los efectos variables e impredecibles que podría tener sobre lo que este capte.
- m) Garantizar que la base donde descansa el sensor de precipitación este nivelado.
- n) Garantizar que el plano de instalación del pluviómetro presente una pendiente menor a 30°.
- o) Garantizar que la EHA, no sufra ningún tipo de daño, por vandalismo, robo o el ingreso de personas no autorizadas, entre otras. Para dicho fin se podrá hacer uso de cualquier método de seguridad que crea conveniente, por ejemplo, cerco o valla, cámaras (CCTV), vigilantes, entre otros., siempre y cuando no altere las condiciones hidrológicas del entorno a medir.
- p) Garantizar la operatividad de la estación y la fiabilidad de los datos, a través de la instalación de sistemas de comunicación y alimentación de energía autónoma, de ser posible.
- q) El establecimiento de puntos geodésicos de referencia cercanos a la EHA, se hace imperativo para llevar el cero de la escala limnimétrica a una cota absoluta (BM). Por otro lado, estos BM serán de utilidad para verificar periódicamente la cota cero o para restituir con precisión la posición inicial en caso de que el entorno se modifique por cualquier razón o la estación sea trasladada, removida, sustraída, o destruida por eventos naturales. Estos puntos deben ser colocados en sitios seguros, por ejemplo, un terreno estable que no sufra alteraciones y arriba del nivel de aguas máximas (Manual de Hidrometría. DHI, 2018). Para un mayor alcance, se sugiere revisar el Manual de Georreferenciación y nivelación de la cota cero de estaciones hidrométricas. (DHI-2019).

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	29 de 58

6.4.3.2 Condiciones de emplazamiento y exposición⁶

El emplazamiento está referido a las diferentes condiciones que se deben tomar cerca, sobre o dentro de un cuerpo de agua representativo donde este instalada la EHA; así mismo la exposición está referida a cómo los sensores y/o instrumentales están dispuestos en la estación hidrológica.

Para determinar si las condiciones hidrológicas (nivel de agua y precipitación líquida) son representativas en la zona de monitoreo elegida, la EHA debe estar instalada en un espacio característico de su entorno.

La exposición y emplazamiento del sensor de nivel de agua se encuentra sobre o dentro del cuerpo de agua; mientras que el sensor de precipitación líquida se encuentra instalado en suelo y, por ende, expuesto al aire libre. Cabe mencionar que las condiciones de exposición del pluviómetro en una EHA no necesariamente cumplen con el estándar de la EMA.

6.4.3.2.1. Nivel de Agua

El registro automático del nivel de agua se da mediante sensores con principios de medición conocidos; así mismo, siempre serán acompañados por una o un conjunto de reglas limnimétricas que puedan servir de referencia para la toma de datos automáticos. Con el fin de evitar lecturas negativas de la regla limnimétrica, ésta debe estar colocada de modo tal, que la lectura del valor cero, sea inferior a la lectura del agua más baja prevista.

A continuación, se describen los tres tipos de medición para el Nivel de Agua:


a) Sensor Piezométrico

Este tipo de sensor se caracteriza por estar alojado dentro de un cilindro de acero inoxidable, titanio u otro material que asegure su protección. En uno de sus extremos recibe la presión de la columna de agua y en el otro se encuentra la salida del cable de alimentación y conducción que genera la señal.

b) Sensor de Burbuja

Este tipo de sensor está conformado por un sensor de presión y un compresor que genera un flujo de gas constante, el cual, a través de una


⁶ Reglamento Técnico de Hidrología Vol. III, OMM N° 49. Manual de la USGS por Rantz eamflow: Volume I. Measurement of Stage and Discharge (Rantz, USGS)

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	30 de 58


manguera, genera burbujas en el cuerpo de agua a medir. Esta manguera es el único elemento del sistema en contacto con el agua. La tasa de flujo del gas, que pasa por la manguera, es suficientemente pequeña para prevenir que el agua ingrese. La presión requerida para forzar que el gas pase a través de la manguera es proporcional al nivel de agua.

c) Sensor de no contacto


Este tipo de sensor mide el nivel del agua de forma remota. El principio de medición puede darse de dos tipos: radárico y ultrasónico. El sensor emite una señal de forma perpendicular a la superficie del agua, usando la señal reflejada para medir la distancia. La distancia exacta entre el sensor y la superficie del agua es calculada por el procesador.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	31 de 58


