



CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS AUTOMÁTICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI


Manual Técnico: MT-DRD-002

Versión: 02

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


| Elaborado por: | Firma: |
|---|---------------|
| Luis Vera Hernández Especialista de Gestión de Datos Subdirección de Gestión de Datos | |
| Nataly Aliaga Granados Analista en Hidrometeorología Subdirección de Gestión de Datos | |
| Angel Maco Condezo Analista de Variables Ambientales Subdirección de Gestión de Datos | |
| Andrea Jorge Limaymanta Analista Básico en Control de Calidad de Datos Subdirección de Gestión de Datos | |
| Vannia Jaqueline Aliaga Nestares Subdirectora Subdirección de Gestión de Datos | |

| | |
|---|----------------------|
| <p>Revisado por:</p> <p>Sonia del Carmen Huamán Lozano Directora Unidad de Modernización y Gestión de la Calidad</p> <p>Treisy Ludith León Cox Directora(e) Oficina de Asesoría Jurídica</p> | <p>Firma:</p> |
| <p>Aprobado por:</p> <p>Félix Augusto Icochea Iriarte Director Dirección de Redes de Observación y Datos Dueño del Proceso</p> | <p>Firma:</p> |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 3 de 30 |

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 2. | OBJETIVO..... | 5 |
| 3. | ALCANCE..... | 5 |
| 4. | BASE LEGAL..... | 5 |
| 5. | DEFINICIONES Y SIGLAS..... | 5 |
| 6. | DESARROLLO..... | 6 |
| 6.1 | Características del Control de Calidad en el SENAMHI..... | 7 |
| 6.2 | Codificación de variables, categorías y reglas..... | 8 |
| 6.2.1 | Variables, nomenclatura y unidades..... | 8 |
| 6.2.2 | Sistema de codificación de banderines/marcas (flags)..... | 8 |
| 6.2.3 | Descripción de los controles de calidad..... | 8 |
| 6.2.4 | Nivel I: Control de calidad automático..... | 8 |
| 6.2.5 | Nivel II: Control de calidad manual..... | 10 |
| 6.3 | Descripción detallada del Control de Calidad de Datos..... | 10 |
| 6.3.1 | Validación por límites..... | 10 |
| 6.3.2 | Validación por consistencia temporal..... | 14 |
| 7. | TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS..... | 25 |
| 8. | ANEXOS..... | 25 |
| 9. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 29 |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 4 de 30 |


1. INTRODUCCIÓN

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

En la medida en que los datos son generados por la red observacional, deben organizarse en una base de datos que los almacene, agilice la catalogación y la elaboración de inventarios para facilitar su procesamiento, así como las consultas y solicitudes, y que, sobre todo, constituyan una base de datos confiable y de calidad, para ello, 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 de las estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas debe seguir un proceso de evaluación y verificación mediante una serie de pruebas comparativas, estadísticas y otras, que permiten detectar, depurar, aislar datos inconsistentes, y cuando sea posible restituir los valores correctos de aquellos datos defectuosos. Para ello, el instrumento de gestión orientado a dar confiabilidad a estos datos es el **Manual Técnico de Control de Calidad de Datos de estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas en el Centro de Procesamiento de Datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI**, el mismo que contribuye a contar con una base de datos confiable, de calidad y en la oportunidad requerida.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 5 de 30 |

2. OBJETIVO

Establecer y determinar la metodología para el control de calidad que se aplica a los datos meteorológicos e hidrológicos provenientes de las estaciones automáticas, a partir de su ingreso en el Centro de Procesamiento de Datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, a fin de contar con datos oportunos y de buena calidad en la base de datos institucional.

3. ALCANCE


El ámbito de aplicación del presente Manual Técnico es de uso obligatorio para toda acción relacionada al control de calidad de datos en el Centro de Procesamiento de Datos del SENAMHI provenientes de las estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas a nivel nacional. Para el presente Manual, las variables consideradas son: temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, nivel de agua, dirección, velocidad del viento, presión atmosférica del aire y radiación solar.

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.

5. DEFINICIONES Y SIGLAS


- 5.1. OMM : Organización Meteorológica Mundial
- 5.2. EMA : Estación Meteorológica Automática
- 5.3. EHA : Estación Hidrológica Automática
- 5.4. Control de calidad en tiempo real: Consiste en el examen de los datos en el Centro de Procesamiento de Datos con el fin de detectar errores en forma automática.
- 5.5. Control de calidad en tiempo diferido: Consiste en el examen de los datos en el Centro de Procesamiento en tiempo diferido de datos con el fin de evaluar las inconsistencias en forma manual, detectadas en el proceso automático.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 6 de 30 |

6. DESARROLLO

La OMM, como entidad mundial especializada, ha desarrollado documentos que aportan lineamientos para la organización de los sistemas de observación, telecomunicación y procesamiento de datos en los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales, como los que se listan a continuación, los mismos que son referencias importantes para el presente documento:

- ✓ Manual del Sistema Mundial de Observación, Volumen I - Aspectos mundiales (Anexo V del Reglamento Técnico de la OMM), Parte V. (OMM- N° 544), 2015.
- ✓ Manual del Sistema Mundial de Procesamiento de Datos y de Predicción. Volumen I - Aspectos mundiales (Anexo IV del Reglamento Técnico de la OMM), Parte II. (OMM- N° 485), Edic. 2010, Actualización 2012.
- ✓ Manual del Sistema Mundial de Telecomunicación, Volumen I, Aspectos mundiales. Anexo II al Reglamento Técnico de la OMM. (OMM- N° 386), Edic. 2009.
- ✓ Guía del Sistema Mundial de Observación, Parte VI Control de Calidad de Datos (OMM- N° 488 3a edición 2010).
- ✓ Guía del Sistema Mundial de Proceso de Datos, Partes III, VI y VII (OMM- N° 305), Edición 1993, Suplementos 1999, 2000, 2001.
- ✓ Guía de Prácticas climatológicas, (OMM- N° 100), 2011.
- ✓ Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM- N° 168).

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 7 de 30 |

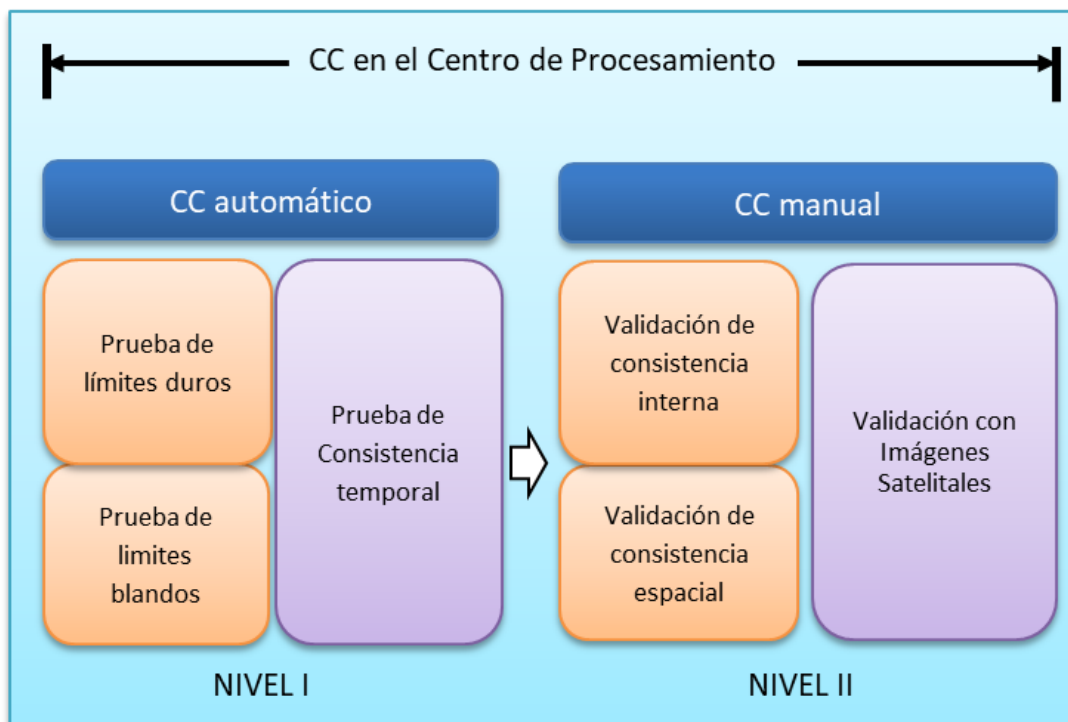
6.1 Características del Control de Calidad en el SENAMHI


Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), “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. El control de calidad de los datos se debe aplicar como control de calidad en tiempo real en la estación meteorológica automática (EMA) y en el centro de proceso de datos. Además, se debe efectuar en tiempo casi real y en diferido en el centro de proceso de datos”. (OMM N° 488, 2017).

