



# **CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI**

**Manual Técnico: MT-DRD-005**

**Versión: 01**

## **SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN DE DATOS – DIRECCIÓN DE REDES DE OBSERVACIÓN Y DATOS**

<b>Elaborado por:</b>	<b>Firma:</b>
<p>Angel Sebastian Maco Condezo Analista de Variables Ambientales Subdirección de Gestión de Datos</p>	
<p>Elvis Anthony Medina Dionicio Analista de Modelamiento de Contaminantes del Aire Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico</p>	
<p>Nataly Pilar Aliaga Granados Analista en Hidrometeorología Subdirección de Gestión de Datos</p>	
<p>Andrea Jorge Limaymanta Analista Básico en Control de Calidad de Datos Subdirección de Gestión de Datos</p>	
<p>Luis Edilberto Vera Hernández Especialista de Gestión de Datos Subdirección de Gestión de Datos</p>	
<p>Jhojan Pool Rojas Quincho Subdirector Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico</p>	
<p>Vannia Jaqueline Aliaga Nestares Subdirectora Subdirección de Gestión de Datos</p>	

<b>Revisado por:</b>  Sonia del Carmen Huamán Lozano Directora Unidad de Modernización y Gestión de la Calidad  Laiter Luis García Tueros Director Oficina de Asesoría Jurídica	<b>Firma:</b>
<b>Aprobado por:</b>  Félix Augusto Icochea Iriarte Director Dirección de Redes de Observación y Datos	<b>Firma:</b>

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	3 de 12

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	OBJETIVO.....	5
3.	ALCANCE.....	5
4.	BASE LEGAL.....	5
5.	DEFINICIONES Y SIGLAS.....	5
6.	DESARROLLO.....	5
6.1	Procedimiento automático de control de calidad de datos.....	5
6.2	Codificación de variables, categorías y reglas.....	6
6.2.1	Variables, nomenclatura y unidades.....	6
6.2.2	Sistema de decodificación de banderines/marcas (flags).....	6
6.3	Preprocesamiento de datos de calidad de aire.....	7
6.4	Descripción de los controles automático de calidad para PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> y CO.....	7
6.4.1	Verificación de los rangos de operación del equipo.....	7
6.4.2	Consistencia temporal.....	8
6.4.3	Consistencia Interna.....	8
6.5	Descripción detallada del control de calidad de datos.....	8
6.5.1	Verificación de los rangos de operación del equipo.....	8
6.5.2	Consistencia temporal.....	11
6.5.3	Consistencia Interna.....	11
7.	TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS.....	12
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	4 de 12

## 1. INTRODUCCIÓN

Para la prestación de servicios climáticos de cualquier tipo a la sociedad, se requiere la disponibilidad de datos socioeconómicos, biológicos y complementarios, y de datos medioambientales, dentro de los cuales los datos meteorológicos, hidrológicos, ambiental atmosféricos y climáticos son fundamentales para integrarse con eficacia en el desarrollo y oferta de apropiados servicios de información a la comunidad para la toma de decisiones a todo nivel.

La Dirección de Redes de Observación y Datos (DRD) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, a través de la Subdirección de Gestión de Datos (SGD) tiene como función principal administrar toda la información meteorológica, hidrológica, agrometeorológica y ambiental atmosférica generada por la red observacional a nivel nacional, la cual constituye la materia prima de los diversos productos y servicios que brinda el SENAMHI a la comunidad, que además pasa a ser parte del patrimonio institucional, nacional y mundial.

Los datos que genera la red observacional deben organizarse en una base de datos que los almacene, agilice la catalogación y la elaboración de inventarios para facilitar el procesamiento de los datos y consultas; con el objetivo de contar con una base de datos confiable y de calidad, es imprescindible que sean sometidos a controles de calidad que permitan detectar los datos no conformes o erróneos que podrían ser originados por problemas en las fuentes de su generación, perturbaciones o durante el proceso de transmisión y recepción de los mismos.

El control de calidad para los datos medidos por las estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire debe seguir un proceso de evaluación, verificación mediante una serie de pruebas comparativas, que permitan detectar, categorizar, analizar y depurar los datos inconsistentes. Para ello, el instrumento de gestión orientado a dar confiabilidad a estos datos es el **Manual Técnico de Control de Calidad Automático de Datos de estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire en el centro de procesamiento de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI**, el mismo que contribuye para contar con una base de datos confiable, con la debida calidad y la oportunidad requerida.