Sensor Piezométrico	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor piezométrico esté emplazado en áreas de “no flujo”, ya que alteraciones en el flujo de agua pueden ocasionar variaciones de presión. b. Asegurar que el sensor piezométrico no esté emplazado en lugares donde el limo, barro o lodo puedan ocasionar problemas. c. Asegurar que el sensor piezométrico no esté emplazado en lugares donde el curso de agua pueda quedar congelado. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que la profundidad máxima a la cual se exponga el sensor piezométrico, nunca exceda el rango de presión del sensor; de lo contrario la lectura podría ser incorrecta y el sensor podría dañarse debido a un exceso de presión. b. Asegurar que el sensor piezométrico esté expuesto en posición vertical de lo contrario se puede producir un error de compensación.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	32 de 58

Sensor de Burbuja	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Instalar el sensor de burbuja en un lugar donde no se sacudirá o cambiará de posición durante la operación. b. Asegurar que la manguera del sensor de burbuja está emplazada de tal forma que no esté obstruida por obstrucción (pilar de puente, roca u otro). 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que la profundidad máxima a la cual se exponga el sensor de burbuja, nunca exceda el rango de presión del sensor, de lo contrario la lectura podría ser incorrecta y el sensor podría dañarse debido al exceso de presión. b. Asegurar que la manguera del sensor de burbuja esté expuesta en un área donde el flujo de agua se encuentre relativamente en calma comparado con los cambios de nivel real de modo que los últimos centímetros se encuentren en una posición casi horizontal. c. El orificio a la salida de la manguera del sensor de burbuja (por donde salen las burbujas) debe estar orientado de tal manera que tenga la misma dirección que el flujo del río.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	33 de 58

Sensor de no contacto	
Emplazamiento	Exposición
<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor de no contacto esté emplazado sobre un espacio con mínima vibración producto de una condición natural o antrópica que afecte la precisión de la medición durante las mediciones. b. Asegurar que el sensor de no contacto esté colocado lo suficientemente elevado del cuerpo de agua a medir, para evitar que éste sea sumergido y/o destruido por el impacto de palizadas u otros cuerpos que son transportados durante las crecidas. c. Asegurar que el trayecto del haz del sensor de no contacto esté libre de obstáculos como vigas, soportes u otros que provoquen cualquier tipo de interferencia en las mediciones. d. Elegir la sección proyectada en donde el agua se mantenga relativamente en calma. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Asegurar que el sensor de no contacto esté expuesto sobre un brazo metálico u otra estructura anclada a una estructura sólida. La longitud del brazo es la establecida por el fabricante o, de lo contrario, se puede optar por soluciones que le permita asegurar la correcta instalación del sensor. b. Asegurar que el haz del sensor de no contacto se dirija de manera perpendicular a la superficie del cuerpo de agua a medir.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	34 de 58

6.4.3.2.2. Precipitación Líquida

El registro automático de precipitación líquida es una valiosa variable en hidrología, por lo que es muy importante escoger cuidadosamente el emplazamiento y la forma de exposición del sensor con el objetivo de contar con el menor número de perturbaciones en la toma del dato. Las consideraciones mencionadas no necesariamente cumplen con el estándar de un sensor de precipitación líquida de una EMA.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	35 de 58

Precipitación Líquida	
Emplazamiento	Exposición
<p>a. Asegurar que el sensor este emplazado dentro o aledaño al área representativa de la evaluaciónhidrológica.</p> <p>b. Asegurar que la distancia horizontal del sensor de precipitación líquida con respecto a obstáculos, sea demayor a su altura. Se considera obstáculo a cualquier objeto que, al medir su anchura angular efectiva, ésta sea igual o superior a 10°, visto desde la boca del sensor (menor igual a 45°).</p>	<p>a. En el caso de emplear un recipiente abierto de lados verticales con diseño cilíndrico recto (vaso colector), debe ubicar el área colectora del sensor entre 1 a 1,5 m respecto al suelo.</p> <p>b. Asegurar que la base donde descansa el sensor de precipitación esté nivelada.</p> <p>c. Asegurar que el área de colección del sensor se mantenga intacto (sin deformaciones) y libres de obstáculos.</p>

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	36 de 58

6.4.4. Estación de Vigilancia Atmosférica (EVA)

Una EVA registra y transmite datos de por lo menos uno de las siguientes variables: material particulado menor a 10 micras (PM10), material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2), ozono (O3) o radiación solar ultravioleta (UV). Una EVA puede clasificarse en: EVAA y EVAM.

Cabe precisar, que en el caso de que la EVA monitoree cualquiera de las variables antes mencionadas (a excepción de la radiación solar ultravioleta), ésta deberá estar acompañada siempre de una EMA que registre las siguientes variables: temperatura del aire, humedad relativa, viento, precipitación y presión atmosférica. Por ende, una EVA puede estar conformada por una caseta o abrigo ambiental con equipos para aerosoles y/o gases reactivos acompañados de una EMA o puede estar conformada por un mástil, trípode o torre con equipos para radiación solar ultravioleta, así como también, una combinación de todas las variables indicadas (aerosoles, gases reactivos, variables meteorológicas y radiación solar ultravioleta).