En el centro de procesamiento de datos del SENAMHI, el control de calidad de datos de las estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas se realiza en dos niveles, como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 1:

Flujograma de los procesos de Control de Calidad (CC) de los datos meteorológicos e hidrológicos de estaciones automáticas en el Centro de Procesamiento de Datos del SENAMHI



| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 8 de 30 |

6.2 Codificación de variables, categorías y reglas

6.2.1 Variables, nomenclatura y unidades

Las variables consideradas son: temperatura del aire en su variante temperatura del aire horaria, humedad relativa horaria, precipitación pluvial acumulada horaria, nivel horario (de cuerpos de agua), dirección y velocidad del viento, presión atmosférica del aire y radiación solar; para las que a continuación, se detalla su nomenclatura y unidad de medida:

| VARIABLE | NOMENCLATURA | UNIDAD |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| Temperatura del aire horaria | T_h | °C |
| Humedad relativa horaria | HR_h | % |
| Precipitación acumulada horaria | P_h | mm/h |
| Precipitación acumulada en 24 horas | PT_h | mm/24h |
| Nivel de agua horario | Niv_h | m |
| Dirección del viento horario | VD_h | Grados sexagesimales |
| Velocidad del viento horario | VV_h | m/s |
| Presión atmosférica del aire horaria | PA_h | hPa |
| Radiación solar horaria | Rs_h | W/m ² |

6.2.2 Sistema de codificación 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 son:


| Banderín (Flag) | Calificación | Descripción |
|-----------------|--------------|--|
| C | Conforme | El dato cumple todas las reglas consideradas. |
| D | Dudoso | El dato no cumple una o varias de las reglas consideradas. |
| M | Malo | El dato está fuera de los límites duros establecidos. |
| ND | No dato | Dato faltante. |
| SC | Sin Control | Dato que no ha sido sometido a ningún control de calidad. |

6.2.3 Descripción de los controles de calidad

El control de calidad se organiza en dos niveles (I y II).

6.2.4 Nivel I: Control de calidad automático

Es un primer nivel de comprobaciones para identificar los registros de las variables meteorológicas e hidrológicas con valores No conformes (Malos) respecto a límites físicos y climatológicos, así como posibles inconsistencias internas y otras de orden espacial. Se ejecutan en forma automática y masivamente mediante una serie de pruebas estadísticas y otras. El dato que durante el proceso de control pase todas las pruebas (todos los banderines sean conforme) será catalogado como **conforme**, por

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 9 de 30 |

el contrario, basta que el dato no cumpla con una de las pruebas, **será** considerado como **dudoso**, de modo que pase al siguiente Nivel II para su evaluación correspondiente. Este control de calidad automático comprende las siguientes pruebas:

6.2.4.1 Límites duros

Prueba de Límites duros. Estos controles aseguran que no existan valores considerados físicamente imposibles. Los límites propuestos son fijos para cada variable durante todo el periodo de datos y corresponden a los límites a nivel de la Zona de Sudamérica o global. Los datos que **cumplan** los límites son marcados como **Conformes**, de lo contrario son marcados como **Malos**.


6.2.4.2 Límites blandos

- a. **Prueba de Límites específicos por estación (de observación).** Los controles son de acuerdo a las estadísticas de las estaciones de observación y son controles más finos que las pruebas de límites específicos sub-nacionales y nacionales. Los datos que pasan esta prueba son marcados como conformes, los que no pasan la prueba son marcados como dudosos.
- b. **Prueba de Límites específicos sub-nacionales (por demarcación y organización territorial, cuenca, zona geográfica).** Son controles conceptualmente similares a los anteriores que aseguran que no existan valores improbables según las condiciones que corresponden a una escala geográfica sub-nacional, que pueden ser regiones territoriales, cuencas, departamentos, provincia, con características climáticas muy similares (ver Anexo N°1). Los datos que pasan esta prueba son marcados como conformes, los que no pasan la prueba son marcados como dudosos.
- c. **Prueba de Límites nacionales.** Son controles que aseguran que no existan valores muy improbables según las condiciones atmosféricas e hidrológicas a nivel del territorio del Perú. Los datos que pasan esta prueba son marcados como conformes, los que no pasan la prueba son marcados como dudosos.

6.2.4.3 Prueba de 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:

- a. **Prueba de Paso:** Establece un límite de comprobación de la variación máxima permitida de un valor instantáneo.
- b. **Prueba de persistencia:** Establece límites para detectar si en los datos consecutivos ocurre repetición o muy baja variabilidad.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 10 de 30 |

6.2.5 Nivel II: Control de calidad manual

Es el segundo nivel del control de calidad (no automático) con intervención de un/una especialista o analista, y que se aplica a los datos marcados como “Dudosos” provenientes del Nivel I, con el fin de comprobar y validar la integridad de los datos. Se incluyen comprobaciones adicionales respecto a límites físicos y climatológicos, tales como, las comprobaciones de compatibilidad temporal para un período de medición más amplio, la compatibilidad interna de los datos y las comprobaciones de consistencia espacial; es decir, la consistencia respecto a otras estaciones automáticas cercanas y relativamente semejantes meteorológicamente con la ayuda de imágenes satelitales. Esta fase del proceso de control de calidad se realiza en tiempo diferido. Este control de calidad manual comprende las siguientes pruebas:

6.2.5.1 Validación de Consistencia interna

La validación en este control es una comprobación de la compatibilidad interna de los datos, es decir, dentro de los datos de la misma estación y se realiza llevando a cabo una inspección visual sobre los datos objeto de análisis, representando gráficamente la evolución temporal de la variable u otras de la misma estación y en varios niveles de agregación temporal según convenga, a fin de determinar si un dato Dudoso es válido o no válido, para que luego sea marcado como corresponde.

6.2.5.2 Validación de Consistencia espacial

En este paso se realizará la comparación de los datos de la estación automática versus otras estaciones cercanas o relativamente cercanas y con condiciones geográficas, fisiográficas y climáticas similares y consecuentemente con cierta coherencia en el comportamiento meteorológico o hidrológico.

6.2.5.3 Validación con Imágenes satelitales


Si las comprobaciones anteriores no son determinantes, se recurrirá a imágenes satelitales correspondientes a las horas cercanas a la fecha del dato de interés, como herramientas de apoyo para la determinación del estado final del dato observado.

6.3 Descripción detallada del Control de Calidad de Datos

Los detalles en qué consisten los dos niveles (I y II) en los cuales el control de calidad se organiza son los siguientes:

6.3.1 Validación por límites


6.3.1.1 Pruebas de límites duros

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 11 de 30 |

- a. Los datos de la **Temperatura del aire horaria** deben ser mayores o iguales a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y menores o iguales a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OMM N° 305, 1993, Suplemento Cap. 6).
- b. La **Humedad relativa horaria** debe ser menor o igual a 100 % y mayor o igual a 0 % (OMM N° 488, 2010).
- c. La **Precipitación acumulada horaria** debe ser menor o igual a 401 mm/h y mayor o igual a 0 mm/h (Galmarini, 2004); asimismo, la suma de los datos horarios de precipitación acumulada de las 24 horas precedentes debe ser menor o igual a 508 mm/24h (Shafer et al., 2000) y mayor o igual a 0 mm/24h. En caso de que dicha suma de datos de precipitación exceda el umbral máximo, los datos horarios correspondientes tampoco pasarán la prueba.
- d. El **Nivel de agua horaria** debe ser menor o igual a 35 m y mayor o igual a 0 m.
- e. La **Dirección del viento horario** debe ser menor o igual a 360° y mayor o igual a 0° (Meek y Hatfield, 1994).
- f. La **Velocidad del viento horario** debe ser menor a 45 m/s y mayor e igual a 0 m/s (Meek y Hatfield, 1994).
- g. La **Presión atmosférica del aire horario** debe ser menor o igual 1100 hPa y mayor e igual a 300 hPa (OMM N° 305, 1993, Suplemento Cap. 6).
- h. La **Radiación solar horaria** debe ser mayor que -1 W/m^2 y menor que 1400 W/m^2 (Allen, 1996; Geiger, 2002).