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	5 de 12

## 2. OBJETIVO

Establecer la metodología para el control de calidad de los datos provenientes de estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire, a partir de la información descargada de dichos equipos, con la finalidad de minimizar el número de datos erróneos o dudosos, y contar con información oportuna y de buena calidad.

## 3. ALCANCE

El presente manual es de estricto uso y cumplimiento en el centro de procesamiento de datos del SENAMHI para toda acción relacionada a control de calidad de los datos provenientes de las estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire, para las siguientes variables: Material Particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), Material Particulado menor a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) y Monóxido de Carbono (CO).

## 4. BASE LEGAL

- 4.1 Ley N° 24031, Ley del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, y su modificatoria.
- 4.2 Decreto Supremo N° 003-2016-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.
- 4.3 Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- 4.4 Manual Técnico Control de calidad automático de datos de estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas en el centro de procesamiento de datos del SENAMHI (MT-DRD-002-SENAMHI).

## 5. DEFINICIONES Y SIGLAS

- 5.1 OMM : Organización Meteorológica Mundial
- 5.2 SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

## 6. DESARROLLO

### 6.1 Procedimiento automático de control de calidad de datos

Según la OMM (2017), el control de calidad de los datos “es el componente más conocido de los sistemas de gestión de calidad. Consiste en el examen de los datos en estaciones y en centros de datos con el fin de detectar errores”.

En el centro de procesamiento de datos del SENAMHI, los datos provenientes de las estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire son sometidos a las pruebas que se presentan en la Figura N° 1, las cuales se encuentran automatizadas y tienen como objetivo etiquetar los datos de acuerdo al sistema de codificación que maneja la institución.

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	6 de 12

**Figura N° 1:**

Pruebas de Control de Calidad de los datos del monitoreo de la calidad del aire en el centro de procesamiento de datos del SENAMHI



## 6.2 Codificación de variables, categorías y reglas

### 6.2.1 Variables, nomenclatura y unidades

Las variables consideradas son: concentración de material particulado menor a 10 micras, material particulado menor a 2.5 micras, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono, medidas en frecuencia horaria.

A continuación, en la Tabla N° 1, se detalla el tipo de variable, la nomenclatura considerada, frecuencia de medición y método de referencia.

**Tabla N° 1.** Variables medidas por estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire del SENAMHI

Variable	Nomenclatura	Unidad	Frecuencia de medición	Método de monitoreo por su exactitud	Método de Análisis
Material particulado menor a 10 micras	PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Horaria	Equivalente	Dispersión de la Luz
Material particulado menor a 2.5 micras	PM <sub>2.5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Horaria	Equivalente	Dispersión de la Luz
Material particulado menor a 2.5 micras	PM <sub>2.5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Horaria	Equivalente	Atenuación Rayos Beta
Monóxido de carbono	CO	ppm	Horaria	Referencia	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ppb	Horaria	Referencia	Quimioluminiscencia
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	ppb	Horaria	Referencia	Fluorescencia Ultravioleta
Ozono	O <sub>3</sub>	ppb	Horaria	Referencia	Fotometría de absorción ultravioleta

### 6.2.2 Sistema de decodificación de banderines/marcas (flags)

Se consideran cinco (5) banderines/marcas (flags) que indican que los datos han sido controlados automáticamente y calificados, o no; dichos banderines/marcas se detallan en la Tabla N° 2.

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	7 de 12

**Tabla N° 2.** Banderines asignados durante el control de calidad de datos

Banderín (Flag)	Clasificación	Descripción
<b>C</b>	Conforme	El dato cumple todas las reglas consideradas.
<b>D</b>	Dudoso	El dato no cumple una o varias de las reglas consideradas.
<b>M</b>	Malo	El dato, cuyos parámetros de operatividad se registraron fuera de los rangos de operación del equipo
<b>ND</b>	No dato	Dato faltante
<b>SC</b>	Sin Control	Dato que no ha sido sometido a ningún control de calidad

### 6.3 Preprocesamiento de datos de calidad de aire

Esta etapa tiene como finalidad dar un formato adecuado a los datos crudos (datos recepcionados de las estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire) para la aplicación de los criterios de control de calidad de los datos de calidad de aire.