Adicionalmente, se prevé que la estación este instalada y registre valores por lo menos durante un año completo.

6.4.4.1. Condiciones de Instalación

Se deberá considerar los siguientes lineamientos en la instalación de una EVAA y una EVAM:

6.4.4.1.1. Aerosoles, gases reactivos y variables meteorológicas

- a) Asegurar que el lugar donde esté instalada la caseta o abrigo ambiental se sitúe a una distancia considerable de árboles, edificios, muros u otros obstáculos fijos o temporales, con el objetivo de tomar una muestra representativa.
- b) Asegurar que la caseta o abrigo ambiental se encuentre cerrada herméticamente y cuente con un sistema de climatización interna operativa.
- c) Asegurar que la superficie sobre la cual se encuentra la caseta o abrigo ambiental sea plana (sin pendiente).
- d) Asegurar que la caseta o abrigo ambiental se encuentre en un área representativa de las condiciones meteorológicas y topográficas, dependiendo del enfoque de trabajo.
- e) Asegurar que el lugar donde esté instalada la caseta o

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	37 de 58


abrigo ambiental se encuentre fuera de la faja marginal de cualquier cuerpo de agua.

- f) Asegurar que la caseta o abrigo ambiental esté ubicado en un lugar seguro, reduciendo los efectos de daños producidos por vandalismo, robo, el ingreso de personas no autorizadas, entre otras. Para dicho fin, podrá hacer uso de cualquier método de seguridad que crea conveniente, por ejemplo, cerco o valla, cámaras, vigilantes, entre otros, siempre y cuando no altere las condiciones ambientales del entorno a monitorear.
- g) Garantizar la operatividad y fiabilidad de los equipos que se encuentran instalados en la caseta o abrigo ambiental, a través de la implementación de sistemas de comunicación y alimentación de energía eléctrica.
- h) Asegurar que la energía eléctrica que ingresa a la caseta o abrigo ambiental sea continua y tenga estabilidad de voltaje, por lo cual, deberá utilizar estabilizadores o equipos UPS (Unit Power Supply).
- i) Asegurar que el material de los cables de energía eléctrica usados en la caseta o abrigo ambiental sean vulcanizados y del número (calibre) adecuado en relación con la corriente eléctrica (Ampere).
- j) Asegurar que la caseta o abrigo ambiental cuente con un pozo a tierra. De ser necesario, se deberá instalar un pararrayo.
- k) Asegurar que los equipos para aerosoles o gases reactivos en el interior de la caseta o abrigo ambiental se encuentren sobre mesas o racks.
- l) Asegurar que el mástil, trípode o torre de la EMA sea estable y de un material resistente para soportar al instrumental meteorológico. Asimismo, debe asegurar que el diseño y composición de la estructura no interfiera o genere algún tipo de error en el monitoreo.

6.4.4.1.2. Radiación solar ultravioleta (UV)

Criterios para la instalación de una estación o sensor de radiación solar ultravioleta (UV):

- a) Asegurar que el instrumento de radiación UV se encuentre sobre una estructura estable, de soporte sólido y resistente a la intemperie (mástil, trípode o

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	38 de 58

torre). Asimismo, debe asegurar que el diseño y composición de la estructura no interfiera o genere algún tipo de error en el monitoreo.


- b) Asegurar que la superficie del mástil, trípode o torre donde se encuentra el instrumento de radiación solar UV sea plana.
- c) Asegurar que el mástil, trípode o torre que soporta al instrumento de radiación solar UV esté ubicada en una zona libre de obstáculos en la dirección este a oeste.
- d) Asegurar que el instrumento de radiación solar UV se encuentre alejado de objetos que reflejen o emitan luz y objetos que generen calor.
- e) Garantizar que el mástil, trípode o torre tenga las debidas consideraciones de protección a fin de evitar que sufra algún tipo de daño por vandalismo, robo, ingreso de personas no autorizadas, entre otras. Para dicho fin, podrá hacer uso de cualquier método de seguridad que crea conveniente, por ejemplo, cerco o valla, cámaras de seguridad, vigilantes, entre otros., siempre y cuando no altere las condiciones ambientales del entorno a monitorear.
- f) Garantizar la operatividad y fiabilidad de los datos generados por el instrumento de radiación solar UV, a través de la implementación de sistemas de comunicación y alimentación de energía eléctrica.