En estas pruebas, los datos que **cumplan** los límites son marcados como **Conformes** y los que **no cumplan** son marcados como **Malos**.

| CONDICIONES: | |
|--|--------------------|
| $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_h \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ | Subregla 1 |
| $0.0\% \leq HR_h \leq 100\%$ | Subregla 2 |
| $0.0\text{ mm} \leq P_h \leq 401\text{ mm/h}$ | Subregla 3a |
| $0.0\text{ mm} \leq \sum_1^{24} PT_h \leq 508\text{ mm/24h}$ | Subregla 3b |
| $0.0 \leq Niv_h \leq 35\text{ m}$ | Subregla 4 |
| $0^{\circ} \leq VD_h \leq 360^{\circ}$ | Subregla 5 |
| $0\text{ m/s} \leq VV_h \leq 45\text{ m/s}$ | Subregla 6 |
| $300\text{ hPa} \leq PA_h \leq 1100\text{ hPa}$ | Subregla 7 |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 12 de 30 |

| | |
|---|-------------------|
| $-1 \text{ W/m}^2 < R_{sh} < 1400 \text{ W/m}^2$ | Subregla 8 |
| El dato que cumpla la condición respectiva será marcado con el banderín "C". | |
| El dato que no cumpla la condición respectiva será marcado el banderín "M". | |

6.3.1.2 Pruebas de Límites blandos

a. Prueba de Límites específicos por estación (de observación).


En este caso se consideran dos límites establecidos para cada estación y para cada hora del día, de manera separada, de acuerdo a la metodología de cálculo de umbrales (Estimación de Umbrales de temperatura del aire, humedad relativa, precipitación y nivel de agua en estaciones automáticas, SENAMHI, 2019).

- L_{sup1} : Límite superior
- L_{inf1} : Límite inferior

| CONDICIONES: | |
|---|---------------------|
| <i>Si: $L_{inf1} \leq T_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 9 |
| <i>Si: $L_{inf1} \leq HR_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 10 |
| <i>Si: $P_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 11 |
| <i>Si: $Niv_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 12 |
| <i>Si: $L_{inf1} \leq VD_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 13 |
| <i>Si: $L_{inf1} \leq VV_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 14 |
| <i>Si: $L_{inf1} \leq PA_h \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 15a |
| <i>Si: $*P(z)-30.5 \leq PA_h \leq p(Z)+30.5 \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 15b |
| <i>Si: $L_{inf1} \leq R_{sh} \leq L_{sup1} \rightarrow$ "C"; de lo contrario \rightarrow "D"</i> | Subregla 16 |

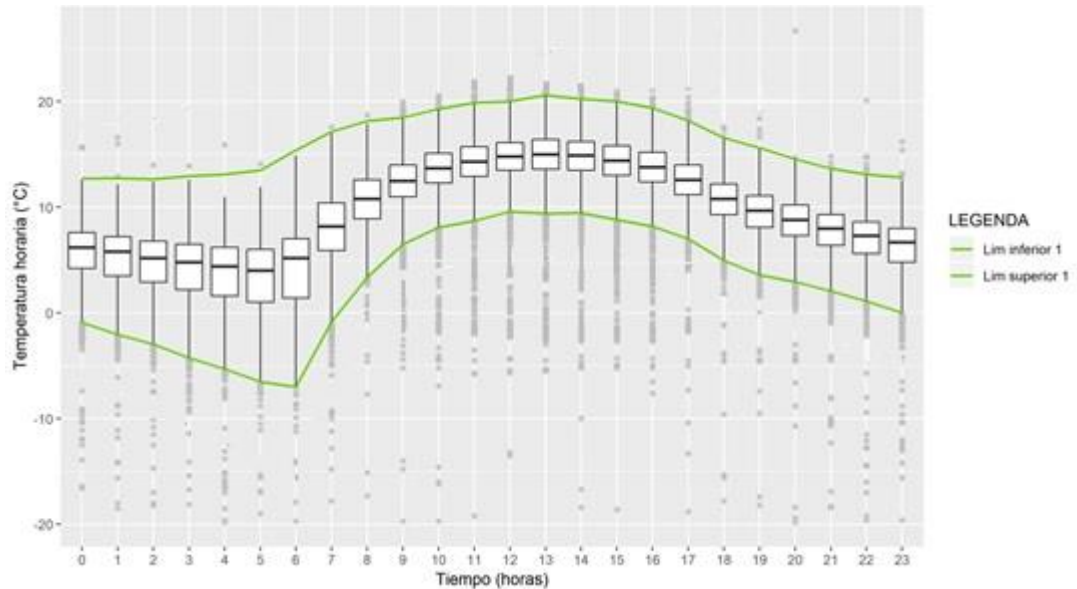
$$*P(z) = 1013 * \left(\frac{293 - 0.0065 * z}{293} \right)^{5.26}$$

Donde z= Altura de la estación

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 13 de 30 |

Ejemplo:

Figura: Límite superior e inferior a escala horaria de la Temperatura del aire de la Estación Puente Carretera – Puno



Fuente: Elaboración propia


b. Prueba de Límites específicos sub-nacionales (por demarcación y organización territorial, cuenca, zona geográfica).

Para esta prueba, los límites se establecen de acuerdo a una desagregación por sectores geográficos climáticamente homogéneos (ver Anexo N° 1) para los cuales se establecen límites específicos (umbrales) para las diferentes variables.

Los límites específicos son el resultado del proceso de tabulación de los datos horarios (h) contenidos en la base de datos para cada variable, para cada uno de estos sectores (sect-n) y para cada mes del año. A estos límites o umbrales se les denomina: “L_{sup_sect-n}” como un límite superior y “L_{inf_sect-n}” como un límite inferior que establecen, para cada variable (T, HR, P, Niv, VV, PA, Rs), el rango dentro del cual los datos son aceptados como **Conformes**, y fuera del cual los datos se consideran como **Dudosos**.

CONDICIONES:

| | |
|---|--------------------|
| $L_{inf_sect-n_T} \leq T_h (°C) \leq L_{sup_sect-n_T}$ | Subregla 17 |
| $L_{inf_sect-n_HR} \leq HR_h (\%) \leq L_{sup_sect-n_HR}$ | Subregla 18 |
| $0.0 \leq P_h (mm/h) \leq L_{sup_sect-n_P}$ | Subregla 19 |
| $0.0 \leq Niv_h (m) \leq L_{sup_sect-n_Niv}$ | Subregla 20 |
| $0.0 \leq VV_h (m/s) \leq L_{sup_sect-n_VV}$ | Subregla 21 |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 14 de 30 |

| | |
|---|--------------------|
| $L_{inf_sect-n_PA} \leq PA_h \leq L_{sup_sect-n_PA}$ | Subregla 22 |
| $L_{inf_sect-n_Rs \%} \leq Rs_h \leq L_{sup_sect-n_Rs \%}$ | Subregla 23 |
| El dato que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |

c. Prueba de Límites nacionales.