Las consideraciones para el preprocesamiento de datos medidos por las estaciones de monitoreo automático de la calidad del aire del SENAMHI, son las siguientes:

- Descargar la información y ordenarla en tablas, considerando columnas de fecha (día, mes, año y hora), variable y parámetros de operatividad del equipo.
- Se deben eliminar aquellos símbolos o caracteres que no son considerados como alfanuméricos, a excepción del punto decimal; guión para la separación entre días y meses, meses y años al redactar la fecha; dos puntos para la separación de hora y minuto, minuto y segundo al redactar la hora.
- Revisar la presencia de algún símbolo extra, como “.” o “,” en los valores numéricos.
- Como resultado de los criterios mencionados, solo se debe contar con fechas, valores de las variables y parámetros de operatividad del equipo coherentes. Cabe mencionar que, cuando falta datos el valor asignado es: NA<sup>1</sup>.
- Las fechas y horas faltantes deberán ser completadas para el periodo que se esté evaluando, asignado NA a los campos de las variables.

### 6.4 Descripción de los controles automático de calidad para PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO

#### 6.4.1 Verificación de los rangos de operación del equipo

En esta parte del proceso, se verifica, de acuerdo al manual de cada equipo, que el status del mismo se encuentre siempre en “normal” o su equivalente (MINAM, 2019).

Según la CCME (2019), como parte de la validación, se debe incluir la consideración los límites operacionales específicos del instrumento que pueda invalidar los datos. Estas especificaciones pueden encontrarse en el manual del fabricante.

<sup>1</sup> No disponibles (NA, por sus siglas en inglés), es utilizado para completar datos faltantes.

Al utilizar NA como dato de una variable, para una fecha específica, se le debe acompañar por el banderín ND.

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	8 de 12

#### **6.4.2 Consistencia temporal**

Verifica las variaciones en los datos en el tiempo (detección de cambios bruscos o saltos no realistas en los valores) y detectan la presencia de saltos o picos inusuales en las series de datos recientes. Dentro de esta prueba se encuentran dos subcategorías (SENAMHI, 2021):

##### **6.4.2.1 Variabilidad máxima permitida**

Establece un límite de comparación máxima permitida entre dos valores de concentraciones consecutivas, para cada variable.

##### **6.4.2.2 Prueba de persistencia**

Establecer un límite para detectar si entre los datos consecutivos ocurre repetición de valores de concentraciones, para cada variable.

#### **6.4.3 Consistencia Interna**

Establece un límite al comparar dos o más variables de una misma estación y para un mismo periodo de medición. Dicha comparación puede ser mediante operaciones aritméticas o comparación directa entre los valores de diferentes variables (igualdad, mayor o menor).

### **6.5 Descripción detallada del control de calidad de datos**

#### **6.5.1 Verificación de los rangos de operación del equipo**

Se consideran datos malos, a los valores de concentraciones que fueron medidos fuera de los límites superiores e inferiores fijados en el equipo de medición (INECC, 2010).

En el caso de cumplir con todos los aspectos técnicos referidos a la instalación, calibración, operación y mantenimiento de cada equipo (MINAM, 2019), se considerarán como datos conformes. Dentro de lo mencionado, se incluye el cumplimiento de los rangos de operación especificados en cada equipo.

A continuación, se detallan algunos rangos de operación de equipos de medición de concentraciones de contaminantes atmosféricos con los que cuenta el SENAMHI:

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	9 de 12

**Tabla N° 3.** Rangos de operación del equipo de medición de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> – GRIMM EDM 180

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición de resolución de masa de PM <sub>10</sub>	0 - 10 000 (PM <sub>10</sub> )	µg/m <sup>3</sup>
2	Rango de medición de resolución de masa de PM <sub>2.5</sub>	0 - 6000 (PM <sub>2.5</sub> )	µg/m <sup>3</sup>
3	Tasa de flujo para muestra	1.2 +/- 3%	L/min
4	Tasa de flujo para lavado interno	0.3 - 0.5	lt/min
5	Fuente de alimentación	230/50 115/60 (opcional)	V/Hz
6	Consumo de energía	18 (estándar) 104 (con secador Nafion) 116 (máximo)	W
7	Temperatura del ambiente (funcionamiento)	14702	°C
8	Temperatura del ambiente (transporte y almacenamiento)	-20 - 50	°C
9	Temperatura del aire de muestra	-20 - 60	°C
10	Humedad relativa	< 95	%
11	Presión del aire de muestreo	0 - 30	mbar
12	Presión absoluta	900 - 1100	mbar