6.4.4.2. Condiciones de emplazamiento y exposición

El emplazamiento está referido a las diferentes condiciones que debe contar la zona geográfica donde está instalada la EVA. Asimismo, la exposición se refiere a cómo está dispuesto cada uno de los instrumentos en la caseta o abrigo ambiental, mástil, trípode o torre según corresponda. Se debe considerar los siguientes lineamientos para el emplazamiento y exposición:


6.4.4.2.1. Aerosoles y gases reactivos

- a) Asegurar que la altura del captador de muestra de los contaminantes del aire se encuentre en el rango de 1,5 a 15 m con respecto al suelo.
- b) Asegurar que la distancia horizontal entre el captador de muestra de contaminantes del aire y obstáculos (paredes, edificios, casas, cerros, materiales publicitarios, entre otros) sea mayor o igual a 2,5*H

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	39 de 58


metros (H = altura del obstáculo más cercano - altura del captador de muestra de contaminantes del aire).

- c) Asegurar que en el caso de que el captador de muestra de contaminantes del aire se localice en un techo, la distancia horizontal hacia paredes, parapetos o áticos será mayor a 2 m para el instrumental de PM10 y PM2.5. Para el caso del instrumental de CO, NO2, SO2 y O3 la distancia horizontal será mayor a 1 m.
- d) Asegurar que la altura del captador de muestra de contaminantes del aire con respecto al techo de la caseta o abrigo ambiental sea por lo menos 1.8 m para el instrumental de PM10 y PM2.5. Para el caso del instrumental de CO, NO2, SO2 y O3 la altura será por lo menos de 1 m.
- e) Asegurar que la distancia horizontal entre el captador de muestra y cualquier fuente de contaminación del aire cercana sea mayor o igual a 20 m. En el caso de actividades extractivas, productivas o de servicios ubicadas en zonas urbanas, se considera la misma distancia, pero tomando como referencia los linderos hacia el exterior.
- f) Asegurar que en caso la caseta o abrigo ambiental use energía eléctrica de un motor a combustión (grupo electrógeno), este se ubique a una distancia mínima de 50 m a sotavento.
- g) Asegurar que la distancia horizontal entre captadores de muestra de los instrumentos de contaminantes del aire que usen flujos mayores a 200 litros/minuto sea mayor o igual a 2 m, si estos usan flujos menores o iguales a 200 litros/minuto, la distancia deberá ser mayor o igual a 1 m.
- h) Asegurar que el ingreso de aire hacia la caseta o abrigo ambiental, no sea afectada por obstáculos. Se debe asegurar que el ingreso de aire sea en al menos 270° de los 360°.
- i) Asegurar que la distancia horizontal de la caseta o abrigo ambiental respecto a la copa de cualquier árbol (a la línea de goteo del árbol) sea mayor o igual a 20m).
- j) Asegurar que la distancia horizontal entre la EMA y la caseta o abrigo ambiental sea mínimo 1 m y máximo $2 \cdot H$ m (H = altura del obstáculo más cercano - altura

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	40 de 58


del captador de muestra de contaminantes del aire). Cabe precisar que, la distancia máxima será válida sólo si se mantiene la representatividad de las condiciones meteorológicas.

- k) Cuando la EVA se encuentre en una zona rural, las condiciones de instalación, emplazamiento y exposición de la EMA serán las descritas en el capítulo de estaciones meteorológicas automáticas (EMA). En el caso de que la EVA este ubicada en una zona urbana, se debe considerar los lineamientos indicados en el siguiente cuadro:

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	41 de 58


Condiciones de emplazamiento y exposición para el instrumental meteorológico

Temperatura del aire y humedad relativa	Viento	Precipitación	Presión atmosférica
<p>a. Asegurar que, en el caso de que el captador de muestra de contaminantes del aire se encuentre a 1,5 m del suelo, la altura del instrumental para temperatura y humedad será 2m con respecto al suelo.</p> <p>b. Asegurar que, en el caso de que el captador de muestra de contaminantes del aire se encuentre a 15 m o menos sobre el suelo, la altura máxima del instrumental será 1,5* L m (L= altura de la superficie sobre la cual está instalada la caseta o abrigo ambiental respecto al suelo).</p>	<p>a. Asegurar que la altura del instrumental este a 10 m con respecto al nivel sobre el cual está instalada la caseta o abrigo ambiental.</p>	<p>a. Asegurar que la altura del instrumental tenga de 1 a 1,5 m con respecto a la superficie de instalación de la caseta o abrigo ambiental.</p> <p>b. Asegurar que el instrumental tenga una posición horizontal.</p>	<p>a. Asegurar que el instrumental no reciba radiación directa.</p> <p>b. Asegurar que la altura del instrumental tenga de 1,5 a 2 m con respecto a la superficie de instalación de la caseta o abrigo ambiental.</p>