En esta prueba se establecen límites específicos (umbrales) correspondientes a las condiciones atmosféricas e hidrológicas en el territorio del Perú, los mismos que son el resultado del proceso de tabulación de los datos contenidos en la base de datos para cada variable de todas las estaciones de observación a nivel nacional para cada mes del año. A estos límites o umbrales se les denomina: “Lsup_nacional” como un límite superior nacional y “Linf_nacional” como un límite inferior nacional, que establecen el rango dentro del cual los datos son aceptados como **Conformes**, y fuera del mismo se consideran como **Dudosos**.


| | |
|---|---------------------|
| CONDICIONES: | |
| $- 32 \text{ °C} \leq T_h \leq 45 \text{ °C}$ | Subregla 24 |
| $5 \% \leq HR_h \leq 100 \%$ | Subregla 25 |
| $0.0 \text{ mm/h} \leq P_h \leq 85 \text{ mm/h}$ | Subregla 26a |
| $0.0 \text{ mm} \leq \sum_1^{24} PT_h \leq 372 \text{ mm/24h}$ | Subregla 26b |
| $0.0 \text{ m} \leq Niv_h \leq 25 \text{ m}$ | Subregla 27 |
| $0.0 \text{ m/s} \leq VV_h \leq 26 \text{ m/s}$ | Subregla 28 |
| $530 \text{ hPa} \leq PA_h \leq 1060 \text{ hPa}$ | Subregla 29 |
| $0.0 \text{ m} \leq Rs_h \leq R_{s_{ext}}^{**} \text{ W/m}^2$ | Subregla 30 |
| El dato que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |

**Donde $R_{s_{ext}}$ es la Radiación solar extraterrestre (Ver Anexo N° 2)

6.3.2 Validación por consistencia temporal

6.3.2.1 Prueba de Paso

- La diferencia entre dos datos próximos de temperatura del aire horaria no debe exceder de un límite preestablecido (OMM-N° 305, 1993, Suplemento Cap. 6).

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 15 de 30 |

CONDICIONES:

$$|T_h - T_{h-1}| \leq 4^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 31a}$$

$$|T_h - T_{h-2}| \leq 7^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 31b}$$

$$|T_h - T_{h-3}| \leq 9^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 31c}$$

$$|T_h - T_{h-6}| \leq 15^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 31d}$$

$$|T_h - T_{h-12}| \leq 25^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 31e}$$

El dato (T_h) que **cumpla** la condición será marcado con el banderín "C".

El dato (T_h) que **no cumpla** la condición será marcado con el banderín "D".

Donde: h = hora del dato

- b. La temperatura del aire horaria debe ser menor o igual que la temperatura máxima horaria y mayor o igual que la temperatura mínima horaria (Feng et al.,2004).

CONDICIONES:

$$T_{minh} \leq T_h \leq T_{maxh} \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Subregla 32}$$

El dato (T_h) que **cumpla** la condición será marcado con el banderín "C".

El dato (T_h) que **no cumpla** la condición será marcado con el banderín "D".

Donde: h = hora del dato

- c. La diferencia entre dos datos consecutivos de **Humedad relativa horaria** no debe exceder de un límite preestablecido. (Extrapolado de Zahumensky, 2004 para datos de periodos semihorarios y mencionado por J. Esteves, 2008).

CONDICIONES:

$$|HR_h - HR_{h-1}| \leq 45 \% \quad \text{Subregla 33}$$

El dato (HR_h) que **cumpla** la condición será marcado con el banderín "C".

El dato (HR_h) que **no cumpla** la condición será marcado con el banderín "D".

Donde: h = hora del dato

- d. La humedad relativa horaria debe ser menor o igual que la humedad relativa máxima horaria y mayor o igual que la humedad relativa mínima horaria (Feng et al.,2004).


CONDICIONES:

$$HR_{minh} \leq HR_h \leq HR_{maxh} \% \quad \text{Subregla 34}$$

El dato (HR_h) que **cumpla** la condición será marcado con el banderín "C".

El dato (HR_h) que **no cumpla** la condición será marcado con el banderín "D".

Donde: h = hora del dato

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 16 de 30 |

- e. Para la Precipitación acumulada horaria no se presentan pruebas de paso.
- f. Para el Nivel de agua horario no se presentan pruebas de paso.
- g. Se han considerado los procedimientos recomendados por DeGaetano (1997) y Zahumensky (2004) para su aplicación a los registros de velocidad y dirección de viento a diferentes escalas:


| | |
|---|--------------------|
| CONDICIONES: | |
| $VD_h = 0$ y $VV_h \neq 0$ | Subregla 35 |
| $VD_h \neq 0$ y $VV_h = 0$ | Subregla 36 |
| El dato (VD_h o VV_h) que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato (VD_h o VV_h) que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |
| Donde: h = hora del dato | |

- h. La diferencia entre dos datos próximos de presión atmosférica del aire horaria no debe exceder de un límite preestablecido (OMM-N° 305, 1993, Suplemento Cap. 6).

| | |
|--|---------------------|
| CONDICIONES: | |
| $ PA_h - PA_{h-1} \leq 3 \text{ hPa}$ | Subregla 37a |
| $ PA_h - PA_{h-2} \leq 6 \text{ hPa}$ | Subregla 37b |
| $ PA_h - PA_{h-3} \leq 9 \text{ hPa}$ | Subregla 37c |
| $ PA_h - PA_{h-6} \leq 18 \text{ hPa}$ | Subregla 37d |
| $ PA_h - PA_{h-12} \leq 36 \text{ hPa}$ | Subregla 37e |
| El dato (PA_h) que cumpla la condición respectiva será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato (PA_h) que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |
| Donde: h = hora del dato | |

- i. La diferencia entre dos datos próximos de la Velocidad del viento debe ser menor a 10.0 m/s (Meek y Hatfield, 1994).

| | |
|--|--------------------|
| CONDICIONES: | |
| $ VV_h - VV_{h-1} < 10.0 \text{ m/s}$ | Subregla 38 |
| El dato (VV_h) que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato (VV_h) que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |
| Donde: h = hora del dato | |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 17 de 30 |

- j. El menor valor de dos valores debe ser menor que 150°, donde el primer valor es la diferencia entre dos datos próximos de la dirección del viento y el otro es la diferencia entre 360° y la diferencia entre dos datos próximos de la de la dirección del viento (Meek y Hatfield, 1994).


| | |
|--|--------------------|
| CONDICIONES: | |
| $\min(VD_h - VD_{h-1} , 360 - VD_h - VD_{h-1}) < 150^\circ$ | Subregla 39 |
| El dato (VD_h) que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato (VD_h) que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |
| Donde: h = hora del dato | |

- k. La diferencia entre dos datos próximos de la Radiación Solar ser menor o igual a 555 W/m² y mayor o igual a 0 (Meek y Hatfield, 1994).


| | |
|--|--------------------|
| CONDICIONES: | |
| $0 \leq Rs_h - Rs_{h-1} \leq 555 \text{ W/m}^2$ | Subregla 40 |
| El dato (Rs_h) que cumpla la condición será marcado con el banderín “C”. | |
| El dato (Rs_h) que no cumpla la condición será marcado con el banderín “D”. | |
| Donde: h = hora del dato | |

6.3.2.2 Prueba de Persistencia

- a. Para las variables de **Temperatura del aire horaria, Humedad relativa horaria, Dirección y velocidad del viento horario, Presión atmosférica horaria y Radiación solar horaria**, si el dato horario tiene el mismo valor que los datos registrados en las tres horas anteriores consecutivas, se marcarán todos los valores en la secuencia como dudoso (Adaptado de Meek y Hatfield, 1994).