**Tabla N° 4.** Rangos de operación del equipo de medición de PM<sub>2.5</sub> –THERMO 5014i

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición	>0 - 500	µg/m <sup>3</sup>
2	Caudal del flujo de muestra	16.2 - 17.1	lt
3	Presión del flujo de muestra	-45	lt
4	Temperatura del flujo de muestra	25 - 35	°C
5	Humedad relativa del flujo de muestra	0 - 100	%
6	Temperatura del ambiente	15 - 35	°C
7	Humedad relativa del ambiente	0 - 100	%
8	Presión barométrica	<=760	mmHg
9	Presión de vacío	0 - 250	µg/m <sup>3</sup>
10	Conteo de movimientos del filtro de cinta	<650	-

**Tabla N° 5.** Rangos de operación del equipo de medición de NO<sub>2</sub> – TELEDYNE T200

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición de NOx	>0 - 337	ppb
2	Rango de medición de NO	>0 - 285	ppb
3	Rango de medición de NO <sub>2</sub>	>0 - 130	ppb
4	Estabilidad de concentración de NOx	<=2	-
5	Caudal de gas de muestra en la celda de reacción	450 – 550	cm <sup>3</sup> /min
6	Caudal de gas O <sub>3</sub> en la celda de reacción	65 – 95	cm <sup>3</sup> /min
7	La salida sin procesar de la señal del PMT	<-20 – 150	mV-ppb
8	Lectura de PMT normalizada para temperatura, presión, desplazamiento cero automático, pero no rango	0 - 100	mV-ppb
9	Desplazamiento cero automático	<-20 - 150	mV
10	Salida de fuente de alimentación de alto voltaje.	400 - 900	mV
11	Temperatura de la celda de reacción	49 - 51	°C
12	La temperatura dentro del chasis del analizador	20 - 32	°C
13	Temperatura de PMT	5 – 9	°C
14	La temperatura del convertidor de NO <sub>2</sub> a NO del analizador	310 - 320	°C
15	Presión de la celda de reacción	2 – 10	pulgHg
16	Presión de gas de muestra	19.7 – 29	pulgHg

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	10 de 12

**Tabla N° 6.** Rangos de operación del equipo de medición de SO<sub>2</sub> – TELEDYNE T100

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición	>0 – 110	ppb
2	Estabilidad de concentración	<=1	-
3	Presión de gas de muestra	17.2 - 29	IN-HG-A
4	El caudal del gas de muestra	585 - 715	cc/min
5	Señal de salidad del detector de PMT	<-20 - 150	mV
6	Señal normalizada del PMT	0 - 5000	mV
7	Señal del detector de UV	1000 - 4900	mV
8	Relación de la lectura actual de la lámpara UV entre la lectura calibrada.	30 – 120	%
9	Compensación por pérdida de luz	=<100	ppb
10	Desplazamiento oscuro del PMT	-30	mV
11	Desplazamiento oscuro de la lámpara UV	-250	mV
12	Pendiente de la medición	0.7 – 1.3	-

**Tabla N° 7.** Rangos de operación del equipo de medición O<sub>3</sub> – TELEDYNE T400

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición	>0 - 80	ppb
2	Estabilidad de concentración	<=1	-
3	Lectura de la medida del detector fotómetro	2000 - 4500	mv
4	Lectura de referencia del detector fotómetro.	2000 - 4500	Mv
5	Presión de gas de muestra	24.0 - 29.9	pulgHg
6	El caudal del gas de muestra	720 - 880	cc/min
7	Temperatura del gas de muestra	28 - 45	°C
8	Temperatura de la lampara de UV	57 - 59	-
9	Temperatura interna del chasis del analizador.	20 - 28	°C
10	La pendiente de la medición	>0 - 1.15	-
11	La compensación de la medición	-200	-

**Tabla N° 8.** Rangos de operación del equipo de medición CO – TELEDYNE T300

N°	Parámetro de operación	Rango de operación	Unidad
1	Rango de medición	0 - 42	ppm
2	Estabilidad de concentración	<1 (aire zero)	ppm
3	Lectura de la medida del detector	2500 - 4800	mV
4	Lectura de la referencia del detector	2500 - 4800	mV
5	Relación de la lectura de medida y de referencia del detector	1.1 - 1.3	-
6	Presión del gas de muestra	19.7 - 29	pulgHg
7	Caudal del gas de muestra	1440 - 2160	cm <sup>3</sup> /min
8	Temperatura del gas de muestra	15 - 35	°C
9	Temperatura del banco óptico	46 - 50	°C
10	Temperatura de la rueda de correlación del filtro de gas	54 - 58	°C
11	Temperatura dentro del chasis del analizador	22 - 32	°C
12	Voltaje de accionamiento que se suministra a los enfriadores termoeléctricos del fotodetector IR	<=4800	mV
13	Pendiente de CO para el rango actual, calculado durante la calibración de cero	0.7 - 1.3	-
14	Compensación de CO para el rango actual, calculado durante la calibración de cero	-1	ppm

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	11 de 12

## 6.5.2 Consistencia temporal

### 6.5.2.1 Variabilidad máxima permitida

Para las variables  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , la diferencia entre 2 datos horarios consecutivos debe encontrar entre  $[-0.5, 0.5]$ .