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	42 de 58

6.4.4.2.2. Radiación Ultravioleta

- a) Asegurar que el mástil, trípode o torre que soporta el instrumental de radiación solar UV esté ubicado en una zona representativa.
- b) Asegurar que la distancia horizontal entre el mástil, trípode o torre que soporta el instrumental de radiación solar UV y cualquier obstáculo (edificios, muros, árboles, cerros, entre otros) sea mayor o igual a $5 \cdot H$ m (H = altura del obstáculo más cercano).
- c) Asegurar que la altura mínima de instalación del instrumento de radiación solar UV sea 1,5 m con respecto al suelo.
- d) Asegurar que el instrumento de radiación solar UV esté alejado de cualquier objeto que irradie radiación. Se considera que un objeto es reflectante cuando su índice de albedo es superior a 0,5.
- e) Asegurar que el instrumento de radiación solar UV se encuentre fijado al mástil, trípode o torre mediante tornillos, clavijas de sujeción, orificios u otro que permita un acoplado estable.
- f) Asegurar que el instrumento de radiación solar UV se encuentre nivelado para lo cual deberá hacer uso de los tornillos de nivelación o emplear una herramienta con nivel de burbuja.
- g) Asegurar que los cables del instrumento de radiación solar UV estén adecuadamente protegidos y/o enterrados.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	43 de 58

6.5. REQUERIMIENTOS OPERACIONALES

6.5.1. Estación Meteorológica Automática (EMA)

Las EMAs están destinadas a medir y registrar regularmente diversas variables atmosféricas y derivadas de estas. Para establecer los requerimientos operacionales de rango y resolución de sensores se toman las recomendaciones de la OMM⁷ y del SENAMHI⁸, en el caso de exactitud se recogen los lineamientos tomados por la CIMO⁹, y, adicionalmente se considera la realidad nacional en materia de equipamiento.

Los requerimientos operacionales de sensores para el registro de variables meteorológicas se indican en las tablas: Tabla N°02 y Tabla N°03.

7 Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos OMM N° 8 2014, actualizado 2017.

8 Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas del SENAMHI. Resolución Presidencial Ejecutiva N° 0174 SENAMHI-PREJ OGOT/2013.

9 Final report expert team on standardization. Commision for instruments and methods of observation CIMO, 2012


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	44 de 58

Tabla N° 02: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas del sensor		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Temperatura del aire	Grado Celsius (°C)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura del aire instantánea. - Temperatura del aire máxima - Temperatura del aire mínima - Temperatura promedio del aire 	-40 a +50 °C	0,1 °C	0,3 °C
Humedad relativa	Grado porcentual (%)	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad relativa del aire instantánea - Humedad relativa del aire máxima - Humedad relativa del aire mínima - Humedad relativa promedio del aire 	1 a 100%	1%	3 %
Precipitación líquida	Milímetro(mm)	- Precipitación líquida Acumulada	0 a 500 mm	0,2 mm	0,2 mm para ≤ 4mm 5 % para > 4mm
	Milímetros por hora (mm/h)	- Intensidad Precipitación líquida	0,02 a 500 mm/h	0,2 mm/h	5% para > 2mm/h



	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	45 de 58

Tabla N° 03: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas de la medición		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Viento	Metro por segundo (m/s)	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad máxima del viento - Velocidad promedio del viento - Velocidad de ráfaga de viento 	0 a 50 m/s	0.5 m/s	0,5 m/s o 10%
	Grados sexagesimales (°)	<ul style="list-style-type: none"> - Dirección promedio del aire - Dirección máxima del aire - Dirección de Ráfaga de viento 	1 a 360°	1°	5°
Radiación solar global	Joule por metro cuadrado (j/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> - Radiación solar instantánea - Radiación solar acumulada 	0 a 1300 w/m2	1 j/m ² 1 W/m ²	5%
	Watts por metro cuadrado (W/m ²)				
Presión atmosférica	Hectopascal (hPa)	<ul style="list-style-type: none"> - Presión atmosférica instantánea - Presión atmosférica máxima - Presión atmosférica mínima 	550 a 1050 hPa	0,1 hPa	0,3 hPa

Notas:

- Para rango, resolución y exactitud de medición los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- En caso emplear pluviómetros con área de colección, estos estarán comprendida entre 200 y 500 cm². Para zonas desérticas se aceptará áreas de colección de 1000 cm², y para zonas lluviosas se aceptará áreas de colección de 100 cm².
- El rango de precipitación líquida acumulada puede verse ampliada dependiendo de la región.
- El rango de precipitación líquida acumulada puede verse ampliada dependiendo de la región.
- La resolución de precipitación líquida en una zona desértica será de 0,1 mm y en zonas lluviosas se acepta 0,3mm.
- Las mediciones de la magnitud del viento reúnen tanto velocidad como dirección.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	46 de 58

6.5.2. Estación Agrometeorológica Automática (EAMA)

La EAMA, además de considerar variables meteorológicas tales como temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y radiación solar; debe considerar por lo menos uno de estos sensores agrometeorológicos: temperatura del suelo, humedad del suelo o humedad de hoja. Se han considerado las recomendaciones de la Guía de Prácticas Agrometeorológicas (WMO-No. 134).

Los requerimientos operacionales de sensores para el registro de variables agrometeorológicas se indican en las tablas: Tabla N°04, Tabla N°05 y Tabla N°06.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	47 de 58

Tabla N°04: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Consideraciones técnicas de la medición		
		Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Temperatura del Suelo	Grados Celsius (°C)	-40 °C a 60 °C	0,1 °C	1°C
Humedad del Suelo	Contenido Volumétrico de Agua (%VWC)	0 a 100 %VWC	0,1 %VWC	3 % VWC
Humedad de hoja	Índice	0 a 15	1	0,5
	Grado porcentual (%)	0 a 100 %	1 %	5 %

Notas:

- Para rango, resolución y exactitud de medición los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- Dependiendo del tipo de suelo y el balance hídrico del entorno, el límite superior para el sensor de humedad de suelo puede ser de 70%.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	48 de 58

Tabla N° 05: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas del sensor		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Temperatura del aire	Grado Celsius (°C)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura del aire instantánea - Temperatura del aire máxima - Temperatura del aire mínima - Temperatura promedio del aire 	-40 a +50 °C	0,1 °C	0,3 °C
Humedad relativa	Grado porcentual (%)	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad relativa del aire instantánea - Humedad relativa del aire máxima - Humedad relativa del aire mínima - Humedad relativa promedio del aire 	1 a 100%	1%	3 %
Precipitación líquida	Milímetros (mm)	- Precipitación líquida Acumulada	0 a 500 mm	0,2 mm	0,2 mm para ≤ 4mm 5 % para > 4 mm
	Milímetros por hora (mm/h)	- Intensidad Precipitación líquida	0,02 a 500 mm/h	0,2 mm/h	5% para > 2 mm/h



	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	49 de 58

Tabla N° 06: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas de la medición		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Viento	Metro por segundo (m/s)	- Velocidad máxima del viento - Velocidad promedio del viento - Velocidad de ráfaga de viento	0 a 50 m/s	0.5 m/s	0.5 m/s o 10%
	Grados sexagesimales (°)	- Dirección promedio del aire - Dirección máxima del aire - Dirección de Ráfaga de viento	1 a 360°	1°	5°
Radiación solar global	Joule por metro cuadrado (j/m ²)	- Radiación solar instantánea - Radiación solar acumulada	0 a 1300 w/m ²	1 j/m ²	5%
	Watts por metro cuadrado (W/m ²)			1 W/m ²	
Presión atmosférica	Hectopascal (hPa)	- Presión atmosférica instantánea - Presión atmosférica máxima - Presión atmosférica mínima	550 a 1100 hPa	0,1 hPa	0,30 hPa

Notas:

- Para rango, resolución y exactitud de medición los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- En caso emplear pluviómetros con área de colección, estos estarán comprendida entre 200 y 500 cm². Para zonas desérticas se aceptará áreas de colección de 1000 cm², y para zonas lluviosas se aceptará áreas de colección de 100 cm².
- El rango de precipitación líquida acumulada puede verse ampliada dependiendo de la región.
- La resolución de precipitación líquida en una zona desértica será de 0.1 mm y en zonas lluviosas se acepta 0.3mm.
- Las mediciones de la magnitud del viento reúnen tanto velocidad como dirección

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	50 de 58

6.5.3. Estación Hidrológica Automática (EHA)

Una EHA es aquella estación que registra y transmite automáticamente las mediciones de las variables hidrológicas.

Una EHA mide principalmente el nivel de agua y las derivadas de éstas. Además, para fines de estudios hidrológicos, se considera adicionalmente la variable precipitación líquida.

Los requerimientos operacionales de sensores para el registro de variables hidrológicas se indican en la Tabla N°07.