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 18 de 30 |

| VARIABLE | CONDICIÓN |
|---|--|
| Temperatura del aire (T_h) Subregla 41 | <p>Si: $T_h \neq T_{h-1} \neq T_{h-2} \neq T_{h-3}$; ➔ "C"</p> <p>De lo contrario: $T_h = T_{h-1} = T_{h-2} = T_{h-3}$ T_h ➔ "D" T_{h-1} ➔ "D" T_{h-2} ➔ "D" T_{h-3} ➔ "D"</p> |
| Humedad relativa (HR_h) Subregla 42 | <p>Si: $HR_h < 100\%$, y $HR_h \neq HR_{h-1} \neq HR_{h-2} \neq HR_{h-3}$; ➔ "C"</p> <p>De lo contrario: $HR_h = HR_{h-1} = HR_{h-2} = HR_{h-3}$ HR_h ➔ "D" HR_{h-1} ➔ "D" HR_{h-2} ➔ "D" HR_{h-3} ➔ "D"</p> |
| Velocidad del viento (VV_h) Subregla 43 | <p>Si: $VV_h \neq VV_{h-1} \neq VV_{h-2} \neq VV_{h-3}$; ➔ "C"</p> <p>De lo contrario: $VV_h = VV_{h-1} = VV_{h-2} = VV_{h-3}$ VV_h ➔ "D" VV_{h-1} ➔ "D" VV_{h-2} ➔ "D" VV_{h-3} ➔ "D"</p> |
| Dirección del viento (VD_h) Subregla 44 | <p>Si: $VD_h \neq VD_{h-1} \neq VD_{h-2} \neq VD_{h-3}$; ➔ "C"</p> <p>De lo contrario: $VD_h = VD_{h-1} = VD_{h-2} = VD_{h-3}$ VD_h ➔ "D" VD_{h-1} ➔ "D" VD_{h-2} ➔ "D" VD_{h-3} ➔ "D"</p> |
| Presión atmosférica (PA_h) Subregla 45 | <p>$PA_{h0} \neq PA_{h-1} \neq PA_{h-2} \neq PA_{h-3} \neq PA_{h-4} \neq PA_{h-5} \neq PA_{h-6} \neq PA_{h-7} \neq PA_{h-8} \neq PA_{h-9} \neq PA_{h-10} \neq PA_{h-11}$; ➔ "C"</p> <p>De lo contrario: $PA_{h0} = PA_{h-1} = PA_{h-2} = PA_{h-3} =$ $PA_{h-4} = PA_{h-5} = PA_{h-6} = PA_{h-7} =$ $PA_{h-8} = PA_{h-9} = PA_{h-10} = PA_{h-11}$; PA_h ➔ "D"</p> |
| Radiación solar (RS_h) Subregla 46 | <p>Si $RS_h \neq RS_{h-1} \neq RS_{h-2} \neq RS_{h-3}$; ➔ "C" (cuando RS_h sea mayor que 0)</p> <p>De lo contrario: $RS_h = RS_{h-1} = RS_{h-2} = RS_{h-3}$ RS_h ➔ "D" RS_{h-1} ➔ "D" RS_{h-2} ➔ "D"</p> |
| Donde: h = hora del dato | |

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 19 de 30 |

- b. Coherencia del valor de un dato de **Temperatura del aire horaria** con respecto a los valores de los datos horarios precedentes (Adaptado de UNE 500540, 2004).

| | |
|--|--------------------|
| CONDICIÓN: | |
| $\mu_1 - 3\sigma_1 \leq T_h \leq \mu_1 + 3\sigma_1$ | Subregla 47 |
| <p>Donde:</p> <p>μ_1 = Promedio de los 5 registros horarios precedentes a la hora</p> <p>σ_1 = Desviación típica de los 5 registros horarios precedentes a la hora</p> <p>El dato que cumpla la condición será marcado con el banderín "C".</p> <p>El dato que no cumpla la condición será marcado con el banderín "D".</p> | |


- c. Coherencia del valor de un dato de **Humedad relativa horaria** con respecto a los valores de los datos horarios precedentes (Adaptado de UNE 500540, 2004).

| | |
|--|--------------------|
| CONDICIÓN: | |
| $\mu_1 - 3\sigma_1 \leq HR_h \leq \mu_1 + 3\sigma_1$ | Subregla 48 |
| <p>Donde:</p> <p>μ_1 = Promedio de los 5 registros horarios precedentes a la hora</p> <p>σ_1 = Desviación típica de los 5 registros horarios precedentes a la hora</p> <p>El dato que cumpla la condición será marcado con el banderín "C".</p> <p>El dato que no cumpla la condición será marcado con el banderín "D".</p> | |

- d. La diferencia entre dos datos de Nivel horario consecutivos no debe exceder del valor de tres (3) veces la desviación estándar de los datos horarios de las 24 horas precedentes (IOOS, 2016).

| | |
|--|--------------------|
| CONDICIÓN: | |
| $\text{Si } Niv_h - Niv_{h-1} \leq 3 \sigma_{24}$ | Subregla 49 |
| <p>Donde:</p> <p>σ_{24} = desviación estándar de los datos horarios de las 24 horas precedentes</p> <p>El dato que cumpla la condición será marcado con el banderín "C".</p> <p>El dato que no cumpla la condición será marcado con el banderín "D".</p> | |

- e. Para la Precipitación acumulada horaria no se contemplan pruebas de Consistencia temporal.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 20 de 30 |

6.3.2.3 Validación de Consistencia interna

Esta regla está en el segundo nivel de la validación (manual) y se ejecuta por servidores/as especializados/as quienes realizan el análisis caso por caso de los datos considerados inconsistentes para todas las variables en análisis y de acuerdo a la casuística, considerando los siguientes pasos:

- a) Análisis visual de tablas y gráficos del grupo de variables disponibles por estación en el sistema, dentro de las cuales el/la especialista selecciona aquellas variables que guarden relación física con la variable del dato que presenta inconsistencia.
- b) Se verifica el dato inconsistente de la variable observada, comparándolo con los datos recibidos de las últimas 24 horas. Esta comparación se puede realizar a través de tablas o de gráficas, lo que permite determinar si sus valores y variaciones están dentro de los rangos climáticos respectivos o fuera de ellos. El/la especialista, según las características del caso, puede recurrir a comparar la variable observada versus otra/s variable/s que en forma directa o indirecta se relacione/n, por ejemplo, temperatura versus la humedad relativa, precipitación versus humedad relativa o precipitación versus temperatura, entre otros.

Cabe resaltar que, en esta fase se puede considerar que el dato objeto de análisis puede ya ser considerado conforme y concluir con el análisis o seguir siendo dudoso.


6.3.2.4 Validación de Consistencia espacial

Esta validación detecta inconsistencias o permite el análisis de datos dudosos que provienen de las pruebas de control de calidad automático, cuando al comparar los datos registrados en la estación objeto de control de calidad con los datos registrados en una estación geográficamente vecina, considerando que ambas estaciones son climáticamente semejantes. Dos o más estaciones climatológicamente semejantes entre ellas son aquellas que presentan similitud en el comportamiento espacial y temporal entre sus variables.

Cabe resaltar que el/la especialista en esta fase puede considerar que el dato objeto de análisis puede ya ser considerado conforme y concluir con el análisis o seguir siendo dudoso.

6.3.2.5 Validación de Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales constituyen una valiosa fuente de información para el análisis de los datos atmosféricos y también de datos de la superficie terrestre. En particular, las imágenes obtenidas de los satélites meteorológicos se registran y se presentan en forma secuencial en períodos específicos de tiempo. En el SENAMHI se dispone de secuencias de imágenes satelitales tomadas por el GOES-R cada 15 minutos en diferentes canales espectrales, entre ellas podemos resaltar los canales infrarrojos, vapor y visible.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 21 de 30 |

A través de una herramienta que administra las imágenes satelitales en los diferentes canales espectrales, el/la servidor/a podrá recurrir a visualizar dichas imágenes y analizar las condiciones y los eventos meteorológicos que predominaron u ocurrieron en el periodo de análisis del valor de la variable objeto y tomar una decisión para calificar al dato como conforme o mantenerlo como dudoso. El/la servidor/a primero ubicará geográficamente en el mapa el punto de ubicación de la estación desde donde proviene el dato objeto de análisis y luego escogerá, según el caso, el pertinente canal espectral de la imagen (canal que corresponda y otros según requiera) y podrá visualizar una serie de secuencias de imágenes satelitales tomadas cada 15 minutos de las últimas 4 horas (loop), que le permitirá tomar la decisión en la calificación del valor de la variable objeto de análisis, marcando como conforme o seguir siendo dudoso.

Los canales y productos incluidos para el análisis son:

Canal 1 - Visible “Azul”

Se pueden identificar principalmente las nubes y algunas características de la superficie.

Canal 7 - Infrarrojo de “Onda corta”

Considerando la imagen en el periodo diurno, se pueden identificar las nubes altas o convectivas de color blanco.

Canal 8 - Vapor de agua “niveles altos”

Se pueden identificar sectores secos y húmedos en la tropósfera alta. Se pueden identificar las nubes altas y convectivas. Se pueden identificar sistemas meteorológicos en altura y perturbaciones en altura, tales como turbulencia.


Canal 10 - Vapor de agua “niveles bajos”

Se pueden identificar sectores secos y húmedos en la tropósfera media y baja. Se pueden identificar las nubes medias y altas. Se pueden apreciar los topes de las nubes bajas. Se puede apreciar la superficie terrestre en lugares altos, como montañas y altiplanos.

Canal 13 - IR de “Onda larga limpio”

Se pueden identificar las nubes medias y altas (gruesas) con bajas temperaturas de los topes nubosos. Se pueden determinar sistemas meteorológicos y determinar patrones nubosos.