Variable (VAR)	Condición	Etiqueta
Material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ) Material particulado menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ )	Si $-0.5 \leq [PM_{10}]_h - [PM_{10}]_{h-1} \leq 0.5$ $-0.5 \leq [PM_{2.5}]_h - [PM_{2.5}]_{h-1} \leq 0.5$	$[PM_{10}]_h < \text{"C"}$ $[PM_{2.5}]_h < \text{"C"}$
	Si $[VAR]_h - [VAR]_{h-1} < -0.5$ o $[VAR]_h - [VAR]_{h-1} > 0.5$	$[VAR]_h < \text{"D"}$

Donde: h = hora del dato

### 6.5.2.2 Prueba de persistencia

Para los datos de concentraciones, si el dato horario tiene el mismo valor que los datos registrados en las dos horas anteriores consecutivas, se marcará el dato que está siendo evaluado como dudoso (MINAM, 2019).

Variable (VAR)	Condición	Etiqueta
Material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ) Material particulado menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ )	Si $[VAR]_h \neq [VAR]_{h-1} \neq [VAR]_{h-2}$	$[PM_{10}]_h < \text{"C"}$
Monóxido de carbono (CO) Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) Dióxido de azufre ( $SO_2$ ) Ozono ( $O_3$ )	Si $[VAR]_h = [VAR]_{h-1} = [VAR]_{h-2}$	$[PM_{10}]_h < \text{"D"}$

Donde: h = hora del dato

## 6.5.3 Consistencia Interna

- a) Para un mismo periodo de monitoreo, la razón (relación geométrica) del  $PM_{2.5}$  entre  $PM_{10}$  debe ser menor o igual a 1 (MINAM, 2019).

Variable (VAR)	Condición	Etiqueta
Material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ) Material particulado menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ )	Si $\frac{[PM_{2.5}]_h}{[PM_{10}]_h} \leq 1$	$[PM_{10}]_h < \text{"C"}$ $[PM_{2.5}]_h < \text{"C"}$
	Si $\frac{[PM_{2.5}]_h}{[PM_{10}]_h} > 1$	$[PM_{10}]_h < \text{"D"}$ $[PM_{2.5}]_h < \text{"D"}$

Donde: h = hora del dato

- b) Para concentraciones de  $NO_2$  medidos por quimioluminiscencia, la suma de  $NO$  y  $NO_2$  dividida entre  $NO_x$  se debe encontrar entre  $[0.9, 1.1]$  (MINAM, 2019).

Variable (VAR)	Condición	Etiqueta
Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )	Si $0.9 \leq \frac{[NO_2]_h + [NO]_h}{[NO_x]_h} \leq 1.1$	$[NO_2]_h < \text{"C"}$
	Si $\frac{[NO_2]_h + [NO]_h}{[NO_x]_h} < 0.9$ o $\frac{[NO_2]_h + [NO]_h}{[NO_x]_h} > 1.1$	$[NO_2]_h < \text{"D"}$

Donde: h = hora del dato

	<b>MANUAL TÉCNICO</b>	<b>Código</b>	MT-DRD-005
	<b>CONTROL DE CALIDAD AUTOMÁTICO DE DATOS DE ESTACIONES DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Página</b>	12 de 12

## 7. TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS

Versión	Detalle de cambios
01	Versión inicial

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). 2021. Control de calidad automático de datos de estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas en el centro de procesamiento de datos del SENAMHI. Manual Técnico: MT-DRD-002-SENAMHI.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2019. Protocolo Nacional de monitoreo de calidad ambiental del aire.
- Canadian Council of Minister of the Environment (CCME). 2019. Ambient air monitoring and quality assurance/quality control guidelines.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2017. Guía del Sistema Mundial de Observación. OMM N° 488, Suiza.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2010. Manual 5 Protocolo de Manejo de Datos de la Calidad del Aire, México.