 Senamhi <small>SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y HIDROLOGÍA DEL PERÚ</small>	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	51 de 58

Tabla N° 07: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Variables Derivadas	Tipo de sensor	Consideraciones técnicas del sensor		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Nivel de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de agua instantánea - Nivel de agua máxima - Nivel de agua mínima - Nivel de agua promedio 	- Piezométrico o Sumergible	0 a 20 m	0,01% de la escala total	1 cm a escala total
		- Sensor de burbuja	0 a 15 m 0 a 22 PSI	0,014 PSI	0,1% en todo el rango de medición
		- Sensor de no contacto	Límite inferior $\leq 1,5$ metros Límite superior ≥ 18 metros	1 mm	3 mm
Precipitación líquida	- Milímetros (mm)	- Precipitación líquida acumulada	0 a 500 mm	0,2 mm	0,2 mm para ≤ 4 mm 5 % para > 4 mm
	- Milímetros por hora (mm/h)	- Intensidad precipitación líquida	0,02 a 500 mm/h	0,2 mm/h	5% para > 2 mm/h

Notas:

- Para rango, resolución y exactitud de medición los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- El área de colección de los sensores de precipitación líquida, estará comprendida entre 200 y 500 cm². Para zonas desérticas se aceptará sensores con áreas de colección de 1000 cm², y para zonas lluviosas se aceptará sensores con áreas de colección de 100 cm².
- El rango de precipitación líquida acumulada puede verse ampliada dependiendo de la región.
- La resolución de precipitación líquida en una zona desértica será de 0.1 mm y en zonas lluviosas se acepta 0.3 mm.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	52 de 58

6.5.4. Estación de Vigilancia Atmosférica (EVA)

Las EVAA y EVAM están destinadas a medir y registrar variables que ayudan a determinar la composición química y física de la atmósfera.

Así mismo, en el literal I.3 “Monitoreo Meteorológico” del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire aprobado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019), se menciona que el monitoreo meteorológico es fundamental y necesario en todo monitoreo de la calidad ambiental del aire, por lo que es de carácter obligatorio.

Para establecer los requerimientos operacionales de cada uno de los instrumentos se toman las recomendaciones del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019) y de la Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial (OMS/OMM, 1976).

A continuación, se describen las principales características por parámetro de acuerdo a las siguientes tablas: Tabla N° 08, Tabla N° 09, Tabla N° 10, Tabla N° 11, Tabla N° 12, Tabla N° 13 y Tabla N° 14.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	53 de 58

Tabla N°08: Principales características por variable para los requerimientos operacionales del instrumental para los aerosoles en las EVAA

Parámetro	Unidades	Tipo de medición	Consideraciones técnicas de la medición			
			Flujo*	Temperatura *	Presión *	Verificación másica *
PM ₁₀ PM _{2.5}	µg/m ³	Atenuación de rayos beta	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 5,1%
		Microbalanza oscilatoria de elementos cónicos	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 2,5%
		Dispersión de la luz	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 5,1%

* Se basará principalmente en la norma técnica del método de monitoreo y/o manual del fabricante.

Tabla N°09: Principales características por variable para los requerimientos operacionales del instrumental para gases reactivos en las EVAA

Parámetro	Unidades	Tipo de medición	Consideraciones técnicas de la medición				
			Flujo*	Temperatura*	Presión*	Aire cero*	Concentración conocida/span*
CO	ppm	Infrarrojo no dispersivo	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 3%	+/- 2,1%
O ₃	ppm	Fotometría de absorción ultravioleta	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 3%	+/- 2,1%
SO ₂	ppm	Fluorescencia ultravioleta	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 3%	+/- 2,1%
NO ₂	ppm	Quimioluminiscencia	+/- 4,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa	+/- 3%	+/- 2,1%

* Se basará principalmente en la norma técnica del método de monitoreo y/o manual del fabricante.


	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	54 de 58

Tabla N°10: Principales características por variable para los requerimientos operacionales del instrumental para aerosoles de las EVAM


Parámetro	Unidades	Tipo de medición	Consideraciones técnicas de la medición			
			Flujo (bajo volumen)*	Flujo (alto volumen)*	Temperatura*	Presión*
PM₁₀ PM_{2.5}	µg/m ³	Separación inercial/Filtración (Gravimetría)	+/- 2,1%	+/- 7,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa

*Se basará principalmente en la norma técnica del método de monitoreo y/o manual del fabricante.