Canal 14 - IR de “Onda larga”

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 22 de 30 |

Se pueden identificar las nubes medias y altas (gruesas) con bajas temperaturas de los topos nubosos. Se pueden determinar sistemas meteorológicos y determinar patrones nubosos.

PRODUCTO: RRQPE (Rainfall Rate/Quantitative Precipitation Estimation)

TASA DE LLUVIA / ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE PRECIPITACIÓN

El algoritmo genera estimaciones de la tasa de lluvia instantánea en cada píxel. La mayor resolución espacial y temporal disponible es capaz de resolver automáticamente las tasas de lluvia a una escala mucho más fina, lo que permite a los pronosticadores del clima producir avisos y advertencias de inundaciones más oportunos y precisos.

PRODUCTO: LSTF (Land Surface Temperature)

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

El producto de temperatura de la superficie terrestre (LST) se deriva de los canales espectrales infrarrojos de onda larga GOES-R y se espera que se use en varias aplicaciones en hidrología, meteorología y climatología. Además, se puede asimilar en modelos climáticos, atmosféricos y de superficie terrestre para estimar el flujo de calor sensible y el flujo de calor latente.

(Fuente: <https://www.goes-r.gov/mission/ABI-bands-quick-info.html>)

| | | | | |
|---|---|--|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | | Versión | 02 |
| | | | Página | 23 de 30 |

Tabla resumen: Control de Calidad de datos de Nivel I para las variables Temperatura del aire, Humedad relativa, Precipitación y Nivel de agua, Dirección y Velocidad del viento, Presión atmosférica y Radiación solar

| VALIDACIÓN | | VARIABLES | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|---|--|
| | | Temperatura del Aire (°C) | Humedad Relativa (%) | Precipitación (mm/periodo) | Nivel (m) |
| Prueba de Límites duros | | Si: $-40 \leq T_h \leq 60$ → "C" De lo contrario: T_h → "M" | Si: $0.0 \leq HR_h \leq 100$ → "C" De lo contrario: HR_h → "M" | Si: $0.0 \leq P_h \leq 401$ mm/h → "C" De lo contrario: P_h → "M" | Si: $0.0 \leq Niv_h \leq 35$ → "C" De lo contrario: Niv_h → "M" |
| | | | | Si: $0.0 \leq \sum_1^{24} PT_h \leq 508$ mm/24h → "C" De lo contrario: P_h → "M" | |
| Prueba de Límites blandos | Nivel de Estación | Si: $L_{inf1} \leq T_h \leq L_{sup}$ → "C" De lo contrario: T_h → "D" | Si: $L_{inf1} \leq HR_h \leq L_{sup1}$ → "C" De lo contrario: HR_h → "D" | Si: $P_h \leq L_{sup1}$ → "C" De lo contrario: P_h → "D" | Si: $Niv_h \leq L_{sup1}$ → "C" De lo contrario: Niv_h → "D" |
| | Nivel Sectorial | Si: $L_{inf_sect-n_T} \leq T_h \leq L_{sup_sect-n_T}$ → "C" De lo contrario: T_h → "D" | Si: $L_{inf_sect-n_HR} \leq HR_h \leq L_{sup_sect-n_HR}$ → "C" De lo contrario: → "D" | Si: $0.0 \leq P_h \leq L_{sup_sect-n_P}$ → "C" De lo contrario: P_h → "D" | Si: $0.0 \leq Niv_h \leq L_{sup_sect-n_Niv}$ → "C" De lo contrario: Niv_h → "D" |
| | Nivel Nacional | Si: $-32 \leq T_h \leq 45$ → "C" De lo contrario: T_h → "D" | Si: $5 \leq HR_h \leq 100$ → "C" De lo contrario: HR_h → "D" | Si: $0.0 \leq P_h \leq 85$ mm/h → "C" De lo contrario: P_h → "D" | Si: $0.0 \leq Niv_h \leq 25$ → "C" De lo contrario: Niv_h → "D" |
| Validación de Consistencia Temporal | Prueba de Paso | Si: $ T_h - T_{h-1} \leq 4$ °C → "C" De lo contrario T_h → "D" | Si: $ HR_h - HR_{h-1} \leq 45$ → "C" De lo contrario: HR_h → "D" | | |
| | | Si: $ T_h - T_{h-2} \leq 7$ °C; → "C" De lo contrario T_h → "D" | | | |
| | | Si: $ T_h - T_{h-3} \leq 9$ °C → "C" De lo contrario T_h → "D" | | | |
| | | Si: $ T_h - T_{h-6} \leq 15$ °C → "C" De lo contrario T_h → "D" | | | |
| | | Si: $ T_h - T_{h-12} \leq 25$ °C → "C" De lo contrario T_h → "D" | | | |
| | Si: $T_{minh} \leq T_h \leq T_{maxh}$ °C → "C" De lo contrario T_h → "D" | Si: $HR_{minh} \leq HR_h \leq HR_{maxh}$ %; → "C" De lo contrario: HR_h → "D" | | | |
| | Prueba de Persistencia | Si: $T_h \neq T_{h-1} \neq T_{h-2} \neq T_{h-3}$ → "C" De lo contrario: T_h → "D", T_{h-1} → "D", T_{h-2} → "D", T_{h-3} → "D" | Si: $HR_h < 100$; y, $HR_h \neq HR_{h-1} \neq HR_{h-2} \neq HR_{h-3}$; → "C" De lo contrario: HR_h → "D", HR_{h-1} → "D", HR_{h-2} → "D", HR_{h-3} → "D" | | |
| | Si: $\mu_1 - 3\sigma_1 \leq T_h \leq \mu_1 + 3\sigma_1$ → "C" De lo contrario: T_h → "D" | Si: $\mu_1 - 3\sigma_1 \leq HR_h \leq \mu_1 + 3\sigma_1$ → "C" De lo contrario: HR_h → "D" | | Si: $ Niv_h - Niv_{h-1} \leq 3\sigma_{24}$ → "C" De lo contrario: Niv_h → "D" | |

Este documento ha sido elaborado para el uso del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. La impresión de este documento constituye una "COPIA NO CONTROLADA" a excepción de que se indique lo contrario




MANUAL TÉCNICO
CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E
HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL
SENAMHI

| | |
|----------------|------------|
| Código | MT-DRD-002 |
| Versión | 02 |
| Página | 24 de 30 |

| VALIDACIÓN | | VARIABLES | | | |
|-------------------------------------|------------------------|--|--|---|--|
| | | Dirección del Viento (°) | Velocidad del Viento (m/s) | Presión Atmosférica (hPa) | Radiación Solar (W/m ²) |
| Prueba de Límites duros | | Si: $0^\circ \leq VD_h \leq 360^\circ \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VD_h \rightarrow "M"$ | Si: $0 \leq VV_h \leq 75 \text{ m/s} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "M"$ | Si: $300 \leq PA_h \leq 1100 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "M"$ | Si: $-1 \leq RSh \leq 1400 \text{ W/m}^2 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "M"$ |
| Prueba de Límites blandos | Nivel de Estación | Si: $L_{inf1} \leq VD_h \leq L_{sup1} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VD_h \rightarrow "D"$ | Si: $L_{inf1} \leq VV_h \leq L_{sup1} \rightarrow "C"$ <u>De lo contrario:</u> $VV_h \rightarrow "D"$ | Si: $L_{inf1} \leq PA_h \leq L_{sup1} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ Si: $P(z)-30.5 \leq PA_h \leq P(z)+30.5 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | Si: $L_{inf1} \leq RSh \leq L_{sup1} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "D"$ |
| | Nivel Sectorial | | Si: $0.0 \leq VV_h \leq L_{sup_sect-n_VV} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "D"$ | Si: $L_{inf_sect-n_PA} \leq PA_h \leq L_{sup_sect-n_PA} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | Si: $L_{inf_sect-n_Rs} \leq RSh \leq L_{sup_sect-n_Rs} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "D"$ |
| | Nivel Nacional | | Si: $0.0 \leq VV_h \leq 26 \text{ m/s} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "D"$ | Si: $530 \leq PA_h \leq 1060 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | Si: $0.0 \leq RSh \leq R_{Sext} \text{ W/m}^2 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "D"$ |
| Validación de Consistencia Temporal | Prueba de Paso | Si: $VD_h = 0 \text{ y } VV_h \neq 0 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VD_h \rightarrow "D"$ | Si: $VD_h \neq 0 \text{ y } VV_h = 0 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "D"$ | Si: $ PA_h - PA_{h-1} \leq 3 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | Si: $0 \leq RSh - RSh_{h-1} \leq 555 \text{ W/m}^2 \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "D"$ |
| | | | Si: $ VV_h - VV_{h-1} \leq 7.5 \text{ m/s} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "D"$ | Si: $ PA_h - PA_{h-2} \leq 6 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | |
| | | $\min(VD_h - VD_{h-1} , 360 - VD_h - VD_{h-1}) < 150^\circ$ | | Si: $ PA_h - PA_{h-3} \leq 9 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | |
| | | | Si: $ PA_h - PA_{h-6} \leq 18 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | | |
| | | Si: $ PA_h - PA_{h-12} \leq 36 \text{ hPa} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$ | | | |
| | Prueba de Persistencia | Si: $VD_h \neq VD_{h-1} \neq VD_{h-2} \neq VD_{h-3} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VD_h \rightarrow "D"$, $VD_{h-1} \rightarrow "D"$, $VD_{h-2} \rightarrow "D"$, $VD_{h-3} \rightarrow "D"$, | Si: $VV_h \neq VV_{h-1} \neq VV_{h-2} \neq VV_{h-3} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $VV_h \rightarrow "D"$, $VV_{h-1} \rightarrow "D"$, $VV_{h-2} \rightarrow "D"$, $VV_{h-3} \rightarrow "D"$, | Si: $PA_{h0} \neq PA_{h-1} \neq PA_{h-2} \neq PA_{h-3} \neq PA_{h-4} \neq PA_{h-5} \neq PA_{h-6} \neq PA_{h-7} \neq PA_{h-8} \neq PA_{h-9} \neq PA_{h-10} \neq PA_{h-11} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $PA_h \rightarrow "D"$, $PA_{h-1} \rightarrow "D"$, $PA_{h-2} \rightarrow "D"$, ..., $PA_{h-11} \rightarrow "D"$, | Si: $RSh \neq RSh_{h-1} \neq RSh_{h-2} \neq RSh_{h-3} \rightarrow "C"$ De lo contrario: $RSh \rightarrow "D"$, $RSh_{h-1} \rightarrow "D"$, $RSh_{h-2} \rightarrow "D"$, $RSh_{h-3} \rightarrow "D"$, (cuando RSh sea mayor que 0) |

T_h =Temperatura horaria (°C); T_{maxh} =Temperatura máxima horaria (°C); T_{minh} =Temperatura mínima horaria (°C); HR_h =Humedad relativa horaria (%); HR_{maxh} =Humedad relativa máxima horaria (%); HR_{minh} =Humedad relativa mínima horaria (%); P_h =Precipitación acumulada horaria (mm/h); PT_h =Precipitación acumulada de 24 horas (mm/24h); Niv_h = Nivel de río horario (m); VD_h = Dirección del Viento horaria (°); VV_h =Velocidad del viento horaria (m/s); PA_h =Presión atmosférica horaria (hPa); RSh =Radiación Solar horaria (W/m²) L_{inf1} =Límite inferior por estación determinada en forma horaria; L_{sup1} =Límite superior por estación determinada en forma horaria; L_{inf_sect-n} =Límite inferior por región (n) determinada en forma mensual; L_{sup_sect-n} =Límite superior por región (n) determinada en forma mensual; σ =Desviación Estándar; μ = Promedio.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 25 de 30 |

7. TABLA HISTÓRICA DE CAMBIOS

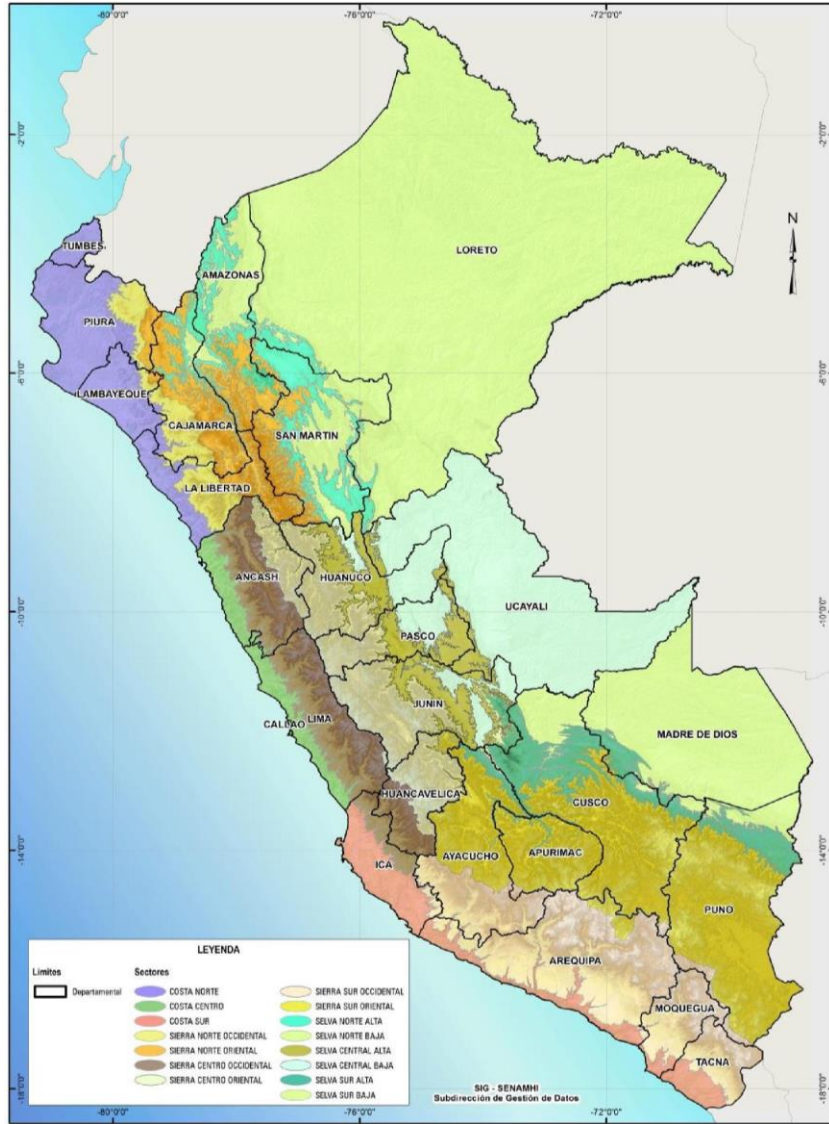
| Versión | Detalle de cambios |
|---------|---|
| 01 | Versión inicial |
| 02 | Se incorporó información sobre el control de calidad de datos para las variables de Dirección del viento horario, Velocidad del viento horario, Presión atmosférica del aire horaria y Radiación solar horaria. |

8. ANEXOS


- 8.1 Anexo N° 1: Sectorización del Perú en áreas climatológicamente a fines
- 8.2 Anexo N° 2: Tabla de radiación solar extraterrestre

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 26 de 30 |

**ANEXO N° 1:
SECTORIZACIÓN DEL PERÚ EN ÁREAS CLIMATOLÓGICAMENTE A FINES**



Mapa de sectorización climática del Perú
Fuente: Nota Técnica N° 001-2020/SENAMHI/DMA/SPC

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 27 de 30 |

SECTORIZACIÓN DEL TERRITORIO PERUANO SEGÚN SIMILITUDES CLIMÁTICAS

1. REGIÓN COSTA
 - 1.1. COSTA NORTE
 - 1.2. COSTA CENTRO
 - 1.3. COSTA SUR

2. REGIÓN SIERRA
 - 2.1. SIERRA NORTE
 - 2.1.1.SUB-REGIÓN SIERRA NORTE OCCIDENTAL
 - 2.1.2.SUB-REGIÓN SIERRA NORTE ORIENTAL