Tabla N°11: Principales características por variable para los requerimientos operacionales del instrumental para gases reactivos de las EVAM

Parámetro	Unidades	Tipo de medición	Consideraciones técnicas de la medición			
			Flujo (bajo volumen)*	Flujo (alto volumen)*	Temperatura*	Presión*
CO	Ppm	De acuerdo a lo establecido por el MINAM	+/- 2,1%	+/- 7,1%	+/- 2,1°C	+/- 13,4 hPa
O3	Ppm	Quimioluminiscencia	+/- 2.1%	+/- 7.1%	+/- 2.1°C	+/- 13.4 hPa
SO2	Ppm	Pararosanilina	+/- 2.1%	+/- 7.1%	+/- 2.1°C	+/- 13.4 hPa
NO2	Ppm	Cavidad por Atenuación de Desplazamiento de Fase (CAPS)	+/- 2.1%	+/- 7.1%	+/- 2.1°C	+/- 13.4 hPa
		Griess-Saltzman	+/- 2.1%	+/- 7.1%	+/- 2.1°C	+/- 13.4 hPa
		Arsenito de sodio (únicamente aplicable a muestras de 24 horas)	+/- 2.1%	+/- 7.1%	+/- 2.1°C	+/- 13.4 hPa

*Se basará principalmente en la norma técnica del método de monitoreo y/o manual del fabricante.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	55 de 58

6.5.4.1. Sensores meteorológicos

Tabla N°12: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas del sensor		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Temperatura del aire	Grado Celsius (°C)	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura del aire instantánea - Temperatura del aire máxima - Temperatura del aire mínima - Temperatura promedio del aire 	-40 a + 50 °C	0,1 °C	0,3 °C
Humedad relativa	Grado porcentual (%)	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad relativa del aire instantánea - Humedad relativa del aire máxima - Humedad relativa del aire mínima - Humedad relativa promedio del aire 	1 a 100%	1%	3 %
Precipitación líquida	Milímetros (mm)	- Precipitación líquida acumulada	0 a 500 mm	0,2 mm	0,2 mm para ≤ 4 mm 5 % para > 4 mm
	Milímetros por hora (mm/h)	- Intensidad precipitación líquida	0,02 a 500 mm/h	0,2 mm/h	5% para > 2 mm/h



	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	56 de 58

Tabla N° 13: Principales características por Variable para los Requerimientos Operacionales

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas de la medición		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Viento	Metro por segundo (m/s)	- Velocidad máxima del viento - Velocidad promedio del viento - Velocidad de ráfaga de viento	0 a 50 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s o 10%
	Grados sexagesimales (°)	- Dirección promedio del aire - Dirección máxima del aire - Dirección de Ráfaga de viento	1 a 360°	1°	5°
Presión atmosférica	Hectopascal (hPa)	- Presión atmosférica instantánea - Presión atmosférica máxima - Presión atmosférica mínima	550 a 1050 hPa	0,1 hPa	0,30 hPa

Nota

- El área de colección de los sensores de precipitación líquida estará comprendida entre 200 y 500 cm². Para zonas desérticas se aceptará sensores con áreas de colección de 1000 cm², y para zonas lluviosas se aceptará sensores con áreas de colección de 100 cm².
- Para rango, resolución y exactitud de medición los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- Para resolución e incertidumbre los valores deben ser igual o mejor a lo establecido en tablas.
- El rango de precipitación líquida acumulada puede verse ampliada dependiendo de la región.
- La resolución de precipitación líquida en una zona desértica será de 0,1 mm y en zonas lluviosas se acepta 0,3 mm.
- Las mediciones de la magnitud del viento reúnen tanto velocidad como dirección.

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	57 de 58


6.5.4.2. Sensores de radiación solar ultravioleta

Tabla N°14. Principales características operacionales del instrumental para radiación solar ultravioleta (UV) en las EVAA

Variable	Unidades	Variables Derivadas	Consideraciones técnicas del sensor		
			Rango	Resolución de medición	Exactitud de medición
Radiación solar Ultravioleta	- W/m ² - MED's	- Índice UV - UV-A - UV-B - UV-E	315-400 nm (UV-A) 280-315 nm (UV-B) 100 - 280 nm (UV-C) 100-400 nm (UV-E)	<1 nm	+/- 5% del total, diario

Nota:

- MEDS: Dosis de Eritema
- nm: nanómetro

	MANUAL TÉCNICO	Código	MT-DRD-001
	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES	Versión	02
		Página	58 de 58

7. TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS

Versión	Detalle de los cambios
01	Versión Inicial
02	<p>Se actualiza los siguientes requerimientos mínimos</p> <ul style="list-style-type: none"> • El rango de humedad relativa se cambia de: 0 a 100% por 1 a 100%. • El rango de dirección de viento se cambia de: 0° a 360° por 1 a 360°. • El rango de presión atmosférica se cambia de: 500 a 1050 hPa por 550 a 1050 hPa. • El rango de temperatura de suelo se cambia de: -40 °C a 70 °C por -40 °C a 60 °C.