 - 2.2. SIERRA CENTRAL
 - 2.2.1.SUB-REGIÓN SIERRA CENTRAL OCCIDENTAL
 - 2.2.2.SUB-REGIÓN SIERRA CENTRAL ORIENTAL

 - 2.3. SIERRA SUR
 - 2.3.1.SUB-REGIÓN SIERRA SUR ORIENTAL Y ALTIPLANO
 - 2.3.2.SUB-REGIÓN SIERRA SUR OCCIDENTAL

3. REGIÓN SELVA
 - 3.1. SELVA NORTE
 - 3.1.1.SELVA BAJA NORTE
 - 3.1.2.SELVA ALTA NORTE

 - 3.2. SELVA CENTRAL
 - 3.2.1.SELVA BAJA CENTRO
 - 3.2.2.SELVA ALTA CENTRO

 - 3.3. SELVA SUR
 - 3.3.1.SELVA BAJA SUR
 - 3.3.2.SELVA ALTA SUR


| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 28 de 30 |

**ANEXO Nº 2:
TABLA DE RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE**

| Latitud | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2 | 35.4 | 37.0 | 37.8 | 37.1 | 35.4 | 34.2 | 34.6 | 36.1 | 37.3 | 37.0 | 35.6 | 34.8 |
| 0 | 36.2 | 37.5 | 37.9 | 36.8 | 34.8 | 33.4 | 33.9 | 35.7 | 37.2 | 37.4 | 36.3 | 35.6 |
| -2 | 36.9 | 37.9 | 38.0 | 36.4 | 34.1 | 32.6 | 33.1 | 35.2 | 37.1 | 37.7 | 37.0 | 36.4 |
| -4 | 37.6 | 38.3 | 38.0 | 36.0 | 33.4 | 31.8 | 32.3 | 34.6 | 37.0 | 38.0 | 37.6 | 37.2 |
| -6 | 38.3 | 38.7 | 38.0 | 35.6 | 32.7 | 30.9 | 31.5 | 34.0 | 36.8 | 38.2 | 38.2 | 38.0 |
| -8 | 38.9 | 39.0 | 37.9 | 35.1 | 31.9 | 30.0 | 30.7 | 33.4 | 36.6 | 38.4 | 38.8 | 38.7 |
| -10 | 39.5 | 39.3 | 37.8 | 34.6 | 31.1 | 29.1 | 29.8 | 32.8 | 36.3 | 38.5 | 39.3 | 39.4 |
| -12 | 40.1 | 39.6 | 37.7 | 34.0 | 30.2 | 28.1 | 28.9 | 32.1 | 36.0 | 38.6 | 39.8 | 40.0 |
| -14 | 40.6 | 39.7 | 37.5 | 33.4 | 29.4 | 27.2 | 27.9 | 31.3 | 35.6 | 38.7 | 40.2 | 40.6 |
| -16 | 41.1 | 39.9 | 37.2 | 32.8 | 28.5 | 26.2 | 27.0 | 30.6 | 35.2 | 38.7 | 40.6 | 41.2 |
| -18 | 41.5 | 40.0 | 37.0 | 32.1 | 27.5 | 25.1 | 26.0 | 29.8 | 34.7 | 38.7 | 40.9 | 41.7 |
| -20 | 41.9 | 40.0 | 36.6 | 31.3 | 26.6 | 24.1 | 25.0 | 28.9 | 34.2 | 38.6 | 41.2 | 42.1 |


Fuente: **Allen et al.,1998**

Nota: Unidad de medida en MJ M⁻² D⁻¹

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 29 de 30 |

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 9.1 ASCE-EWRI 2005, American Society of Civil Engineers-Environmental and Water Resources Institute. Final Report.
- 9.2 Brunet, M., Aguilar, E. 2010. El desarrollo de datos de calidad y el cambio térmico observado en España., Investigaciones Geográficas, nº 49 (2009) pp. 89-107
- 9.3 Descripción de controles de calidad de datos climáticos diarios implementados por el Centro Regional para el Sur de América del Sur- 2014. Reporte técnico CRC-SAS-2014-002
- 9.4 Feng, S., Hu, Q., Qian, Q., 2004. Quality control of daily meteorological data in China, 1951-2000: a new dataset. Int. J. Climatol., 24, 853-870.
- 9.5 Galmarini, S., Steyn, D., Ainslie, B. 2004. The scaling law relating world point-precipitation records to duration. Int. J. Climatol. 24: 533–546.
- 9.6 Graybeal Daniel Y., Degaetano Arthur T., And Eggleston Keith L. 2004. Complex Quality Assurance of Historical Hourly Surface Airways Meteorological Data. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. Volume 21.
- 9.7 Hui Wan, Xiaolan L. Wang, and Val R. Swail. 2007: A Quality Assurance System for Canadian Hourly Pressure Data. Journal of Applied Meteorology and Climatology. Volume 46.
- 9.8 Hubbard, K. G., Goddard, S., Sorensen, W. D., Wells, N., Osugi, T.T., 2005. Performance of quality assurance procedures for an applied climate information system. J. Atmos. Oceanic Technol., 22, 105-112.
- 9.9 Hubbard, K. G., You, J., 2005. Sensitivity analysis of quality assurance using the spatial regression approach. A case study of the maximum/minimum air temperature. J. Atmos. Oceanic Technol., 22, 1520-1530.
- 9.10 IOOS, Integrated Ocean Observing System, 2016. Manual for Real-time Quality Control of Water Level Data.
- 9.11 Kunkel, K.E., Easterling, D.R., Hubbard, K., Redmond, K., Andsager, K., Kruc, M.C., Spinar, M.L., 2005. Quality control of pre-1948 cooperative network observer data. J. Atmos. Oceanic Technol., 22, 1691-1705.
- 9.12 Meek, D. W., Hatfield, J.L., 1994: Data quality checking for single station meteorological databases. Agric. For. Meteor., 69, 85-109.
- 9.13 OMM N° 8., 2017: Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos.
- 9.14 OMM N° 485., 2000: Manual del Sistema Mundial de Procesos de Datos y de Predicción.
- 9.15 OMM N° 305, 1993, Suplemento Cap. 6, 2001: Guía del Sistema Mundial de Proceso de datos.
- 9.16 OMM N° 488., 2010: Guía del Sistema Mundial de Observación.
- 9.17 Reek, T., Doty, S. R., Owen, T.W 1992. A deterministic approach to the validation of historical daily temperature and precipitation data from the Cooperative Network. Bull. Amer. Meteor. Soc., 73, 753-765.

| | | | |
|---|---|----------------|------------|
|  | MANUAL TÉCNICO | Código | MT-DRD-002 |
| | CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLOGICAS AUTOMATICAS EN EL CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL SENAMHI | Versión | 02 |
| | | Página | 30 de 30 |

- 9.18 Rissanen P., Hellsten E., 2010: Criterios de control de calidad de datos meteorológicos en forma automática - QC1 at FMI.
- 9.19 Rissanen P., 2011: Recomendaciones para realizar el control de calidad manual en el FMI – Finlandia - Current Status of HQC programs in the Nordic Countries.
- 9.20 Rogers, R. R., and M. K. Yau, 1989: A Short Course in Cloud Physics. 3d ed. Pergamon, 290 pp
- 9.21 Schroeder, J.L., Burgett, W.S., Haynie, K.B., Sonmez, I., 2005: The West Texas Mesonet: a technical overview. J. Atmos. Oceanic Technol., 22, 211-222.
- 9.22 SENAMHI 2019, Estimación de Umbrales de Temperatura del aire, Humedad relativa, Precipitación y Nivel de agua en estaciones automáticas.
- 9.23 Shafer, M.A., Fiebrich, C.A., Arndt, D. S., Fredrickson, S. E., Hughes, T. W., 2000. Quality assurance procedures in the Oklahoma Mesonet. J. Atmos. Oceanic Technol., 17, 474-494.
- 9.24 UNE 500540, 2004. Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas. Directrices para la validación de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automáticas. Validación en tiempo real. AENOR.
- 9.25 Vejen, F., Jacobsson, C., Fredriksson, U., Moe, M., Andresen, L., Hellsten, E., Rissanen, P., Palsdottir, T., Arason, T., 2002. Quality control of meteorological observations. Report 8/2002 KLIMA. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
- 9.26 Wilks DS., 2000: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences.
- 9.27 Zahumensky, I., 2004. Guidelines on Quality Control Procedures for Data from Automatic Weather Stations. WMO-No.955, Ginebra.